

ВЕСТНИК КЕМЕРОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Журнал теоретических и прикладных исследований
Издается с 1999 г.

2015 № 4 (64) Т. 3

Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» Высшей аттестационной комиссии

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Волчек В. А. – д-р ист. наук, проф., ректор КемГУ (Кемерово, Россия) – председатель совета.
Аникин А. Е. – д-р филол. наук, чл.-корр. РАН, Институт филологии РАН (Новосибирск, Россия).
Дружинин В. Г. – д-р биол. наук, проф., проректор по научной работе КемГУ (Кемерово, Россия).
Захаров Ю. А. – д-р хим. наук, проф., чл.-корр. РАН, зав. кафедрой химии твердого тела КемГУ (Кемерово, Россия).
Конторович А. Э. – д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, председатель Президиума Кемеровского научного центра СО РАН (Новосибирск, Россия).
Кремер Р. – д-р, проф. Потсдамского университета, главный редактор журнала «Weltrends» (Потсдам, Германия).
Лаврик О. И. – д-р хим. наук, чл.-корр. РАН, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск, Россия).
Милошевич Х. д-р техн. наук, проф. факультета математических наук и информационных технологий Сербского университета (Косовска Митровица, Сербия).
Молодин В. И. – д-р истор. наук, академик РАН, Институт археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск, Россия).
Пихица П. В. – Ph. D., с.н.с. Сеульского национального университета (Сеул, Южная Корея).
Суслов В. И. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск, Россия).
Чистякова С. Н. – д-р пед. наук, чл.-корр. РАО, академик-секретарь РАО (г. Москва, Россия).
Шокин Ю. И. – д-р физ.-мат. наук, академик РАН, Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск, Россия).
Юревич А. В. – д-р психол. наук, чл.-корр. РАН, Институт психологии РАН (Москва, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Дружинин В. Г. – д-р биол. наук, проф., гл. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).
Невзоров Б. П. – д-р пед. наук, проф., отв. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).
Митько Н. В. – зам. директора науч. библиотеки, отв. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).
Араева Л. А. – д-р филол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Бибило В. Н. – д-р юрид. наук, проф., БГУ (Минск, Беларусь).
Бобров В. В. – д-р ист. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Гаврилов С. О. – д-р ист. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Гудов А. М. – д-р физ.-мат. наук, доц., КемГУ (Кемерово, Россия).
Данилов Н. Н. – д-р физ.-мат. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Желтов В. В. – д-р филос. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Зильбер Б. И. – д-р физ.-мат. наук, проф., Институт Математики Оксфордского Университета (Оксфорд, Великобритания).
Исмаилов З. Р. – д-р хим. наук, проф., чл.-корр. РАН, ИУХМ СО РАН (Кемерово, Россия).
Казин Э. М. – д-р биол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Касаткина Н. Э. – д-р пед. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Клочко В. Е. – д-р психол. наук, проф., НИ ТГУ (Томск, Россия).
Лушикова Г. И. – д-р филол. наук, проф., КГУ (Ялта, Россия).
Мороз А. А. – д-р хим. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Овчинников В. А. – д-р ист. наук, проф., КРИПО (Кемерово, Россия).
Поплавной А. С. – д-р физ.-мат. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Проскурин С. Г. – д-р филол. наук, проф., НГУ (Новосибирск, Россия).
Серый А. В. – д-р психол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Тюпа В. И. – д-р филол. наук, проф., РГГУ (Москва, Россия).
Черненко Т. Г. – д-р юрид. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Шабашев В. А. – д-р экон. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Шадрин А. В. – д-р техн. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Щенников В. П. – д-р филос. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).
Яницкий М. С. – д-р психол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).

BULLETIN OF KEMEROVO STATE UNIVERSITY

Journal of theoretical and applied research
Founded in 1999

2015 № 4 (64) Vol. 3

The Bulletin is included into the "List of leading peer-reviewed journals and issues" which should publish main research results of Doctor's and Candidate's theses by the Higher Attestation Commission

FOUNDER:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Kemerovo State University

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

V. A. Volchek – Dr. of History, Prof., Rector of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia) – Chair.
A. E. Anikin – Dr. of Philology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Philology of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).
V. G. Druzhinin – Dr. of Biology, Vice-Rector for Science of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
Yu. A. Zakharov – Dr. of Chemistry, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Chemistry of Solids of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
Al. E. Kontorovich – Dr. of Geography and Mineralogy, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Presidium of Kemerovo Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Kemerovo, Russia).
R. Kraemer – Dr., Prof. at Potsdam University, Editor-In-Chief of WeltTrends Journal (Potsdam, Germany).
O. I. Lavrik – Dr. of Chemistry, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).
H. Milosevic – Dr of Technical Science, Prof. at the Faculty of Mathematical Science and Information Technology, Serbian University (Kosovska Mitrovica, Serbia).
V. I. Molodin – Dr. of History, Institute of Archeology and Ethnography of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).
P. V. Pikhitsa – Ph.D., senior researcher at Seoul National University (Seoul, South Korea).
V. I. Suslov – Dr. of Economics, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).
S. N. Chistyakova – Dr. of Pedagogic, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Academic Secretary of the RAE (Moscow, Russia).
Yu. I. Shokin – Dr. of Physics and Mathematics, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Computational Technologies of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).
A. V. Yurevich – Dr. of Psychology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Psychology of the RAS (Moscow, Russia).

EDITORIAL BOARD:

V. G. Druzhinin – Dr. of Biology, Prof., Editor-in-Chief – Chair, Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
B. P. Nevzorov – Dr. of Pedagogic, Prof., Executive Editor, Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
N. V. Mitko – Deputy Director of Scientific Library, Executive Editor Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
L. A. Araeva – Dr. of Philology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. N. Bibilo – Dr. of Law, Prof., Belarusian State University (Minsk, Belarus).
V. V. Bobrov – Dr. of History, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
S. O. Gavrilov – Dr. of History, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
M. Gudov – Dr. of Physics and Mathematics, Associate Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
N. N. Danilov – Dr. of Physics and Mathematics, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. V. Zheltov – Dr. of Philosophy, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
B. I. Zilber – Dr. of Physics and Mathematics, Prof. of Mathematical Logic, Mathematical Institute, University of Oxford (Oxford, England).
Z. R. Ismagilov – Dr. of Chemistry, Prof., Institute of Coal Chemistry and Materials Chemistry at the Siberian Branch of RAS (Kemerovo, Russia).
E. M. Kazin – Dr. of Biology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
N. E. Kasatkina – Dr. of Pedagogic, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. E. Klochko – Dr. of Psychology, Prof., National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).
G. I. Lushnikova – Dr. of Philology, Prof., Crimean University for the Humanities (Yalta, Russia).
A. A. Moroz – Dr. of Chemistry, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. A. Ovchinnikov – Dr. of History, Prof., Kuzbass Regional Institute for Professional Education Development (Kemerovo, Russia).
A. S. Poplavnoy – Dr. of Physics and Mathematics, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
S. G. Proskurin – Dr. of Philology, Prof., Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russia).
A. V. Seriy – Dr. of Psychology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. I. Tyupa – Dr. of Philology, Prof., Russian State University for the Humanities (Moscow, Russia).
T. G. Chernenko – Dr. of Law, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. A. Shabashev – Dr. of Economics, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
A. V. Shadrin – Dr. of Technical Science, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
V. P. Shchennikov – Dr. of Philosophy, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).
M. S. Yanitskiy – Dr. of Psychology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

Журнал издается по решению редакционно-издательского совета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет».

Выходит 1 раз в квартал

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации: ПИ ФС77-40023 от 04.06.2010 г.

Адрес редакции:
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, к. 2125.
Тел.: (3842) 58-13-01
Факс: (3842)58-44-03
E-mail: vestnik@kemsu.ru
Адрес сайта:
<http://vestnik.kemsu.ru>

Адрес учредителя:
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6.
Тел.: 8(3842) 58-28-39
Факс: 8(3842)58-12-26
E-mail: rector@kemsu.ru

Подписной индекс:
Объединенный каталог «Пресса России» – 42150

Журнал представлен в открытом доступе на сайте Российской универсальной научной электронной библиотеки и включен в реферативную базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).
<http://elibrary.ru>

Ни одна из частей журнала либо издание в целом не могут быть перепечатаны без письменного разрешения авторов или издателя.

Printed by the decision of Scientific Editorial Publishing Council of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Kemerovo State University

Issued once a quarter

The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Certificate of registration: ПИ ФС77-40023 of 04.06.2010

Editorial Office Address:
650043, Kemerovo, 6 Krasnaya St., room 2125.
Tel.: 8 (3842) 58-13-01
Fax: 8 (3842) 58-44-03
E-mail: vestnik@kemsu.ru
Web-site:
<http://vestnik.kemsu.ru>

Founder Address:
650043, Kemerovo, 6 Krasnaya St.
Tel.: (3842) 58-28-39
Fax: (3842)58-12-26
E-mail: rector@kemsu.ru

Subscription indices:
42150 – in the United catalogue "The Press of Russia"

Free access to the Journal is provided at the website of the Russian Universal Scientific Electronic Library. The Journal is included into the database of the "Russian Science Citation Index" <http://elibrary.ru>.

No part of the Journal can be republished without the permission of the authors or the publisher.

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

БИОЛОГИЯ

- 8 **Березин В. Ю., Заушинцева А. В.** Влияние нефтепродуктов на всхожесть семян и динамику роста растений тимopheевки луговой (*phleum pratense* L.)
- 12 **Блинова С. В., Корчагина М. Р., Еремеева Н. И., Лузянин С. Л.** Формирование мир мекокомплексов на отвалах угольных разрезов
- 17 **Еремеева Н. И., Лузянин С. Л.** Структура населения жуужелиц (coleoptera, carabidae) на рекультивированных отвалах угольного разреза
- 21 **Заушинцен А. С.** Изменение целлюлазной активности почвы под влиянием загрязнения нефтепродуктами
- 25 **Ильяшенко В. Б., Лучникова Е. М., Скалон Н. В.** Мелкие млекопитающие как объект биомониторинговых исследований на территории Кемеровской области
- 31 **Ковригина Л. Н., Романова Н. Г., Тарасова И. В., Филиппова А. В.** Состояние ценнопопуляций *tilia sibirica bayer*, 1862 в Кемеровской области
- 35 **Кожжевников Н. В., Заушинцева А. В.** Анализ применения пестицидов в Кемеровской области
- 42 **Куприянов А. Н., Овчинников А. Ю.** Состояние популяции и особенности возрастных состояний астрaгала рогового (*astragalus ceratoides bieb.*) на границе ареала
- 48 **Лавряшина М. Б., Ульянова М. В., Тхоренко Б. А., Понасенко А. В., Дружинин В. Г.** Исследование особенностей генетической структуры популяций коренного населения Южной Сибири в контексте подверженности заболеваниям сердечнососудистой системы
- 55 **Онищенко С. С.** Энеолитический зооархеологический комплекс поселения Танай 4А (Кемеровская область)
- 62 **Петункина Л. О.** Разнообразие и состояние объектов озеленённых территорий общего пользования в г. Кемерово
- 68 **Петункина Л. О., Сарсацкая А. С.** Берёза повислая как индикатор качества городской среды
- 72 **Сайнакова А. Б., Литвинчук О. В.** Оценка экологической пластичности и стабильности коллекционных образцов овса по массе 1000 зерен
- 75 **Скалон Н. В.** Мониторинговые исследования позвоночных животных, включённых в красную книгу Кемеровской области (за 2014 – 2015 гг.)
- 81 **Скалон Н. В., Сущёв Д. В., Ефимов Д. А., Лузянин С. Л., Зубко К. С.** Новые сведения по беспозвоночным животным, включенным в красную книгу Кемеровской области (по результатам мониторинга 2014 – 2015 гг.)

BIOLOGY

- 8 **V. Yu. Berezin, A. V. Zaushintsena.** The influence of oil on seed germination and growth patterns of timothy grass (*Phleum pratense* L.)
- 12 **S. V. Blinova, M. R. Korchagina, N. I. Ere-meeva, S. L. Luzyanin.** Formation of ants assemblages on coal mine dumps
- 17 **N. I. Eremeeva, S. L. Luzyanin.** Structure of the population of carabids (*Coleoptera, Carabidae*) on recultivated coal mine dumps
- 21 **A. S. Zaushintsen.** Change in cellulasic activity of soil under the influence of oil pollution
- 25 **V. B. Ilyashenko, E. M. Luchnikova, N. V. Skalon.** Small mammals as the object of biomonitoring research on the territory of Kemerovo region
- 31 **L. N. Kovrigina, N. G. Romanova, I. V. Tarasova, A. V. Filippova.** The condition of coenotic populations of *Tilia sibirica bayer*, 1862 in Kemerovo region
- 35 **N. V. Kozhevnikov, A. V. Zaushintsena.** The analysis of the use of pesticides in Kemerovo region
- 42 **A. N. Kupriyanov, A. Yu. Ovchinnikov.** Status of the population and features of age states horny astragalus (*Astragalus ceratoides bieb.*) at the edge of the range
- 48 **M. B. Lavryashina, M. V. Ulyanova, B. A. Tkhorenko, A. V. Panasenko, V. G. Druzhinin.** Investigation of the features of the genetic structure of indigenous population in Southern Siberia in the context of exposure to cardiovascular system diseases
- 55 **S. S. Onishchenko.** Zooarchaeological assemblage of the Eneolithic from the settlement Tanay 4A (Kemerovo region)
- 62 **L. O. Petunkina.** Diversity and state of objects in the common green areas in Kemerovo
- 68 **L. O. Petunkina, A. S. Sarsatskaya.** Phyto-indication state of *Betula pendula* in the urban environment of Kemerovo
- 72 **A. B. Saynakova, O. V. Litvinchuk.** Assessment of ecological plasticity and stability of collection samples of oats by weight of 1000 grains
- 75 **N. V. Skalon.** Monitoring researches of the vertebrates included in the Red Book of Kemerovo region (2014 – 2015)
- 81 **N. V. Skalon, D. V. Sushchyov, D. A. Efimov, S. L. Luzyanin, K. S. Zubko.** New data on invertebrates included in the Red Book of Kemerovo region (based on the results of 2014 – 2015 monitoring)

- 88 **Скипин Л. Н., Скипин Д. Л., Петухова В. С., Кустышева И. Н.** Эффективность влияния коагулянтов на физические свойства буровых шламов
- 93 **Старцева И. А., Позднякова О. Г.** Хлебопекарная оценка зерна диплоидных сортов озимой ржи
- 98 **Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А.** Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в восточносибирском регионе
- 104 **Суицёв Д. В., Филиппова А. В., Быковец К. В., Тарасова И. В., Колмыкова В. А.** Оценка состояния водных экосистем рек Черемшанка и Малый Корчуган в зоне влияния ООО "Топкинский водоканал" (г. Топки, Кемеровская область)
- 111 **Терещенко Н. Н., Кравец А. В., Чиганова А. И., Рогальская Н. Б., Акимова Е. Е.** Эффективность бактериализации льна-долгунца микробными изолятами из вермикомпоста
- 116 **Чуманова Н. Н., Гребенникова В. В., Кондаурова И. Г.** Реакция компонентов агрофитоценоза на ценотический стресс

МАТЕМАТИКА

- 121 **Бутов А. А., Егоров А. Г.** Модель динамики численности однотипной популяции в пространстве и времени
- 128 **Вьюнник Н. М., Захаров Ю. Н., Кириченко А. А., Лобасенко Б. А., Рагулин В. В.** Разработка модели движения жидкости с переменными плотностью и вязкостью в устройстве для отвода диффузионного слоя
- 136 **Тулина М. И., Чуешева О. А.** Циклические подгруппы в группе характеров
- 140 **Швемлер Н. А., Латфуллин Т. Г.** Об инвариантности обобщенных условий Коши-Римана

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

- 146 **Жаринова Н. Ю., Ямских Г. Ю.** Морфология пойменных почв Красноярской лесостепи
- 151 **Пряженникова О. Е., Заушинцева А. В.** Геоморфологические особенности урбанизированной территории (на примере города Кемерово)
- 156 **Стоящева Н. В.** Проблема загрязнения малых рек Кузбасса сточными водами промышленных предприятий

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 164 **Ленич С. В.** Экспериментальное исследование влияния основных факторов на процесс измельчения антрацита при пневмотранспортировании

ФИЗИКА

- 168 **Епанчинцева О. М., Невзоров Б. П.** Исследование свойств питьевой воды «Биовита»

- 88 **L. N. Skipin, D. L. Skipin, V. S. Petukhova, I. N. Kustysheva.** The effects of coagulants on the physical properties of drill cuttings
- 93 **I. A. Startseva, O. G. Pozdnyakova.** Baking evaluation of the grain of diploid winter rye varieties
- 98 **N. A. Surin, N. E. Lyakhova, S. A. Gerasimov.** Comprehensive breeding patterns assessment on adaptability in the Eastern Siberia region in the selection of barley
- 104 **D. V. Sushchyov, A. V. Filippova, K. V. Bykovets, I. V. Tarasova, V. A. Kolmykova.** Assessment of the condition of water ecosystems of the Cheremshanka and the Maly Korchugan rivers in the zone of influence of "Topki water utility" (Kemerovo region)
- 111 **N. N. Tereshchenko, A. V. Kravets, A. I. Chiganova, N. B. Rogalskaya, E. E. Akimova.** Efficiency of fiber flax bacterization by microorganisms isolated from vermicompost
- 116 **N. N. Chumanova, V. V. Grebennikova, I. G. Kondaurava.** The reaction of agrophytocenosis components to coenotic stress

MATHEMATICS

- 121 **A. A. Butov, A. G. Egorov.** The model of one-type population dynamics in space and time
- 128 **N. M. Vyunnik, Yu. N. Zakharov, A. A. Kirichenko, B. A. Lobasenko, V. V. Ragulin.** Developing the model of the motion of a fluid with variable density and viscosity in the device for diversion of diffusion layer
- 136 **M. I. Tulina, O. A. Chuesheva.** Cyclic subgroups in the character group
- 140 **N. A. Shvemler, T. G. Latfullin.** On invariance of the generalized Cauchy-Riemann equations

EARTH SCIENCE

- 146 **N. Yu. Zharinova, G. Yu. Yamskikh.** The morphology of the floodplain soils of Krasnoyarsk forest-steppe
- 151 **O. E. Pryazhennikova, A. V. Zaushintsena.** Geomorphological features of the urban territory (the example of Kemerovo)
- 156 **N. V. Stoyashcheva.** The problem of Kuzbass small rivers pollution with industrial wastewater

TECHNICAL SCIENCE

- 164 **S. V. Lenich.** Experimental research of the basic factors influence on anthracite grinding process at pneumatic transport

PHYSICS

- 168 **O. M. Epachintseva, B. P. Nevzorov.** Study of drinking water "BioVita" properties

- 172 **Лукатова С. Г., Одинцова О. В.** Сравнительное исследование закономерностей взрывного импульсного разложения пентаэритриттетранитрата с наночастицами золота и серебра
- 177 **Немировский Ю. В., Станиславович А. В.** Теплопроводность пакета полиармированных слоев

ФИЛОЛОГИЯ

- 184 **Варламова О. Н.** Речевой портрет матери в лингвокультуре: к реализации научного проекта
- 188 **Галич Т. С.** Контекстуальное взаимодействие в дискурсе
- 193 **Горбенко А. Ю.** К механизмам жизнестроительства Георгия Гребенщикова: Чураевка как реплика скита Сергия Радонежского
- 198 **Данилец Д. А.** Вариативность изложения грамматического материала в региональных (российских) учебных пособиях по немецкому языку как иностранному
- 202 **Калинин С. С.** Опыт лингвокультурологического анализа древнеисландской рунической поэмы
- 208 **Катышев П. А., Мартемьянов Е. А.** Мнемотехнические приемы в изучении китайской иероглифики
- 212 **Медведев С. С., Фомин А. Г.** Межязыковые каламбуры в аниме-сериалах «One Piece» и «Gintama» как следствие процесса глобализации
- 217 **Мезит А. Э.** Ментальное пространство сотрудников гидроэнергетической отрасли: образы человека и механизма
- 221 **Ступкина М. В.** Синтаксические конструкции и их реализация в речи человека под влиянием стресса (на материале фильмов-катастроф)

ХИМИЯ

- 225 **Адуев Б. П., Нурмухаметов Д. Р., Ковалев Р. Ю., Никитин А. П., Нелюбина Н. В., Белокуров Г. М.** Лазерное зажигание смесевых составов бурого угля и тетранитропентаэритрита
- 228 **Баишаков А. С., Дягилева Е. П., Кургачев Д. А., Леонтьева Е. В.** К вопросу о механизме образования N_2O в катализируемой реакции между гидроксиламмонием и нитритом в воде, этиленгликоле и диоксане
- 233 **Дягилева Е. П., Миклин М. Б.** Изомеризация и диссоциация пероксонитрит иона при растворении кристаллического нитрата калия, облученного светом длиной волны 253.7 нм
- 237 **Кравцов А. А., Семенова Н. С., Блинов А. В., Ясная М. А., Селеменова Д. Г.** Исследование кислотно-основных свойств поверхности наночастиц CeO_2 , синтезированных золь-гель методом
- 245 **Крашенинин В. И., Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В., Зверев А. С., Газенаур Н. В.** Кристаллизация в электрическом поле как способ управления взрывной чувствительностью энергетических материалов

- 172 **S. G. Lukatova, O. V. Odintsova.** A comparative research of the regularities of the explosive pulsed decomposition of PETN containing gold and silver nanoparticles
- 177 **Yu. V. Nemirovskii, A. V. Stanislavovich.** Thermal conductivity of the packet of multidirectional reinforced layers

PHILOLOGY

- 184 **O. N. Varlamova.** The mother's speech portrait in the lingvoculture: to the research project realization
- 188 **T. S. Galich.** Contextual interplay in discourse
- 193 **A. Yu. Gorbenko.** To the mechanism of G. Grebenstchikoff's life-building: Churaevka as a replica of the hermitage of Sergius of Radonezh
- 198 **D. A. Danilets.** Possible variability in teaching grammar in regional teaching books of German as a foreign language
- 202 **S. S. Kalinin.** An approach to the linguistic-cultural analysis of the Old Icelandic Rune-Poem
- 208 **P. A. Katyshev, E. A. Martemyanov.** Using mnemonics to learn Chinese characters
- 212 **S. S. Medvedev, A. G. Fomin.** Bilingual puns on the material of anime TV series "One Piece" and "Gintama" as a result of the globalization process
- 217 **A. E. Mezit.** The mental spaces of the hydropower industry employees: images of the human being and the machine
- 221 **M. V. Stupkina.** Syntactic constructions and their implementation in the human speech under stress (the material of disaster films)

CHEMISTRY

- 225 **B. P. Aduiev, D. R. Nurmukhametov, R. Yu. Kovalev, A. P. Nikitin, N. V. Nelyubina, G. M. Belokurov.** Laser ignition of mixed composition of brown coal and pentaerythritol tetranitrate
- 228 **A. S. Bashmakov, E. P. Dyagileva, D. A. Kurgachev, E. V. Leonteva.** About the mechanism for N_2O formation in catalyzed reaction between hydroxylammonium and nitrite in water, ethylene glycol and dioxane
- 233 **E. P. Dyagileva, M. B. Miklin.** Isomerization and dissociation of the peroxyxynitrite ion formed by dissolving crystalline potassium nitrate irradiated with 253.7 nm light
- 237 **A. A. Kravtsov, N. S. Semenova, A. V. Blinov, M. A. Yasnaya, D. G. Selemeneva.** Investigation of acid-base properties of the surface of CeO_2 nanoparticles synthesized by sol-gel method
- 245 **V. I. Krasheninina, E. G. Gazenaur, L. V. Kuz'mina, A. S. Zverev, N. V. Gazenaur.** Crystallization in electric field as the way of control of explosive sensitivity of energetic materials

- 250 **Халиуллин Р. Ш., Леонтьева Е. В.** Определение тетрафторборат-ионов в растворе потенциометрическим титрованием
- 252 **Шикина Н. В., Хайрулин С. Р., Яшник С. А., Гаврилова А. А., Исмагилов З. Р.** Прямое каталитическое восстановление SO_2 синтез газом на Fe-Mn гранулированных и блочных катализаторах

ЭКОНОМИКА

- 259 **Коноваленко Н. П.** Анализ состояния и перспектив развития межотраслевого промышленного комплекса России в современных условиях (на примере нефтегазового комплекса)
- 264 **Коржук А. Б., Фролова Т. В., Дорофеева Т. П.** Диверсификация экономики монопрофильных городов как способ выхода из кризиса
- 270 **Прокopenko В. Ю., Халиуллина В. В.** Социально-психологическая составляющая системы развития персонала в организации
- 275 **Сычева-Передеро О. В.** Проблемы погашения налоговой задолженности при процедуре банкротства
- 278 **Харченко А. П.** Формирование механизма управления расширенным воспроизводством рабочей силы Российского Севера
- 284 **Шабашев В. А., Маликайдаров Т. Т.** Понятие налогового потенциала региона и проблемы его развития
- 290 **Шевченко И. Л.** Социальная ответственность в практике корпоративного управления крупнейших российских компаний
- 297 Правила для авторов журнала
- 299 Подписка на «Вестник КемГУ»

- 250 **R. Sh. Khaliullin, E. V. Leonteva.** Determination of tetrafluoroborate by potentiometric titration
- 252 **N. V. Shikina, S. R. Khairulin, S. A. Yashnik, A. A. Gavrilo, Z. R. Ismagilov.** Direct catalytic reduction of SO_2 by synthesis gas over granulated and monolithic Fe-Mn catalysts

ECONOMICS

- 259 **N. P. Konovalenko.** Analysis of the state and development prospects of Russia's interbranch industrial complex in the current context (based on the example of the oil and gas complex)
- 264 **A. B. Korzhuk, T. V. Frolova, T. P. Dorofeeva.** Diversification of the economy of single-industry towns as a way out of the crisis
- 270 **V. Yu. Prokopenko, V. V. Khaliulina.** The socio-psychological component of the system of staff development in the organisation
- 275 **O. V. Sycheva-Peredero.** Tax debt problems in bankruptcy
- 278 **A. P. Harchenko.** The formation of the mechanism of advanced labour power reproduction in the Russian North
- 284 **V. A. Shabashev, T. T. Malikaydarov.** The concept of tax potential of the region and the problems of its development
- 290 **I. L. Shevchenko.** Social responsibility in the practice of corporate governance of the largest Russian companies
- 297 Information and instructions for authors
- 299 Subscribe to Bulletin of KemSU

БИОЛОГИЯ

УДК 633.24: 574.24: 581.5

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И ДИНАМИКУ РОСТА РАСТЕНИЙ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ (*PHLEUM PRATENSE* L.)

В. Ю. Березин, А. В. Заушинцева

THE INFLUENCE OF OIL ON SEED GERMINATION AND GROWTH PATTERNS OF TIMOTHY GRASS (*PHLEUM PRATENSE* L.)

V. Yu. Berezin, A. V. Zaushintsena

На почвах, загрязненных нефтепродуктами (отработкой минерального масла и дизельным топливом), выявлена сильная реакция тимфеевки луговой сорта Мечта по скорости всходов семян и динамике высоты растений в разные фазы развития. На контрольном варианте (без загрязнения почвы) и в случае внесения минимальной концентрации (1 %) отработки минерального масла всходы появились на 7, а в остальных случаях – на 12 – 14 сутки. С повышением концентрации загрязнителей резко снижается число всхожих семян (на 86,8 – 98,8 %). На фоне 5 % концентрации загрязнителей произошло их полное ингибирование.

The paper provides evidence for the significant influence of soils contamination by petroleum products (engine oil waste and diesel fuel) on timothy grass (the variety *Mechta*), namely on the speed of seeds germination and the dynamics of plant height at different phases of development. In the control variant (without soil contamination) and in the case of minimal concentration (1 %) of engine oil waste the shoots appeared on day 7, but in the other cases – on days 12 – 14. With increasing the concentrations of pollutants the number of germinating seeds reduced dramatically (by 86.8 – 98.8 %). In case of 5 % concentration total inhibition occurred.

Ключевые слова: тимфеевка луговая, высота растений, всходы, нефтепродукты, минеральное масло, дизельное топливо, устойчивость.

Keywords: timothy, height of plants, seedlings, oil, engine oil, diesel fuel resistance.

Среди многолетних злаковых трав, используемых для фиторекультивации нефтезагрязненных земель, выделяется тимфеевка луговая, обладающая устойчивостью к нефти и приспособленностью к широкому диапазону почвенно-климатических условий [1, с. 92 – 95].

В исследованиях Г. А. Евдокимова, Н. Г. Мозгова, М. В. Корнейкова, Е. М. Ахтулова, И. В. Михайлова (2007, 2009) выявлена высокая устойчивость злаковых трав к загрязнению почвы дизельным топливом (ДТ) [2; 3]. Установлено, что концентрация нефти в дозе 2,4 л/м² вызвала отрицательное действие на растение костреца безостого и овсяницы луговой [5].

Загрязнение почвы нефтью может иметь положительное и отрицательное действие на растения [6]. В исследованиях С. П. Масловой и Г. Н. Табаленковой (2010) доказано негативное воздействие на растения 10 %-ной концентрации загрязнителя. На фоне 5 % загрязнения почвы отмечалось положительное влияние нефтепродуктов на рост корней [4].

Цель исследований: в условиях полевого опыта установить воздействие дизельного топлива (ДТ) и отработанного минерального масла (ММ) на параметры роста растений тимфеевки луговой (*Phleum pratense* L.).

Материалы и методы исследований

Для проведения эксперимента в полевом стационаре Кемеровского государственного университета в

2013 г. заложен микроделяночный опыт по влиянию загрязнения почв дизельным топливом (ДТ) и отработанным минеральным маслом (ММ) на растения тимфеевки луговой (*Phleum pratense* L.) сорта Мечта. Технология подготовки почвы для посева – общепринятая для возделывания многолетних злаковых трав в Кемеровской области. Делянки площадью 0,21 м² заложены в 4-х повторениях. Дозы внесения поллютантов составили 1 %, 3 %, 5 % и 10 % загрязнителя в пересчете на 1 м². Контрольный вариант – посев семян в почву без загрязнения нефтепродуктами. Посев проводили через сутки после загрязнения почвы. Норма высева семян тимфеевки луговой 15 кг/га или 1,5 г/м². Наблюдения и учеты проводили в соответствии с Методическими указаниями по селекции многолетних злаковых трав (2012 г.).

Результаты исследований и обсуждение

Первые всходы отмечались на контрольном варианте и на делянках с 1 % загрязнением почвы отработкой ММ, – на 7 сутки после посева. В вариантах с внесением отработки ММ (3 и 5 %) и ДТ в концентрации 1 % растения взошли на 12 сутки, а в случае 3 % загрязнения ДТ всходы – на 14 сутки.

Создание оптимальной густоты посева определяет получения максимального урожая. На рис. 1 представлены данные по количеству растений на одну делянку.

При загрязнении почвы дизельным топливом всхожесть семян снижалась на 86,8 % (1 % ДТ) и 98,8 % (3 % ДТ) по сравнению с контрольным вариантом. Загрязнение почвы более 5 % полностью ингибировало прорастание семян.

Загрязнение почвы отработанным моторным маслом также отрицательно сказывается на прорастании семян. Всхожесть по вариантам опыта снижается на 12,1, 75,4 и 89,3 % при увеличении концентрации загрязнителя в почве.

Таким образом, загрязнение почвы отработанным моторным маслом оказывает меньшее отрицательное воздействие на всхожесть семян тимopheевки луговой, чем загрязнение почвы дизельным топливом.

Ответная реакция растительного организма на действие стрессовых факторов заключается в задержке развития и роста. Измерения после посева проводили на 33 и 40 сутки. Высота растений представлена на рис. 2.

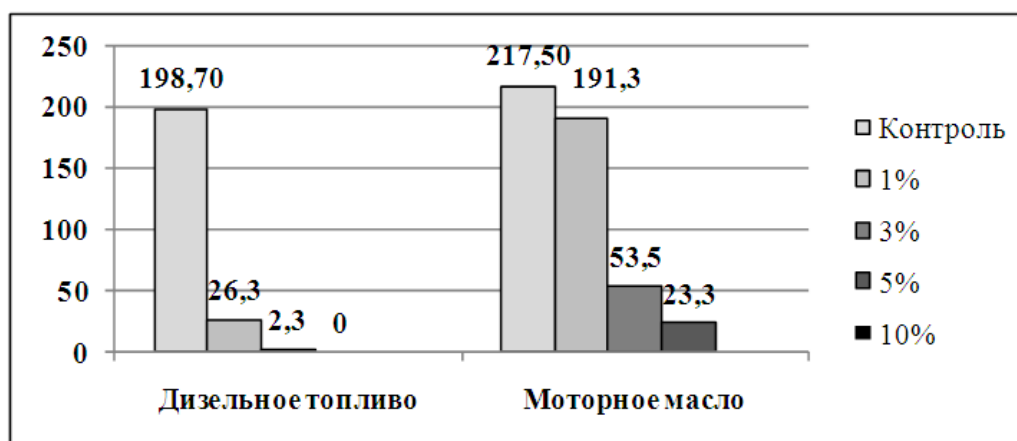


Рис. 1. Число всходов *Phleum pratense* L. при загрязнении почвы дизельным топливом и отработкой минерального масла

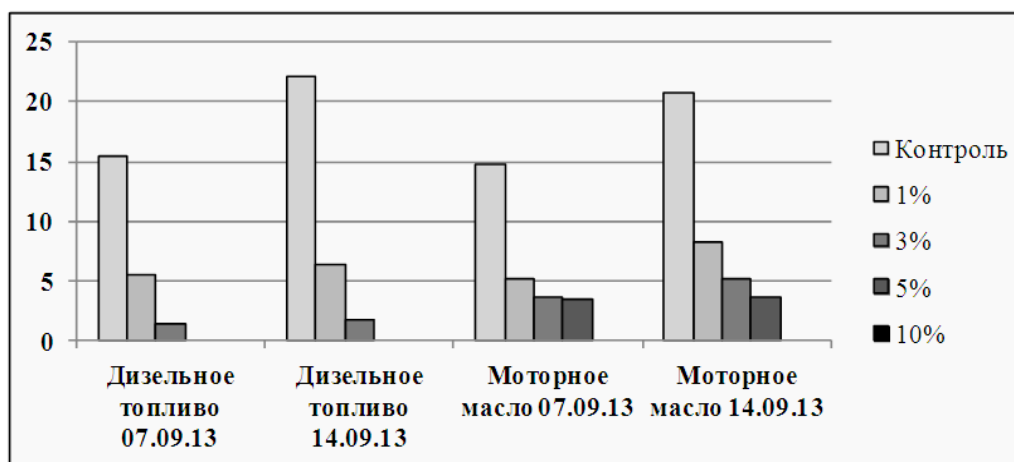


Рис. 2. Высота всходов *Phleum pratense* L. (2013 г.)

По результатам проведенных измерений увеличение концентрации загрязнителя внесенного в почву снижало высоту растений (рис. 2). Максимальный прирост высоты получен на контрольных вариантах и 3 % ММ (более 29 %). В варианте 1 % ММ высота увеличилась на 38,6 % от величины первого измерения. На остальных вариантах динамика прироста была положительной, но составила менее 25 % от начальных измерений.

По результатам весенних наблюдений в 2014 г. все варианты опыта сохранились хорошо. Динамика по высоте растений представлена в таблицах 1 и 2.

Полученные данные свидетельствуют о снижении токсического действия поллютантов. На варианте 3 % ДТ получен прирост 0,4 см в сравнении с контрольным вариантом. К концу вегетации высота растений в контрольном варианте составила 96,3 см, а 1 % загрязнении почти на 3 % больше.

Таблица 1

**Динамика тимфеески луговой по высоте растений
при загрязнении почвы дизельным топливом (2014 г.)**

<i>Вариант</i>	<i>Высота растений, см</i>			
	<i>фаза отрастания</i>		<i>фаза налива семян</i>	
		<i>отклонение</i>		<i>отклонение</i>
Контроль	20,7	-	96,3	-
1 %	20,7	0	98,9	+2,6
3 %	21,1	+0,4	97,1	+0,8
НСР ₀₅	0,56	-	1,28	-

Таблица 2

**Динамика тимфеески луговой по высоте растений
при загрязнении почвы отработкой минерального масла (2014 г.)**

<i>Вариант</i>	<i>Высота растений, см</i>			
	<i>фаза отрастания</i>		<i>фаза налива семян</i>	
		<i>отклонение</i>		<i>отклонение</i>
Контроль	22,6	-	98,6	-
1 %	23,4	+0,8	102,1	+3,5
3 %	23,1	+0,5	115,8	+17,2
5 %	23,6	+1,0	117,1	+18,5
НСР ₀₅	0,67	-	0,98	-

В вариантах опыта загрязненных отработанным моторным маслом, также наблюдается положительная динамика роста растений. При весеннем измерении высота растений была на 2,2 – 4,2 % выше, чем на контроле. К концу вегетации на вариантах 3 % и 5 % загрязнения ММ отмечался стимулирующий эффект. Достоверное преимущество по этому показателю составило 17,2 и 18,5 см.

Зимний период 2014 – 2015 гг. не оказал существенного влияния на растения тимфеески луговой. По результатам визуальной оценки опытных делянок после схода снега состояние хорошее. Морфометрические параметры 2015 г. представлены в таблицах 3 и 4.

Результаты, полученные в ходе измерений, показывают дальнейшее снижение токсического действия

загрязнителей (ДТ и ММ). Измерениями растений в фазу отрастания установлено, что опытные делянки на 3 – 12 % превосходят контроль по высоте.

В фазу колошения в варианте с 3 % загрязнением ДТ выявлена меньшая высота растений (на 12,5 см), чем в контрольном. Это вызвано отсутствием осадков в этот период и концентрацией загрязнителя, что сильно обусловило задержку роста растений. Например, при меньшей концентрации загрязнителя (1 % ДТ) отмечен даже небольшой прирост побегов тимфеески (3,1 см).

В фазу цветения растений высота растений на контроле в среднем составила 105,6 см. Наряду с этим на вариантах с загрязнением почвы нефтепродуктами получен прирост показателя от 7,5 до 14,4 см.

Таблица 3

**Динамика тимфеески луговой по высоте растений
при загрязнении почвы дизельным топливом, 2015 г.**

<i>Вариант</i>	<i>Высота растений по фазам развития, см</i>		
	<i>отрастание</i>	<i>колошение</i>	<i>цветение</i>
Контроль	29,9	75,0	105,6
1 %	33,7	78,1	113,1
3 %	30,8	62,5	120
НСР ₀₅	2,33	12,80	7,91

**Высота растений тимфеески луговой при загрязнении почвы
отработкой минерального масла, 2015 г.**

<i>Вариант</i>	<i>Высота растений по фазам развития, см</i>		
	<i>отрастание</i>	<i>колошение</i>	<i>цветение</i>
Контроль	28,8	81,3	98,8
1 %	29,5	84,4	111,3
3 %	29,1	84,8	110,6
5 %	28,3	84,5	106,3
НСР ₀₅	5,65	5,95	11,75

В вариантах опыта с загрязнением почвы отработкой минерального масла, наблюдается также положительная динамика роста растений, но различия по всем вариантам опыта и во все фенологические фазы развития растений по отношению к контролю были статистически недостоверны. Это свидетельствует о том, что нефтепродукты сдерживают рост растений даже на третий год после загрязнения почвы. В соответствии с этим перспективна целенаправленная селекция многолетних злаковых видов для целей фиторекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Выводы

1. Семена тимфеески луговой, высеянные в почву, загрязненную дизельным топливом и отработкой минерального масла имеют низкую всхожесть, а концентрации загрязнения от 5 % ДТ и 10 % ММ являются летальными для всходов *Phleum pratense* L.

2. Высота растений в год посева зависит от концентрации загрязнителя.

3. При низких концентрациях нефтепродуктов в почве проявляется положительный стимулирующий эффект, направленный на увеличение высоты растений.

Литература

1. Гендрин А. Г., Надоховская Г. А., Сидоренко Т. Н., Мыльников Ю. П., Кондыков В. А., Искрижитский А. А., Русинова Е. С., Собанина Л. А. Экологическое сопровождение нефтегазовых месторождений. Вып. 1: Инженерно-экологические изыскания территории нефтяных и газовых месторождений, инвентаризация и рекультивация нефтезагрязненных земель: аналитический обзор / отв. ред. А. Г. Гендрин. Новосибирск, 2005. 112 с.
2. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. Г., Корнейкова М. В., Ахтулова Е. М., Михайлова И. В. Воздействие загрязнения почв дизельным топливом на растения и ризосферную микробиоту на Кольском Севере // *Агрохимия*. 2007. № 12. С. 49 – 55.
3. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. Г., Михайлова И. В. Способы биоремедиации почв Кольского севера при загрязнении дизельным топливом // *Агрохимия*. 2009. № 6. С. 61 – 66.
4. Маслова С. П., Табаленкова Г. Н. Реакция корневищного злака *Phalaroides arundinaceae* на загрязнение почвы нефтью // *Агрохимия*. 2010. № 8. С. 66 – 71.
5. Шилова И. И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. М.: Наука, 1988. С. 159 – 168.
6. Хуснутдинова Н. Ю. Фитотоксичность нефтезагрязненной торфяной почвы для луговых трав // *Медицина труда и промышленная экология*. 2009. № 11. С. 41 – 42.

Информация об авторах:

Березин Виктор Юрьевич – аспирант кафедры ботаники КемГУ, bere.vik@mail.ru.

Viktor Yu. Berezin – post-graduate student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **А. В. Заушинцева**). (Academic advisor – **A. V. Zaushintsena**).

Заушинцева Александра Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники КемГУ, alexaz58@yandex.ru.

Alexandra V. Zaushintsena – Doctor of Biology, Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ФОРМИРОВАНИЕ МИРМЕКОКОМПЛЕКСОВ НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

С. В. Блинова, М. Р. Корчагина, Н. И. Еремеева, С. Л. Лузянин

FORMATION OF ANTS ASSEMBLAGES ON COAL MINE DUMPS

S. V. Blinova, M. R. Korchagina, N. I. Eremeeva, S. L. Luzyanin

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-04-98029 (p_сибирь_a).

Изучали разновозрастные участки отвалов угольных разрезов по добычи каменного угля в Кузбассе с целью выявить особенности процессов восстановления естественных биоценозов. Показано, что количество видов с возрастом отвалов увеличивается, однако их плотность ниже, чем на естественных участках. В первую очередь поселяются лугово-степные виды, постепенно замещаясь лесными. Полученные результаты можно использовать для дальнейшей разработки методов биологической оценки степени восстановления антропогенно трансформированных экосистем.

The dumps of opencast coal mines in Kuzbass were studied to reveal the features of natural biocenoses restoration processes. The study proved that the number of ants species increases with time, however, their density is lower than on natural biocenoses. The meadow and steppe types of ants are the first to appear on opencast coal mine dumps to be gradually replaced by the forest types. The results can be used for further development of methods of biological assessment of the extent of restoration of anthropogenically transformed ecosystems.

Ключевые слова: муравьи, угольная промышленность, рекультивация отвалов, восстановление биоценозов.

Keywords: ants, coal industry, dumps recultivation, biocenoses restoration.

Введение

В условиях возрастающего антропогенного пресса на окружающую природную среду становятся актуальными исследования, посвященные оценке состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем. В качестве показателя уменьшения антропогенного пресса может выступать степень восстановления природных биоценозов. Одним из основных компонентов естественного биоценоза в условиях умеренного климата являются муравьи. Так, показано [9], что при любых резких нарушениях среды обитания, в том числе при открытой разработке полезных ископаемых и последующей рекультивации земель, изменяется видовой состав и структура комплексов муравьев. При открытой добыче угля в зоне карьера происходит полное исчезновение гнезд муравьев. Напротив, при прекращении угледобычи и последующей рекультивации через 10 – 15 лет в окрестностях шахт, шахтовых выработок и обогатительных фабрик наблюдается моновидовое поселение *Lasius niger* [8; 12]. Численность его поселений, по данным [6] на отвалах становится сравнимой с численностью в зональных ценозах за 20 лет развития, где наряду с *L. niger* появляется *Formica cunicularia*. При этом сначала наблюдается увеличение числа видов, позже – вновь наблюдается переход к моновидовым поселениям [1; 11].

В условиях Италии в зависимости от возраста отвалов, в видовом богатстве меняется представленность отдельных родов Formicidae, число хладоблюбных и лесных видов [14].

В местах добычи бурого угля на территории Чехии, отмечены в основном на отвалах те же виды муравьев, что и в естественных ценозах. Но горные виды *Formica lemani* и *Manica rubida* выявлены только на отвалах и не найдены в естественных ценозах. В то же

время гнезда *Myrmica rubra* зарегистрированы только в естественных ценозах [13]. При этом с увеличением возраста отвалов возрастает доля насыпных гнезд и гнезд-капсул [6].

Однако не проводились сравнения восстановительных процессов естественных ценозов на отвалах угольных разрезов расположенных в различных (лесостепной и лесной) зонах. Поэтому целью настоящей работы стало изучение восстановительной способности естественных биоценозов на отвалах угольных разрезов в условиях Кемеровской области на примере формирования мирмекокомплексов.

Материалы и методики исследования

Исследования проводили на отвалах двух предприятий крупнейшей компании Кузбасса, специализирующейся на добыче угля открытым способом, – ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»: Краснобродском и Кедровском угольных разрезах. Краснобродский угольный разрез основан в 1947 г., а Кедровский – в 1954 г. Краснобродский угольный разрез находится в лесостепной зоне Кузнецкой котловины, в Беловском районе. Кедровский угольный разрез расположен в лесной зоне (равнинная тайга) Кузнецкой котловины, в Кемеровском районе, в 25 км севернее Кемерово. На этих предприятиях многие годы проводится целый комплекс работ по рекультивации отвалов.

Для проведения исследований были выбраны модельные участки на отвалах разных возрастов (таблица 1). При этом только семилетний участок подвержен первому стадии рекультивации – техническому, остальные прошли и биологический этап рекультивации.

Характеристика исследованных участков отвалов

Код участка	Возраст, лет	Тип луга	Проективное покрытие, %	Площадь древесно-кустарниковой растительности, в % от исследованной территории
Кедровский угольный разрез				
K1	7	Разнотравный	30 – 50	0
K2	15	разнотравно-злаковый	50 – 70	10 – 15
K3	30	разнотравно-бобово-злаковые	80 – 100	30 – 35
Краснобродский угольный разрез				
КБ1	15	Разнотравный на откосе отвала (уклон 30 – 35°)	25 – 30	0 – 1
КБ2	15	Злаково-разнотравный	50 – 70	10 – 15
КБ3	30	Разнотравный на откосе отвала (уклон 25 – 30°)	40 – 50	50 – 60

В качестве контроля были выбраны участки, находящиеся вне зоны влияния разрезов, но расположенных рядом с основанием отвалов. Контролем для участков на Кедровском угольном разрезе (Кк) послужили участки темнохвойного леса с фрагментами разнотравно-злаковых лугов, на Краснобродском разрезе (КБк) – березовые колки в окружении разнотравно-злаковых лугов. Лесопокрытая площадь на контрольных участках составляет 95 – 100 %.

Сбор материала проводили в мае-августе 2013 – 2014 гг. стандартными мирмекологическими методами. Определение видового состава и плотности поселений муравьев осуществляли на маршрутах и пробных площадках размером 5 на 5 м [7; 10]. Данные, полученные при изучении муравьев, пересчитывали

на 25 м² – на одну учетную площадку. Весь материал обрабатывался в программе Statistica.

Результаты исследования и обсуждение

Проведенные исследования позволили выявить всего 17 видов Formicidae, в том числе на отвалах 14 видов, принадлежащих 5 родам 2 подсемейств (таблица 2). При этом в лесостепной зоне отмечено 11 видов, а в лесной – 13 видов муравьев. Необходимо подчеркнуть, что гнезда *Camponotus saxatilis*, *Formica aquilonia* и *F. pratensis* найдены только в лесостепной зоне, *Myrmica scabrinodis*, *M. schencki*, *Formica rufa* и *F. subpilosa*, напротив, только в лесной зоне. Три вида Formicidae (*L. alienus*, *F. aquilonia* и *F. lugubris*) отмечены только в контрольной зоне.

Таблица 2

Видовой состав и плотность поселения муравьев на модельных участках Кедровского и Краснобродского угольных разрезов, гнезд / 25 м²

Вид муравьев	Участки							
	K1	K2	K3	Кк	КБ1	КБ2	КБ3	КБк
<i>Myrmica rubra</i> L.	++	0,05			0,05			++
<i>M. ruginodis</i> Nyl.			0,30	1,65				0,60
<i>M. scabrinodis</i> Nyl.			0,70					
<i>M. schencki</i> Vier.			0,10					
<i>Tetramorium caespitum</i> L.	0,45	0,15			0,20	0,50		++
<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzs.						0,25	0,40	0,40
<i>Formica aquilonia</i> Yarr.				+				
<i>F. cunicularia</i> Latr.	0,05				0,05		0,1	
<i>F. fusca</i> L.			0,4	0,05			0,50	0,80
<i>F. lugubris</i> Zett.				++				
<i>F. pratensis</i> Retz.							+	++
<i>F. rufa</i> L.			+					
<i>F. rufibarbis</i> F.	0,05	++		++		0,50		
<i>F. subpilosa</i> Ruzs.	+							
<i>Lasius alienus</i> Forster				++				++
<i>L. flavus</i> F.		0,10	0,1			1,50	0,20	
<i>L. niger</i> L.	0,2	0,15		0,05		0,75	0,60	0,10
Средняя плотность поселения	0,75	0,45	1,6	1,75	0,30	3,5	1,8	1,9
Число видов	6	5	6	7	3	5	6	8
Примечание: + найдены только рабочие особи без гнезда; ++ – гнезда найдены при фаунистических исследованиях; обозначение участков приведено в тексте.								

Ниже приведено краткое описание особенностей мирмекокомплекса на каждом из исследованных участков.

Лесостепная зона, Краснобродский угольный разрез.

Участок КБ1. Отмечены минимальные плотность гнезд и видовой состав. Зарегистрированы только подземные гнезда принадлежащие трем видам – *M. rubra*, *T. caespitum* и *F. cunicularia*. Все выходы из гнезд расположены под камнями. В местах, где проективное покрытие приближалось к нулю или наблюдалось отсутствие камней от 5 см в диаметре, гнезда не обнаружены. В среднем плотность гнезд составляла 0,75 гнезда / 25 м². Однако гнезда *T. caespitum* равномерно распределены по всей исследованной территории, а *F. cunicularia* – расположены в 5 м друг от друга.

Участок КБ2. Гнезда равномерно расположены по всей территории. Однако отмечено тяготение гнезд *L. flavus* к участкам с наиболее высоким проективным покрытием, что объяснимо его биологией (этот вид геобионт, фотофоб). Напротив, с увеличением проективного покрытия резко уменьшается численность гнезд *T. caespitum*. Так же отмечены только подземные гнезда. При камеральной обработке у *F. rufibarbis* выявлена высокая степень вариативности хетотаксии рабочих особей, что в дальнейшем будет подробнее изучено.

Участок КБ3. В целом на участке зарегистрировано относительно малое число гнезд, но все они значительно крупнее, чем на предыдущих участках. При этом все обнаруженные гнезда имели наземный земляной холмик высотой не менее 25 см. Исключением выступают гнезда *F. fusca* и *C. saxatilis*. Муравьи первого вида отмечены в подземных гнездах и в упавшей древесине, *C. saxatilis* – только подземные.

Участок КБк. Всего отмечено 8 видов муравьев с плотностью поселения 1,9 гнезда / 25 м². В связи с низовым пожаром (весенний пал) не отмечено ни одного купольного гнезда или гнезда, расположенного в древесине, только подземные.

Лесная зона, Кедровский угольный разрез.

Участок К1. Встречены гнезда 6 видов муравьев. Род *Formica* представлен тремя видами подрода *Serviformica*. Все муравейники этого подрода купольные с земляным холмиком и небольшим количеством растительного материала, высотой не менее 30 см. В подавляющем большинстве представляют из себя кочку.

Участок К2. В целом на участке все отмеченные гнезда относительно крупные, не менее 30 см в высоту и диаметра. При камеральной обработке для *F. rufibarbis* выявлена высокая степень вариативности хетотаксии рабочих особей.

Участок К3. Отмечена наибольшая плотность гнезд на исследуемом разрезе – 1,6 гнезда / 25 м². При этом для *F. rufa* обнаружены только рабочие особи, муравейник не найден. Только здесь из всех исследованных участков отмечены гнезда *Myrmica schencki* и *M. scabrinodis*. В целом средняя плотность поселения составила 4,8 гнезда / 25 м². Гнезда агрегированы либо к единичному строительному мусору (толь), упавшим деревьям и т. п.

Участок Кк. На исследованном участке черновой тайги найдены отдельные особи *F. aquilonia* и *F. lugubris*, но муравейники не обнаружены.

Сравнение видового состава и плотности поселения муравьев модельных участков между собой (рис. 1 – 2) позволило выявить высокую степень сходства между собой ранних стадий восстановления естественного видового состава (на участках К1 и КБ1; К2 и КБ2). Однако восстановление плотности населения происходит разными путями.

Так, в лесной зоне на относительно молодых отвалах, сформированных 7 – 10 лет назад, отмечено относительно высокое видовое разнообразие (6 видов) с плотностью поселения 0,75 гнезда / 25 м² (езде без учета *Formicas. str.*). При увеличении возраста отвалов (30 лет) зарегистрировано уменьшение обоих параметров: соответственно 5 видов и 0,45 гнезда / 25 м². В контроле вновь наблюдается увеличение числа видов до 7 и плотности поселений до 1,75 гнезда / 25 м². В предыдущей работе [5] число видов дано ошибочное.

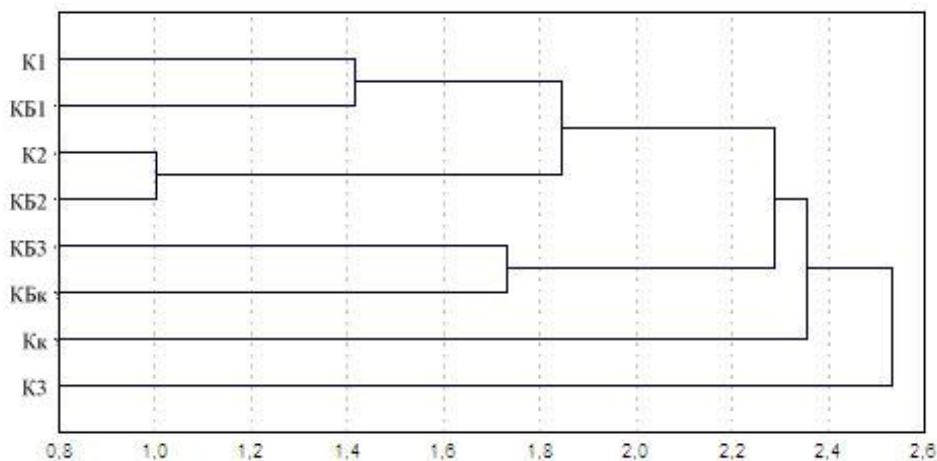


Рис. 1. Дендрограмма сходства видового состава *Formicidae* на исследованных участках отвалов Краснобродского и Кедровского угольных разрезов

Примечание: обозначение участков приведено в тексте.

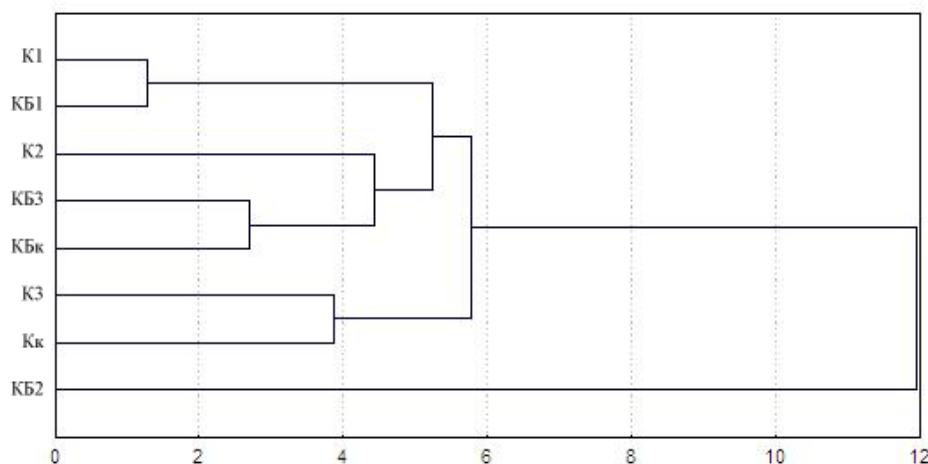


Рис. 2. Дендрограмма сходства видового обилия (плотности населения) *Formicidae* на исследованных участках отвалов Краснобродского и Кедровского угольных разрезов
Примечание: обозначение участков приведено в тексте.

В лесостепной зоне формирование мирмекокомплексов отвалов происходит несколько иначе: число видов и плотность поселения возрастают с увеличением возраста отвала. Минимальные значения зарегистрированы для отвалов моложе 15 лет (до трех видов муравьев, средняя плотность поселений 0,3 гнезда / 25 м²), максимальные значения – в контроле (8 видов, 1,9 гнезда / 25 м²). Интересно, что на отвалах старше 15-летних на 2 – 5 лет наблюдается резкое увеличение плотности поселения, которая затем достаточно быстро вновь уменьшается, приближаясь к контрольной.

Отмечено для обоих исследованных разрезов, что на «молодых» отвалах плотность поселения *T. caespitum* максимальна и на отдельных модельных площадках достигает 2 гнезд / 25 м². С увеличением возраста отвалов плотность поселений этого вида уменьшается. В контроле отмечены только единичные гнезда. Напротив, гнезда *C. saxatilis* и *F. aquilonia* найдены только на старых участках и в контроле. Единственное гнездо *F. subpilosa* зарегистрировано на 7-летнем отвале лесной зоны.

Ранее проведенные исследования *Formicidae* территории Кузнецко-Салаирской горной области [2 – 4 и др.] позволили определить биотопическое предпочтение всех найденных видов:

- Эвритопные виды, поселения которых зарегистрированы в различных типах лесов, лугов, на степных и остепненных участках. Это *C. saxatilis*, *F. fusca*, *L. flavus*, *L. niger*.

- Лугово-лесные виды – виды, поселяющиеся в лесах и разнотравных лугах. *Myrmica rubra*, *M. schencki*, *M. scabrinodis*, *F. pratensis*, *F. rufa*.

- Лесные виды – виды муравьев, гнезда которых встречены только в различных типах лесов. *M. ruginodis*, *F. aquilonia*, *F. cunicularia*, *F. subpilosa*, *F. lugubris*.

- Лугово-степные виды – виды, гнезда которых отмечены на различных видах лугов и степей *T. caespitum*, *F. rufibarbis*, *L. alienus*.

Очевидно, что с увеличением возраста отвала доля лесных видов возрастает, а доля лугово-степных, напротив, уменьшается. Так, для Кедровского угольного разреза на модельных участках возрастом 7 лет доля лугово-степных составила 33,3 %, лесных – 33,3 %; в контроле, соответственно 28,6 % и 42,9 %. Интересно, что доля эвритопных видов максимальна на участках старше 15 лет (до 60 %), уменьшаясь как в контроле, так и на более «молодых» (от 33,3 % до 0 %).

Таким образом, полученные результаты можно использовать для дальнейшей разработки методов биологической оценки степени восстановления антропогенно трансформированных экосистем, рассматривая такие показатели, как видовой состав и плотность поселений, соотношения групп *Formicidae* по биотопической приуроченности.

Выводы

1. На рекультивированных отвалах угольных разрезов Кузбасса обнаружено 14 видов муравьев 5 родов 2 подсемейств. При этом количество видов с возрастом отвалов увеличивается, достигая в контроле 7 – 8 видов.

2. Лугово-степные виды поселяются на отвалах на начальных стадиях рекультивации, однако в последующем их видовое богатство и плотность поселения снижается. Одновременно увеличивается доля лесных видов.

3. Плотность поселения обнаруженных большинства отмеченных видов муравьев на рекультивированных отвалах ниже, чем на контрольных участках.

Литература

1. Апостолов Л. Г., Лиховидов А. Б., Кобечинская В. Г., Малий Е. Н., Перваков В. П. Пути формирования фауны герпетобия в техногенных ландшафтах Альминского месторождения строительных материалов в Крыму // Проблемы почвенной зоологии. Киев, 1981. С. 13 – 14.
2. Блинова С. В. Структура мирмекокомплексов Кузнецкого Алатау // Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. 2009. № 4(152). С. 82 – 85.
3. Блинова С. В. Изменения мирмекокомплекса сосново-березового леса при удалении гнезд видов-доминантов // Экология. 2011. № 6. С. 158 – 160.
4. Блинова С. В. Мирмекокомплексы (Hymenoptera, Formicidae) естественных и антропогенных экосистем Кузнецко-Салаирской горной области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Барнаул, 2012. 39 с.
5. Блинова С. В. Формирование комплексов муравьев (Hymenoptera, Formicidae) на отвалах угольных разрезов (на примере Кузбасса, Россия) // Евроазиатский симпозиум по перепончатокрылым насекомым. Н. Новгород, 2015. С. 27.
6. Брындин В. М. Особенности формирования мирмекокомплексов в сукцессионном ряду шахтных отвалов // Муравьи и защита леса: тез. докл. VIII Всесоюз. мирмекол. симп. Новосибирск, 1987. С. 59 – 62.
7. Бугрова Н. М., Резникова Ж. И. Методическое пособие по изучению экологии и определению муравьев. Новосибирск, 1989. Вып. 1. 42 с.
8. Дмитриенко В. К. Муравьи как индикатор нарушений природной среды // Система мониторинга в защите леса: тез. докл. Всесоюз. совещ. Красноярск, 1985. С. 36 – 37.
9. Дмитриенко В. К. Муравьи как биоиндикаторы нарушений природной среды // Биологические основы использования полезных насекомых: тез. докл. Всесоюз. симп. М., 1988. С. 38 – 40.
10. Захаров А. А., Горюнов Д. Н. Общие методы полевых экологических исследований // Муравьи и защита леса. Матер. XIII Всеросс. мирмекол. симп. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2009. С. 247 – 256.
11. Лиховидов А. Б., Кобечинская В. Г., Сапожкова Е. Н., Перваков В. П. К изучению сукцессионных процессов в биогеоценозах техногенных ландшафтов степного Крыма // Охрана и рациональное использование природных ресурсов. Симферополь: изд-во Симф. гос. ун-та, 1980. С. 113 – 121.
12. Сорокина С. В. Влияние промышленных выбросов предприятий на видовой состав муравьев // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: тез. докл. 1 науч.-практич. конф. "Сибресурс-95". Кемерово: Кузбассвуиздат, 1995. С. 85.
13. Holec M., Frouz J. Ants (Hymenoptera: Formicidae) communities in the Czech Republic // Pedobiologia, 2005. V. 49. № 4. P. 345 – 357.
14. Ottonetti L., Tucci L., Santini G. Recolonization patterns of ants in a Rehabilitated Lignite Mine in Central Italy: potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes // Restoration Ecology. 2006. V. 14. № 1. P. 60 – 66.

Информация об авторах:

Блинова Светлана Викторовна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии КемГУ, sv_blinova@mail.ru.

Svetlana V. Blinova – Doctor of Biology, Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Корчагина Марина Романовна – аспирант кафедры зоологии и экологии КемГУ, m_kortschagina@mail.ru.

Marina R. Korchagina – post-graduate student at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **С. В. Блинова**). (Academic advisor – **S. V. Blinova**).

Еремеева Наталья Ивановна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии КемГУ, neremeeva@mail.ru.

Natalia I. Eremeeva – Doctor of Biology, Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Лузянин Сергей Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, bombuluz@ngs.ru.

Sergey L. Luzyanin – Candidate of Biology, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК [591.5:595.762.12:622.012](751.17)

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ОТВАЛАХ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Н. И. Еремеева, С. Л. Лузянин

STRUCTURE OF THE POPULATION OF CARABIDS (COLEOPTERA, CARABIDAE) ON RECULTIVATED COAL MINE DUMPS

N. I. Eremeeva, S. L. Luzyanin

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-04-98029 (p_сибирь_a).

Проведены исследования населения жуужелиц на рекультивированных отвалах угольного разреза и в контрольной зоне. Обнаружены 86 видов жуужелиц 28 родов. Из них в формировании населения отвалов участвуют 65 видов (75,6 % видового богатства жуужелиц). Установлены трибы и виды, составляющие основу населения жуужелиц отвалов. На отвалах выявлены оригинальные (19 видов) и массовые (6) виды жуужелиц. Установлена динамическая плотность жуужелиц на участках со стабильными условиями обитания и на отвалах горной породы.

The population of carabids on recultivated opencast coal mine dumps and in the control zone was studied. 86 species of carabids of 28 genera were registered. 65 species (75.6 % of the number of carabids species) participated in the formation of populations on the dumps. The tribes and species making the core of the population of carabids on the dumps were established. Original (19) and dominant (6) species of carabids were identified on the dumps. The dynamic density of carabids on sites with stable environmental conditions and on dumps was established.

Ключевые слова: насекомые, экология, жуужелицы, герпетобии, отвалы угольных разрезов.

Keywords: insects, ecology, carabids, herpetobionts, opencast coal mine dumps.

Кузбасский угольный бассейн, расположенный на территории Кемеровской области, по запасам и качеству углей является одним из крупнейших эксплуатируемых каменноугольных бассейнов мира, где на сравнительно небольшой территории сконцентрированы мощные залежи углей, пригодных для коксования, получения жидкого топлива и сырья для химической промышленности. Добыча каменного угля проводится преимущественно открытым (карьерным) способом, что приводит к выносу на поверхность вскрышных и вмещающих пород, включающих обломки осадочных пород (песчаников, алевролитов, аргиллитов) с разной степенью дисперсности [2], формированию отвалов или терриконов. Такое техногенное вмешательство в природное равновесие приводит к смене существующих экологических систем новыми, загрязнению среды обитания организмов, изменению ландшафтов, что сопровождается существенными перестройками растительного и животного населения трансформированных территорий. Поэтому в Кузбассе рекультивация нарушенных земель является необходимым условием восстановления разрушенных экосистем и сохранения биологического разнообразия. Цель настоящей работы – изучение структуры населения доминантной группы герпетобия – жуужелиц в процессе сукцессии на рекультивированных отвалах угольного разреза.

Объектом исследований послужили жуужелицы – группа жесткокрылых насекомых, обитающих в большинстве наземных экосистем, в том числе техногенно нарушенных. Жуужелицы входят в число наиболее массовых групп герпетобия и выполняют в экосистемах важную роль консументов 1 и 2 порядков. Многие из них являются зоофагами, облигатными хищниками, регулируют в экосистемах численность

различных беспозвоночных животных (насекомых, червей, моллюсков); часть видов – миксофитофаги, питаются преимущественно растительной пищей, разлагающимися растительными остатками.

Методика исследований

Исследования населения жуужелиц проводили в мае – августе 2013 – 2014 гг. на рекультивированных отвалах Краснобродского угольного разреза – структурного подразделения крупнейшей компании Кузбасса, специализирующейся на добыче угля открытым способом – ОАО «УК «Кузбассразрезуголь». Разрез расположен в лесостепной зоне Кузнецкой котловины. На разрезе проводятся крупномасштабные работы по рекультивации отвалов породы в два этапа – горно-технический и биологический.

Сбор жуужелиц осуществлялся стандартными методами (почвенными ловушками) на отвалах (участки 1-6), в основании отвала (участок 7) и на контрольном участке (участок 8). Участки, расположенные на отвалах, отличаются возрастом и расположением: 1 – 7 – 10 лет (первичная сукцессия), 2 – 15 лет, пологий, 3 – 15 лет, с уклоном, 4 – 15 – 20 лет, 5 – 30 лет, пологий, 6 – 30 лет, с уклоном. В качестве контроля использованы характерные биотопы в районе исследования, не входящие в зону влияния разрезов, расположенные рядом с основанием отвалов – березовые колки в окружении разнотравно-злаковых лугов.

На каждом участке вкапывали по 10 почвенных ловушек, которые осматривали каждые 7 – 10 дней [1].

Динамическую плотность членистоногих выражали в количестве экземпляров на 10 ловушко-суток (экз./10 лов.-сут.). При построении кластеров применен метод полной связи (*complete linkage*) и вычисление евклидова расстояния (*Euclidean distances*).

Результаты исследований и их обсуждение

В районе исследований были обнаружены 86 видов жуужелиц 28 родов 14 триб 9 подсемейств, из них

на отвалах Краснобродского угольного разреза – 65 видов 21 рода 12 триб 8 подсемейств (таблица 1).

Таблица 1

Некоторые характеристики населения жуужелиц района исследований и отвалов Краснобродского угольного разреза

Триба	Весь район исследований				Отвалы			
	число		относительное обилие, %		число		относительное обилие, %	
	родов	видов	видовое	численное	родов	видов	видовое	численное
Cicindelini	1	1	1,16	0,01	–	–	–	–
Notiophilini	1	2	2,33	6,51	1	2	3,08	5,51
Carabini	1	3	3,49	0,70	1	3	4,62	0,67
Loricerini	1	1	1,16	0,08	1	1	1,54	0,05
Broscini	1	1	1,16	0,05	1	1	1,54	0,05
Trechini	1	1	1,16	0,46	–	–	–	–
Bembidini	2	6	6,97	0,99	1	2	3,08	0,09
Pterostichini	2	10	11,63	15,62	2	5	7,69	8,79
Zabrini	2	20	23,26	14,86	2	18	27,69	15,22
Sphodrini	3	4	4,65	32,90	2	3	4,62	38,96
Platynini	1	2	2,33	1,38	1	1	1,54	0,84
Licinini	1	2	2,33	1,56	1	1	1,54	0,82
Harpalini	5	23	26,74	17,28	5	19	29,23	20,37
Lebiini	6	10	11,63	7,60	5	9	13,85	8,63
Всего	28	86	100	100	21	65	100	100

Основу населения жуужелиц составляют представители четырех триб (в порядке убывания): Harpalini, Zabrini, Pterostichini и Lebiini, на которых суммарно приходится 73,3 % отмеченных видов (таблица 1). На отвалах угольного разреза по видовому обилию доминируют эти же четыре трибы (78,5 % видов), однако уменьшается доля трибы Pterostichini, и, напротив, возрастает видовое обилие остальных доминантных триб. Это наблюдается на фоне изменения представленности родов и видов на исследованных участках отвалов. Так, отмечено снижение числа родов триб Bembidini, Sphodrini, Lebiini, а также числа видов триб Pterostichini (на 5 видов), Bembidini и Harpalini (в каждой трибе на 4 вида), Zabrini (на 2), Pterostichini, Platynini, Licinini, Lebiini (в каждой на 1). Представители триб Cicindelini и Trechini на отвалах не отмечены.

По численному обилию в районе исследования выделяются пять триб жуужелиц (в порядке убывания): Sphodrini, Harpalini, Pterostichini, Zabrini, Lebiini, которые суммарно составляют 88,3 % от всех собранных особей (таблица 1). Наиболее многочисленны представители трибы Sphodrini, на которых приходится почти треть сборов (32,9 %). На отвалах разреза по численному обилию выделяются те же пять триб (в порядке убывания): Sphodrini, Harpalini, Zabrini, Pterostichini, Lebiini. На них суммарно приходится

почти 92 % от всех собранных на отвалах особей. Преобладают представители трибы Sphodrini (39 %). На отвалах снижается численное обилие всех триб, кроме Sphodrini, Harpalini, Lebiini, Zabrini, численное обилие которых возрастает на 10,5 %.

Массовыми видами района исследований являются 6 видов; на них приходится более 5 % от общих сборов жуужелиц [1]. Из трибы Sphodrini – это *Calathus* (*Neocalathus*) *erratus* (C. R. Sahlberg, 1827) и *Synuchus* (*Synuchus*) *vivalisvivalis* (Illiger, 1798), Pterostichini – *Poecilus* (*Poecilus*) *versicolor* (Sturm, 1824), Harpalini – *Harpalus* (*Harpalus*) *rubripes* (Duftschmid, 1812), Zabrini – *Amara* (*Amara*) *communis* (Panzer, 1797), Notiophilini – *Notiophilus* *germinyi* Fauvel, 1863. Наибольшей динамической плотности достигают *Calathus erratus* (1,12 экз./10 лов.-суток в среднем на всех исследованных участках, 1,35 – на отвалах) и *Synuchus vivalis* (0,81 и 0,82 соответственно).

Видовой состав населения жуужелиц различных исследованных участков существенно отличается (таблица 2). Наибольшим числом видов характеризуются участки с наиболее стабильными условиями – 7 (луг в основании отвала) и 8 (контроль), на которых обнаружены 42 вида 20 родов 11 триб подсемейств и 53 вида 22 родов 14 триб 9 подсемейств соответственно.

**Показатели структуры населения жуужелиц различных участков
Краснобродского угольного разреза и контрольной зоны**

<i>Показатель</i>	<i>Участки</i>								<i>Всего</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	
Число видов	33	40	22	19	33	39	42	53	86
Число уникальных (оригинальных) видов*	3	–	1	–	1	4	6	11	26
Число видов, отмеченных только на отвалах	10	9	9	1	7	5	–	–	19
Число родов	13	14	9	12	14	16	20	22	28
Число триб	9	9	6	9	8	9	11	14	14
Число подсемейств	6	7	6	7	6	8	7	9	9
Динамическая плотность, экз./10 лов.-суток	4,90	12,06	1,43	3,08	8,03	5,91	8,97	5,49	49,87

Примечание: * виды, которые отмечены только на данном участке.

На отвалах отмечены от 19 до 40 видов жуужелиц на различных по времени восстановления и условиям участках. Наибольшее число видов (40) обитает на пологом участке 15-летнего отвала. Однако в целом видовое богатство жуужелиц на отвалах (65 видов) больше по сравнению с контрольной зоной, что связано с обитанием на них 19 видов (от 1 до 10 на разных участках), не отмеченных на участках 7 и 8. Наибольшее число таких видов (9 – 10) обнаружено на наиболее молодых участках рекультивации (участки 1 – 3). На участке 7 зафиксировано 6 оригинальных видов, а в контрольной зоне – 11.

Полученные результаты подтверждаются данными кластерного анализа (рис.). Наименьшей степенью сходства видового состава жуужелиц с контрольной зоной отличаются отвалы, находящиеся на начальных стадиях восстановления (участки 1 – 3). Вместе с участком 5 они образуют отдельный кластер. В этом кластере наибольшие отличия видового состава выявлены для участка 1, находящегося на начальных этапах сукцессии. На этом участке отмечено наибольшее число видов (10), выявленных только на отвалах.

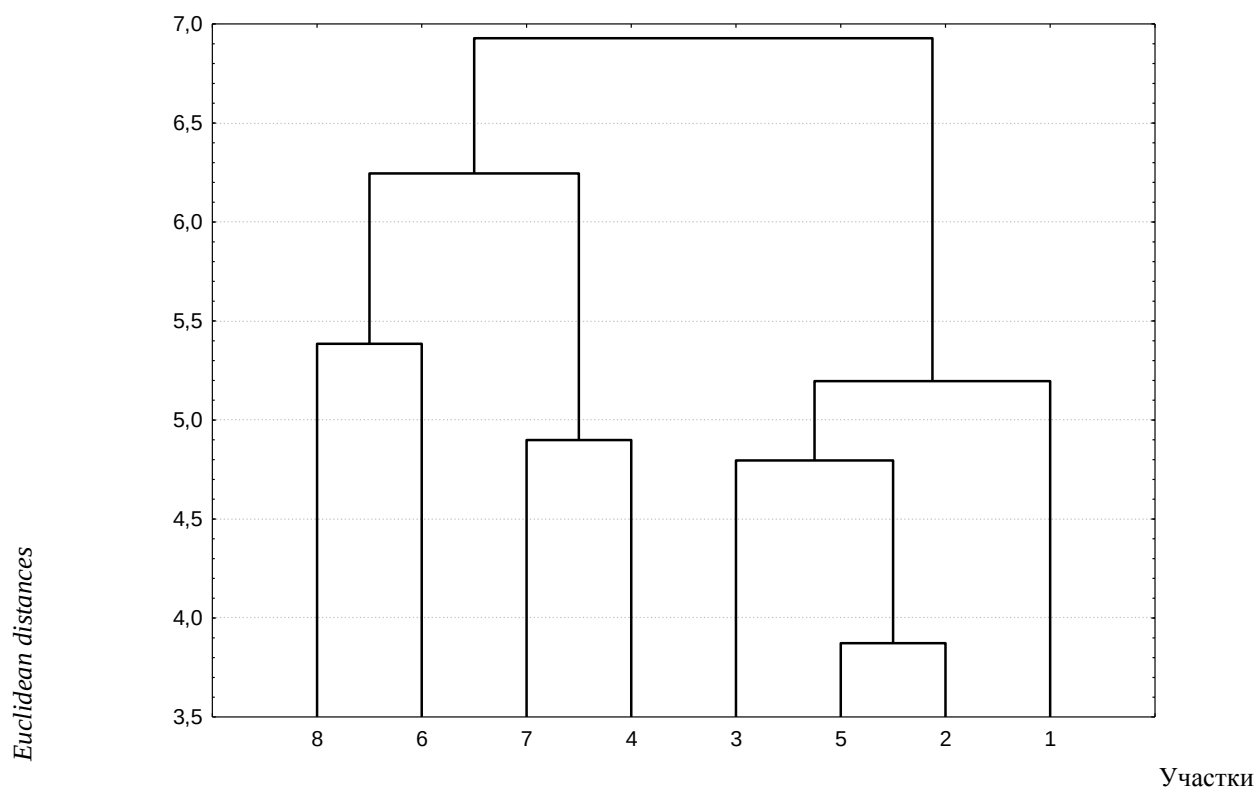


**Рис. Дендрограмма сходства видового состава жуужелиц
на участках Краснобродского угольного разреза и контрольной зоне**

Вторая ветвь кластера включает 4 остальных участка исследований и подразделяется на две ветви – одна объединяет формирующийся разнотравно-злаковый луг в основании отвала и пологий отвал 30-летнего возраста, а другая – участки с наиболее сформированным древесным ярусом – контроль и отвал 30-летнего возраста с уклоном.

Динамическая плотность жуужелиц варьирует от 1,43 до 8,97 на различных участках и в среднем для района исследований составляет 6,23 экз./10 лов.-суток. При этом на участках со стабильными условиями среды этот показатель выше (7,23 экз./10 лов.-суток). Средняя динамическая плотность жуужелиц на отвалах ниже и составляет 5,90 экз./10 лов.-суток. Из участков на угольном разрезе наибольшей динамической плотностью характеризуется пологий участок 15-летнего отвала, который отличается от других отвалов не только наибольшим видовым богатством жуужелиц, но и их высокой динамической плотностью (12,06 экз./10 лов.-суток).

Выводы

1. В результате в районе исследований обнаружены 86 видов жуужелиц 28 родов 14 триб 9 подсемейств. Активно идет заселение рекультивированных отвалов Краснобродского угольного разреза, где отмечено 65 видов (75,6 % видового богатства жуужелиц района исследований).

2. В формировании населения жуужелиц ведущая роль принадлежит трибам Harpalini, Zabrinini, Pterostichini и Lebiini. Однако на отвалах угольного разреза отмечено меньшее число родов триб Bembidini, Sphodrini, Lebiini, а также видов, главным образом из триб Pterostichini, Bembidini и Harpalini.

Литература

1. Еремеева Н. И., Ефимов Д. А. Жуки-жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) естественных и урбанизированных территорий Кузнецкой котловины. Новосибирск: Наука, 2006. 107 с.
2. Середина В. П. Экологические аспекты биологической рекультивации почв техногенных экосистем Кузбасса // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2008. № 2. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-biologicheskoy-rekultivatsii-pochv-tehnogennyh-ekosistem-kuzbassa> (дата обращения: 01.06.2015).

Информация об авторах:

Еремеева Наталья Ивановна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии КемГУ, neremeeva@mail.ru.

Natalia I. Eremeeva – Doctor of Biology, Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Лузянин Сергей Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, bombuluz@ngs.ru.

Sergey L. Luzyanin – Candidate of Biology, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

3. Наибольшим числом видов характеризуются участки с наиболее стабильными условиями – 7 (луг в основании отвала) и 8 (контроль), а среди отвалов – участок 2 (15 лет, пологий).

4. На отвалах установлено обитание 19 оригинальных видов (от 1 до 10 на разных участках). Их наибольшее число (9 – 10) обнаружено на наиболее молодых участках рекультивации (участки 1 – 3), проявляющих наименьшую степень сходства по видовому составу жуужелиц с контрольной зоной.

5. По численному обилию выделяются трибы Harpalini, Pterostichini, Zabrinini, Lebiini и особенно Sphodrini, на представителей которой на отвалах приходится 39 % от общих сборов. На отвалах возрастает численное обилие всех указанных триб, кроме Pterostichini.

6. Массовыми в районе исследований являются 6 видов: *Poecilus versicolor* (Pterostichini), *Harpalus rubripes* (Harpalini), *Amara communis* (Zabrinini), *Notiophilus germinyi* (Notiophilini), и особенно многочисленные супердоминанты *Calathus erratus* и *Synuchus vivalis* (Sphodrini).

7. Динамическая плотность жуужелиц в среднем для района исследований составляет 6,23 экз./10 лов.-суток. Этот показатель выше (7,23 экз./10 лов.-суток) на участках со стабильными условиями среды и ниже на отвалах (5,90).

Приносим благодарность кандидату биологических наук, старшему научному сотруднику Р. Ю. Дудко (Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск) за помощь в определении видовой принадлежности собранных жуужелиц.

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

ИЗМЕНЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

А. С. Заушинцен

CHANGE IN CELLULASIC ACTIVITY OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF OIL POLLUTION

A. S. Zaushintsen

В работе исследована динамика целлюлазной активности постагрессивной серой лесной почвы. Предварительно она загрязнена отработкой минерального масла и дизельным топливом. Загрязнение почвы нефтепродуктами оказывает сильное давление нефтепродуктов на биоту почвы. После внесения углеводов существенно блокируется использование микробоценозами почвы азота нитратного, подвижного фосфора и калия обменного, что подтверждается снижением коэффициентов корреляции ($r = -0,44 - 0,52$) между содержанием данных макроэлементов и целлюлозолитической активностью. Выявлена также сильная зависимость целлюлазной активности от количества осадков и температуры воздуха ($r = 0,71 - 0,87$), особенно в годы с аномально неустойчивой погодой (2012 – 2013).

Soil pollution by oil products has serious influence on the soil biota. Pollution with hydrocarbons blocks the use of nitrate nitrogen, mobile phosphorus and exchange potassium by the soil microbial, as evidenced by a decrease in the correlation coefficient ($r = -0.44 - 0.52$) between the content of these macronutrients and cellulolytic activity. The study also revealed a strong dependence of the cellulosic activity on rainfall and temperature ($r = 0.71 - 0.87$), especially in years with abnormally unstable weather (2012 – 2013).

Ключевые слова: почва, целлюлазная активность, нитратный азот, дизельное топливо, минеральное масло.

Keywords: soil, cellulosic activity, nitrate nitrogen, diesel, mineral oil.

Почвы характеризуются не только составом и численностью разных групп биологических видов, но и их взаимодействием, суммарной и биохимической активностью. Это обусловлено наличием в почве определённого запаса (пула) ферментов, поступивших в качестве метаболитов в процессе жизненного цикла растений и микроорганизмов и аккумулированных почвой после разложения отмерших тканей и клеток. Другими словами, совокупность микробиологических и биохимических процессов в почве, связанных с жизнедеятельностью её фауны, микрофлоры и растений представляет собой её биологическую активность. Биологическая активность почв характеризует масштабы и направление процессов превращения вещества в природных экосистемах суши, интенсивность переработки органических остатков и разрушения минералов [3]. Среди различных биологических критериев оценки антропогенного влияния на почвы наиболее оперативными и перспективными являются показатели, дающие сведения о динамике важнейших ферментативных процессов в почве, например, о синтезе или разложении органического вещества микробоценозами [1; 7; 8].

Надёжным критерием оценки техногенного стресса является целлюлазная почвенная активность [4]. Это способность микроорганизмов разлагать наиболее распространенное в природе углеродное соединение – целлюлозу. Её в основном создают высшие растения, которые на 40 – 70 % состоят из клетчатки, а также многие грибы, представители класса *Oomycetes* и некоторые виды бактерий, например – *Acetobacter xylinum*. Разложение целлюлозы считается единственным большим по своим масштабам естественным деструкционным процессом, в котором задействованы в основном микроорганизмы, продуцирующие фермент целлюлазу, так как ни растения, ни животные не способны её разлагать.

Цель исследований: оценка влияния нефтепродуктов на целлюлазную активность почв. В процессе реализации поставленных задач необходимо было определить динамику целлюлазной активности и влияние макроэлементов её активность на фоне загрязнения почвы отработкой минерального масла и дизельного топлива.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов для исследования использована постагрессивная серая лесная почва, загрязненная отработкой минерального масла и дизельного топлива концентрациях 1 %, 5, 10 %. Целлюлозолитическую активность определяли с помощью бязевых аппликаторов на глубине 0 – 20 см [6].

Результаты исследований и обсуждение

В числе микроорганизмов, которые продуцируют фермент целлюлазу, могут быть некоторые грибы (*Trichoderma viride*, *Mirrothecium verrucaria*, виды из родов *Pennicilium*, *Aspergillus*), многие виды аэробных и анаэробных бактерий из родов *Clostridium*, *Pseudomonas* и другие. В почвах под луговой растительностью активно воздействуют на клетчатку и вызывают её мацерацию вибрионы *Celvibrio* [3]. Степень очистки почвы от нефти и нефтепродуктов зависит от того, – насколько активно происходит разложение органических веществ [5].

В результате загрязнения почвы отработкой минерального масла и дизельным топливом выявлено резкое подавление целлюлазной активности микробоценозов (2010 г.). Пик её активности сместился на сентябрь. Это обусловлено сочетанием двух факторов, – избытком влаги по сравнению со средней многолетней нормой и техногенным давлением внесённых в почву нефтепродуктов. Аналогичные результа-

ты получены в условиях загрязнения почвы дизельным топливом (соляркой).

В большинстве источников научной литературы отражено, что пик активности приходится на самое теплое время года и в период пополнения фонда органического материала растительным опадом [2]. В нашем эксперименте лишь в 2011 г. пик активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов наблюдался в июле и достигал 77,8 %. В остросушливом 2012 г. он сместился на октябрь (46,5 %), когда повысилась количество почвенной влаги и микробоценозы смогли активизироваться. Этому способствовала длительная теплая погода, хорошо прогретый воздух, когда сумма активных температур сложилась достаточно высокой.

Динамика работы целлюлозоразрушающих микроорганизмов показала, что в 2010 г. наблюдалась активизация этих процессов на фоне загрязнения от-

работкой минерального масла от 3,3 % до 16,3 % (рис. 1). При загрязнении дизельным топливом близкие к контрольному варианту показатели отмечены только на варианте с 1 % содержанием углеводов в почве. Приконцентрации загрязнителя 5 % и 10 % установлено резкое снижение активности микробоценозов (на 41,3 – 43,2 %). В 2012 г. на фоне жесткой засухи 2012 г. целлюлозолитическая активность на контрольном варианте была ниже предыдущих лет на 20,1 – 31,2 % ниже, чем в предыдущие годы. На фоне загрязнения отработкой минерального масла достигала 19,3 – 44,2 %, на фоне дизельного топлива, – не более 10 %. В 2013 г. отмечен практически продолжительный период активности – август и сентябрь (66,8 – 68,4 %). Это связано с сильным переувлажнением почвы в летние месяцы и отсутствием достаточной теплообеспеченности почв.

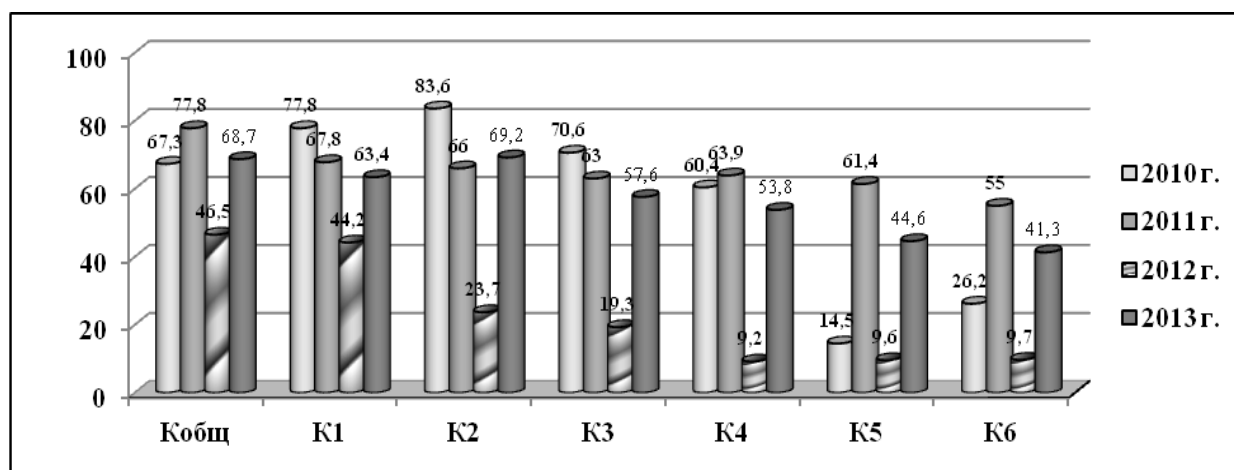


Рис. 1. Влияние нефтепродуктов на целлюлазную активность почвы, %

Примечание: *К общ. – контрольный вариант, не загрязненный нефтепродуктами (НП); K1 – K3 – варианты, загрязненные ММ в концентрациях 1 %, 5 %, 10 %; K4 – K6 – варианты, загрязненные ДТ в концентрациях 1 %, 5 %, 10 %.

Таблица 1

Зависимость целлюлазной активности от тепло- и влагообеспеченности

Корреляционные связи	Годы	Коэффициент корреляции ($r \pm Sr$)
Процент разложения льняного полотна – температура воздуха	2010	$0,83 \pm 0,19$
	2011	$0,87 \pm 0,25$
	2012	$0,71 \pm 0,22$
	2013	$0,55 \pm 0,18$
Процент разложения льняного полотна – количество осадков	2010	$0,70 \pm 0,19$
	2011	$0,86 \pm 0,21$
	2012	$0,66 \pm 0,16$
	2013	$0,54 \pm 0,16$

Результаты корреляционного анализа подтвердили, что целлюлазная активность сильно зависит от гидротермического режима (таблица 1). Наиболее благоприятными по температуре и количеству осадков он сложился в 2010 – 2011 гг. Коэффициенты корреляции между показателями разложения льняного полотна и названными метеофакторами оказались

самыми высокими (0,83 – 0,86) за весь период исследований (2010 – 2013 гг.).

В 2013 г. отмечен практически продолжительный период активности в августе и сентябре (66,8 – 68,4 %). Это связано с сильным переувлажнением почвы в летние месяцы (июнь, июль), прекращением к августу и отсутствием достаточной для развития микроорганизмов теплообеспеченности.

Для выяснения факторов, которые ограничивают активность ферментов, нами рассчитаны корреляционные связи между целлюлазной активностью и активностью макроэлементов в почве (азота, фосфора и

калия) и накоплением биомассы к концу вегетационного периода.

Установлено, что, несмотря на высокое содержание азота в почве, сразу после внесения углеводов существенно блокируется его активность (рис. 2).

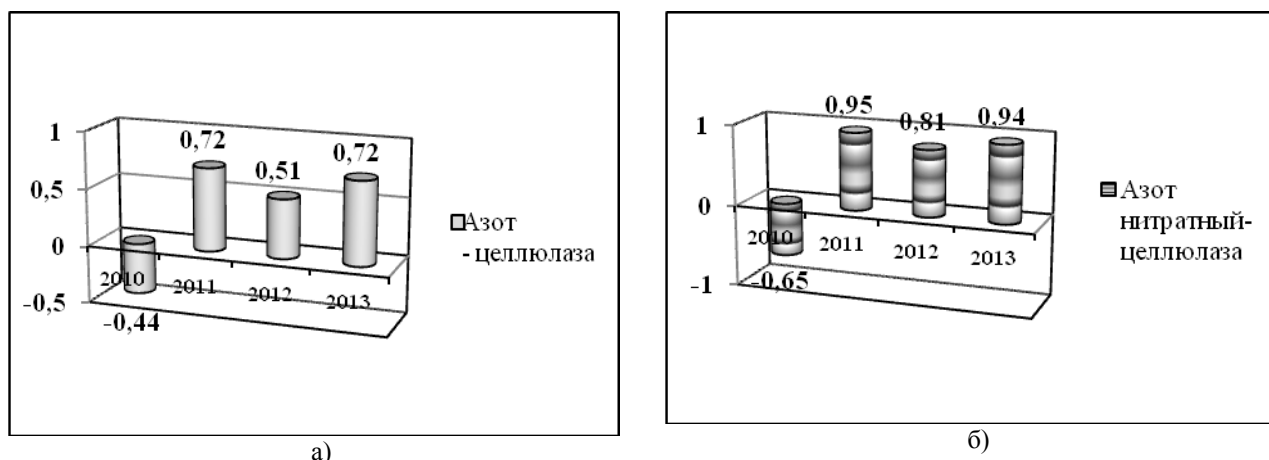


Рис. 2. Взаимовлияние азота нитратного и целлюлазной активности на фоне загрязнения почвы отработкой минерального масла (а) и дизельного топлива (б)

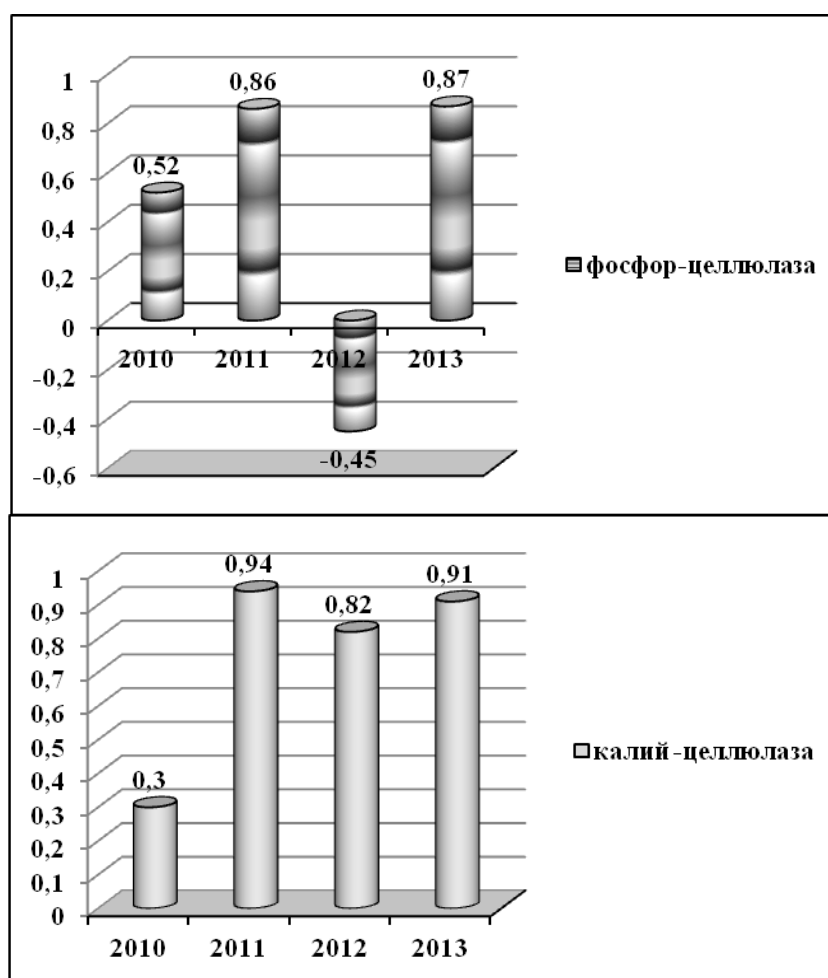


Рис. 3. Влияние подвижного фосфора и калия обменного на целлюлазную активность на фоне загрязнения почвы дизельным топливом

В последующие годы это взаимодействие становится высоко значимым ($r = 0,72 - 0,95$) и может несколько понижаться из-за недостатка влаги в почве (2012 г.), но сохранять положительную зависимость средней силы ($r = 0,51$). При изучении взаимодействия фосфора с ферментами целлюлазы выявлена четкая взаимосвязь только в условиях загрязнения почвы дизельным топливом (рис. 3). Эта связь средней силы после загрязнения и в отсутствие влаги с повышенной обеспеченностью среды теплом. Аналогично проявляется взаимодействие целлюлазы с калием обменным.

Наряду с этим большой вклад в активизацию целлюлазных ферментов вносит органика из растительного опада ($r = 0,72 - 0,97$). Её доля может варьировать по годам, как в 2011 и 2012, когда корреляционные связи несколько ослабели, но оставались положительными (рис. 4).

Это подтверждает уже известное правило, что микроорганизмы имеют гибкие механизмы регуляции

метаболизма, которые позволяют им быстро адаптироваться к меняющимся условиям окружающей среды, а ферментативная активность микробоценозов является одним из критериев оценки почвы, загрязненной поллютантами.

Заключение

Загрязнение почвы нефтепродуктами оказывает сильное давление нефтепродуктов на биоту почвы. После внесения углеводов существенно блокируется использование микробоценозами почвы азота нитратного, подвижного фосфора и калия обменного, что подтверждается снижением коэффициентов корреляции ($r = -0,44 - 0,52$) между содержанием данных макроэлементов и целлюлозолитической активностью. Выявлена также сильная зависимость целлюлазной активности от количества осадков и температуры воздуха ($r = 0,71 - 0,87$), особенно в годы с аномально неустойчивой погодой (2012 – 2013).

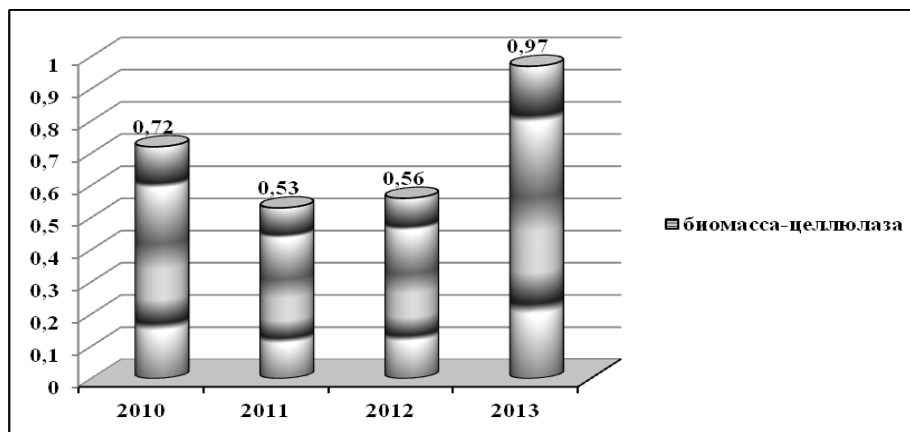


Рис. 4. Влияние органической биомассы растений на целлюлазную активность на фоне загрязнения почвы отработкой минерального масла

Литература

1. Аброян С. А. Изменение ферментативной активности почв под воздействием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. 1992. № 7. С. 70 – 82.
2. Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.
3. Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 292 – 293.
4. Гусаков А. В. Биокатализаторы на основе грибных целлюлаз: фундаментальные и прикладные аспекты: дис. ... д-ра хим. наук. М., 2007. 385 с
5. Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Мифтахова А. М. Влияние нефтяного загрязнения на целлюлазную активность почв // Почвоведение. 2000. № 6. С. 748 – 753.
6. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189 с.
7. Kampf P., Neef A., Schacht B. Mikrobiologische Charakterisierung von unterschiedlich landwirtschaftlich genutzten Boeden // Band. 1999. № 89. S. 305.
8. Klimanek E.-M. Einfluss organischer und mineralischer Duengung auf die mikrobielle Aktivitaet in Abhaengigkeit vom C-org Gehalt des Bodens im statischen "duengungsversuch" bad Lauchstaedt // Band 91. Heft 2. 1999. S. 646 – 650.

Информация об авторе:

Заушинцев Антон Сергеевич – соискатель кафедры зоологии и экологии КемГУ, alexaz58@yandex.ru.

Anton S. Zaushintsen – post-graduate student at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 574.472:599.363:599.323

МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ КАК ОБЪЕКТ БИОМОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Б. Ильяшенко, Е. М. Лучникова, Н. В. Скалон

SMALL MAMMALS AS THE OBJECT OF BIOMONITORING RESEARCH ON THE TERRITORY OF KEMEROVO REGION

V. B. Ilyashenko, E. M. Luchnikova, N. V. Skalon

В работе обобщен опыт изучения многолетней динамики сообществ мелких млекопитающих на территории Кемеровской области. Проведенные исследования показывают, что мелкие млекопитающие представляют собой модельный объект для проведения биомониторинга и являются хорошими индикаторами разнообразных сукцессионных процессов. Для проведения относительных учетов численности мелких млекопитающих был использован метод стандартных ловчих канавок. Установлено, что для мелких млекопитающих характерны циклические изменения численности с периодом в 3 – 4 года, охватывающие в разной степени все виды этой группы. В отдельные годы цикличность может нарушаться неординарными погодными условиями. В ходе многолетних исследований было установлено, что в структуре сообществ животных происходят существенные изменения. У млекопитающих они вызваны трансформацией мест обитания, и в первую очередь такими процессами, как лесовосстановление на вырубках и зарастание лугов. В результате в среднем течении Томи наблюдается устойчивое повышение доли видов лесных сообществ, их проникновение на луговые участки и повышение обилия влаголюбивых видов.

The study summarizes the experience of studying long-term dynamics of small mammals' communities on the territory of Kemerovo region. The studies show that small mammals are models for conducting biomonitoring and are good indicators of a variety of successional processes. To conduct relative abundance surveys of small mammals the standard method of trapping grooves was used. The study revealed that small mammals are characterized by cyclical changes in number with a period of 3 – 4 years, which is true to a different degree for all species of this group. In some years, the cycle can be disrupted by extraordinary weather conditions. In the course of many years of research it was found that the structure of animal communities is changing. In mammals the changes are caused by the transformation of habitats, and, in the first instance, processes such as reforestation of clearings and overgrowing of meadows. As a result, the study area has seen a steady increase in the proportion of forest communities species, their penetration into the meadows, and increase in the abundance of hygrophilous species.

Ключевые слова: биомониторинг, грызуны, насекомоядные, динамика численности, сукцессия.

Keywords: biomonitoring, rodents, insectivores, population dynamics, succession.

Для мониторинга состояния окружающей среды как на антропогенно нарушенных, так и на ненарушенных территориях используют относительные учёты мелких млекопитающих, проводимые по единой общепринятой методике и получившие всеобщее признание специалистов.

В эколого-фаунистических исследованиях мелкие млекопитающие являются одним из основных объектов изучения, в особенностях видовой структуры сообществ которых наглядно отражается вся специфика условий обитания в конкретных регионах. Мелкие млекопитающие составляют основу териофауны любой местности, а число видов, структура и пространственная неоднородность их сообществ являются теми «маркерами», которые позволяют оценить экологические особенности и текущего состояния территорий зоологическими методами, в том числе и эффектов антропогенного воздействия разной длительности и интенсивности на природные комплексы.

Мелкие млекопитающие встречаются в самых разных местообитаниях, в числе первых заселяют нарушенные земли.

Их характерными биолого-экологическими особенностями являются:

– короткая продолжительность жизненного цикла (не более 1 – 1,5 лет); сложная половозрастная струк-

тура популяции, включающая зверьков разного возраста, относящихся к разным поколениям и генерациям;

– высокая плодовитость, до 10 – 12 детёнышей в помете, сочетается с 2 – 4-кратным размножением;

– наличие хорошо выраженных колебаний (волн) численности видовых популяций в течение года или нескольких лет, создающих сложную картину сезонной и многолетней динамики численности с резкими и быстрыми ее изменениями от минимума к максимуму;

– способность заселять практически любые места обитания.

В наземных экологических системах разного ранга мелкие млекопитающие являются одними из основных потребителей растений и беспозвоночных, и в то же время сами служат основой в рационе мелких и крупных хищных промысловых зверей и птиц. Такие функциональные особенности определяют практическую значимость мелких млекопитающих в организации охотничьего хозяйства, охране ряда редких и исчезающих видов птиц и зверей, в эпидемиологии и сельском хозяйстве [1]. В частности, их численность и видовое разнообразие является одним из важных критериев, которые учитываются при бонитировке всех категорий охотничьих угодий по большинству из

ценных видов кунных, а также выработке краткосрочных прогнозов численности большого спектра видов охотничьих животных. Для ряда охраняемых в Кемеровской области дневных и ночных хищных птиц в местах их постоянного обитания или гнездования мелкие млекопитающие являются основой кормовой базой, а отсутствие достаточных их запасов является основным лимитирующим фактором, не позволяющим повысить эффективность природоохранных мер. Все виды мелких млекопитающих являются прокормителями преимагинальных фаз таежного клеща и тем самым являются наиважнейшим звеном в поддержании природных очагов таких распространенных трансмиссивных инфекций, как клещевой энцефалит, боррелиоз, туляремия и клещевая лихорадка.

Исходя из этого, наблюдения за популяциями мелких млекопитающих на постоянной основе (мониторинг) являются важнейшими элементами системы управления региональным природопользованием и охраны здоровья населения. Такая деятельность ведется в ряде регионов Уральского и Сибирского федеральных округов. В Тюменской области под эгидой областного комитета охраны окружающей среды в рамках создания территориальной системы экологического мониторинга в 1996 – 1998 гг. были разработаны методические основы использования мелких млекопитающих в мониторинге состояния среды в местах нефтедобычи [2].

В Кемеровской области постоянный мониторинг мелких млекопитающих ведется с 1977 г., а его возникновение и развитие связано с работами по созданию Крапивинского гидроузла и необходимостью проведения комплекса научно-исследовательских работ по оценке и прогнозу состояния природно-территориальных комплексов, попадающих в зону влияния гидроузла, а также наблюдений за развитием восстановления вырубок пойменно-долинных лесов.

Выбор точки для мониторинговых исследований является важнейшим звеном научного исследования. Основными критериями выбора являются типичность исследуемых мест обитания, доступность и возможность проведения долговременных наблюдений и учетов. Для Кемеровской области такой точкой мониторинга стал стационар Кемеровского государственного университета «Ажандарово», расположенный почти в географическом центре области. Стационар расположен в Крапивинском районе, на берегу р. Томь на месте бывшей деревни Ажандарово, на территории Бунгарапско-Ажандаровского заказника. Первые исследования фауны и флоры были начаты здесь в 1975 г., с 1978 г. ведутся постоянные мониторинговые исследования.

Стационар располагается на стыке двух обширных геоморфологических провинций – равнинных пространств Западно-Сибирской низменности и горных сооружений Алтае-Саянской системы, что рас-

ширяет спектр мест обитания животных, от степных участков до черневой тайги. Такое удачное месторасположение позволяет экстраполировать полученные на стационаре данные на значительные территории области.

Для проведения мониторинговых исследований состояния окружающей среды нами были использованы стандартные методы относительных учетов мелких млекопитающих, проводимые по единой общепринятой методике и получившие всеобщее признание специалистов [3].

В целях изучения фауны мелких млекопитающих была развернута сеть стандартных 50-метровых канавок с 5-ю ловчими цилиндрами в луговой и таежной зонах, на вырубках и экотонных участках.

Население мелких млекопитающих в окрестностях биологического стационара КемГУ «Ажандарово» состоит из 21 вида (таблица). В совокупности население мелких млекопитающих района исследования относится к эколого-фаунистическому комплексу млекопитающих, обитающих в горно-таежных темнохвойных лесах, который доминирует в Кузнецком Алатау и его отрогах. Отличается от населения прилегающих лесостепных и степных территорий в первую очередь богатством видов, сочетанием различных по эколого-топологическим требованиям видов (лесных, лесо-луговых, луговых, эвритопных, околотовных и др.) и своеобразием иерархической структуры сообщества в целом, и биотопических группировок, в частности.

К лесным видам сообщества относятся равнозубая и средняя бурозубки, лесная мышовка и восточноазиатская мышь, пашенная и красно-серая полевки; к луговым – тундряная бурозубка и полевая мышь, водяная, узкочерепная и обыкновенная полевки; к лесолуговым – плоскочерепная, малая и крошечная бурозубки, сибирская белозубка, мышь-малютка, рыжая полевка; к эвритопным – обыкновенная бурозубка и красная полевка; к околотовным – кутора обыкновенная и водяная полевка.

По иерархической структуре сообщество мелких млекопитающих относится к полидоминантному, в составе которого стабильно выделяются ряд видов-доминантов, характеризующихся из года в год наибольшей численностью.

Среди мелких насекомоядных доминирует обыкновенная бурозубка, а в качестве содоминанта (второго по обилию вида) выступает равнозубая бурозубка (рис. 1). Среди второстепенных видов стабильно преобладают средняя и малая бурозубки, обыкновенная кутора. Сибирская белозубка, плоскочерепная, тундряная и крошечная бурозубки довольно немногочисленны, причем последние два вида в отдельные годы могут регистрироваться в учетах единично или отсутствовать вовсе.

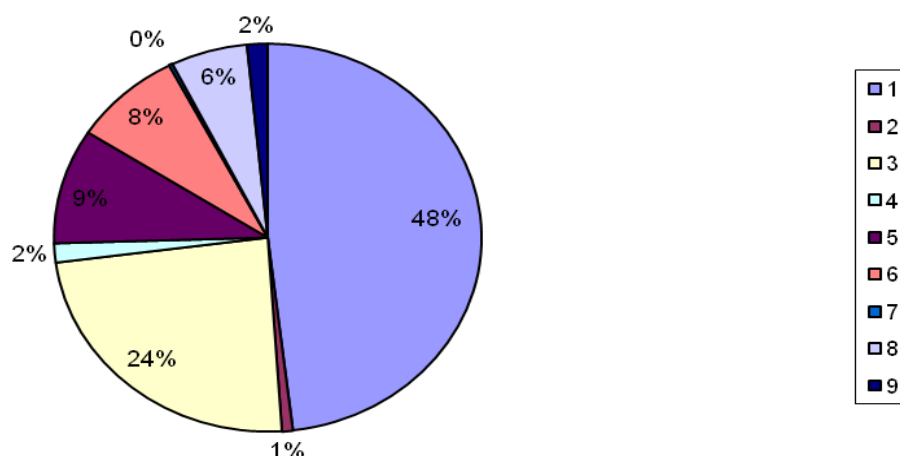


Рис. 1. Структура доминирования сообщества насекомоядных млекопитающих

Условные обозначения: 1 – обыкновенная бурозубка, 2 – тундрная бурозубка, 3 – равнозубая бурозубка, 4 – плоскочерепная бурозубка, 5 – средняя бурозубка, 6 – малая бурозубка, 7 – крошечная бурозубка, 8 – обыкновенная кутора, 9 – сибирская белозубка.

Среди мышевидных грызунов довольно постоянно доминирование полевки-экономки (рис. 2).

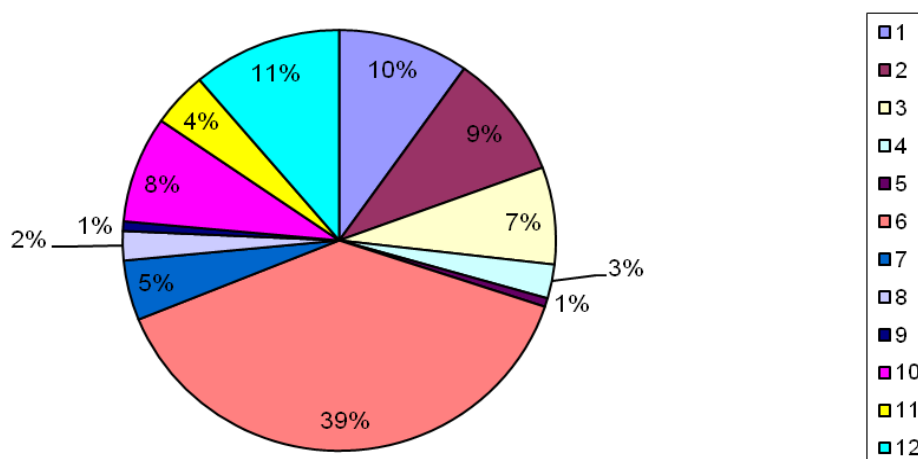


Рис. 2. Структура доминирования в сообществе грызунов

Условные обозначения: 1 – лесная мышовка, 2 – полевая мышь, 3 – восточно-азиатская мышь, 4 – мышь-малютка, 5 – водяная полевка, 6 – полевка-экономка, 7 – обыкновенная полевка, 8 – пашенная полевка, 9 – узкочерепная полевка, 10 – красная полевка, 11 – красно-серая полевка, 12 – рыжая полевка.

Четко выраженного содоминанта, как у насекомоядных млекопитающих, не имеется. Чаще всего вторыми по обилию видами являются лесная мышовка, восточноазиатская и полевая мыши, красная и рыжая полевки в различном по обилию сочетании. Остальные виды достаточно немногочисленны, и их доля среди мышевидных грызунов редко превышает 5 %. Во многом это связано с дефицитом пригодных мест обитания и особенностями биологии. Так, водяная полевка в горно-таежных территориях распространена спорадично по долинам крупных рек, где имеются пойменные луга. Для узкочерепной полевки необходимы сухие остепненные пространства, где она может создать компактные поселения-колонии, которые практически отсутствуют в окрестностях стационара «Ажандарово». Красно-серая полевка в Кузнецком Алатау довольно многочисленна в условиях ненарушенной темнохвойной горной тайги.

Пространственно-биотопическая структура сообщества отражает степень концентрации тех или иных

видов в определенных категориях мест обитания (биотопах). Как правило, в местах обитания, характеризующиеся оптимальными кормовыми и гнездопригодными условиями, у конкретного вида или группы видов численность стабильно выше, чем в других биотопах. В зависимости от экологических требований к местам обитания виды распределяются по различным участкам ландшафтов. Пространственно-биотопическая структура населения довольно стабильна, а ее трансформация и/или нарушение возникает в случае развития длительных сукцессий различного генезиса (лесовосстановление на вырубках или гарях, возрастные изменения лесов, зарастание лугов или пустошей, и т. п.) или при кратковременных погодноклиматических воздействиях, неблагоприятных для какой-либо группы животных в конкретных местах обитания.

В окрестностях стационара «Ажандарово» заметные изменения в размещении животных по биотопам наблюдались в период проведения сплошных рубок

пойменно-долинных лесов при подготовке ложа Крапивинского гидроузла в 1978 – 1986 гг., что привело к формированию мозаики открытых, зарастающих лесом и нетронутых рубками лесных участков. Повсеместно наблюдается закустаривание лугов, прилегающих к лесам или вырубкам с образованием широкой полосы экотонов. Одновременно с этим, по мере зарастания вырубок лиственно-хвойным молодняком и изменения гидрорежима отдельных участков надпойменных террас, произошло перераспределение видов мелких млекопитающих по вторичным лесам на местах вырубок, пустошам и пограничным к ним лесам, не затронутым рубками. В настоящее время наблюдается стабилизация пространственной структуры сообщества, а её изменения кратковременны и связаны с внутривидовыми процессами или особенностями погодных условий в некоторые годы, вызывающие усиление миграций зверьков отдельных видов и проникновения их в несвойственные места обитания.

В последние 10 лет пространственно-биотопическая структура населения мелких млекопитающих

имеет следующие черты (таблица). Средневозрастные (25 – 35-летние) вырубки в целом являются наименее предпочитаемыми большинством видов участками обитания. Относительно других биотопов у многих мелких млекопитающих в среднем численность здесь наименьшая.

На лугах концентрируются виды, которые по всему ареалу тяготеют к открытым местообитаниям: тундряная бурозубка, полевая мышь, мышь-малютка, обыкновенная и узкочерепная полевка. Водяная полевка тяготеет к экотонным участкам, особенно если вблизи имеются переувлажненные луга или леса с развитым травостоем. Эти малочисленные виды только здесь достигают относительно высокого обилия, и лишь единичные особи могут проникать в другие биотопы. В смешанных разных по составу лесах, а также в черневой тайге четко локализируются равнозубая, средняя и крошечная бурозубки, восточноазиатская мышь, красная и красно-серая полевки. Здесь они образуют основу населения. Эти виды осваивают и прилегающие к лесам полосы экотонов, но массово не проникают глубоко в луговые станции.

Таблица

Усредненные показатели обилия мелких млекопитающих за 2004 – 2014 гг. по основным группам мест обитания в окрестностях стационара «Ажандарово»

<i>Показатель</i>	<i>Средняя многолетняя численность видов, в ос. 100 ц. с.</i>				<i>Средняя многолетняя доля видов, в %</i>			
	<i>луга</i>	<i>вырубки</i>	<i>экотоны</i>	<i>леса</i>	<i>луга</i>	<i>вырубки</i>	<i>экотоны</i>	<i>леса</i>
Насекомоядные млекопитающие								
Обыкновенная бурозубка	14,2	11,66	14,98	10,5	57,5	49,18	48,92	34,6
Тундряная бурозубка	0,47	0,13	0,16	0,11	1,91	0,54	0,52	0,36
Равнозубая бурозубка	4,54	4,94	7,51	11,04	18,4	20,83	24,53	36,34
Плоскочерепная бурозубка	0,32	0,39	0,7	0,25	1,29	1,66	2,28	0,83
Средняя бурозубка	1,17	2,4	2,4	4,56	4,73	10,13	7,85	15,02
Малая бурозубка	2,33	2,1	2,37	2,14	9,43	8,87	7,75	7,03
Крошечная бурозубка	0,02	0	0,06	0,3	0,09	0	0,18	0,99
Кутора обыкновенная	1,21	1,73	1,91	1,11	4,91	7,28	6,23	3,66
Сибирская белозубка	0,43	0,36	0,53	0,35	1,75	1,51	1,74	1,17
Всего	24,7	23,7	30,6	30,36	100	100	100	100
Мышевидные грызуны								
Лесная мышовка	2,26	1,59	2,38	1,86	9,21	11,29	10,48	12,9
Мышь полевая	2,32	0,8	1,07	0,15	9,46	5,69	4,69	1,02
Мышь восточноазиатская	0,84	0,91	1,84	1,46	3,42	6,5	8,08	10,12
Мышь-малютка	0,85	0,34	0,49	0,34	3,48	2,4	2,14	2,34
Водяная полевка	0,05	0,09	0,29	0	0,18	0,65	1,26	0
Полевка-экономка	11,5	5,73	10,81	4,15	46,9	40,73	47,63	28,71
Полевка обыкновенная	1,76	0,82	0,85	0,52	7,2	5,84	3,73	3,6
Пашенная полевка	0,68	0,28	0,53	0,34	2,78	1,97	2,35	2,32
Узкочерепная полевка	0,43	0,06	0,08	0,05	1,77	0,4	0,34	0,36
Красная полевка	0,8	1,23	1,82	2,6	3,28	8,75	8,03	17,96
Красно-серая полевка	0,51	0,55	0,7	1,83	2,07	3,92	3,08	12,66
Рыжая полевка	2,5	1,67	1,86	1,16	10,2	11,86	8,19	8,01
Всего	24,5	14,1	22,7	14,46	100	100	100	100

Более равномерно распределены остальные виды. Чаще всего они осваивают весь спектр луговых станций, могут концентрироваться на опушках или закустаренных участках лугов или экотонах, довольно

охотно заселяют зарастающие вырубки, смешанные леса и таежные массивы. Особенно это характерно для двух доминантов – обыкновенной бурозубки и полевки-экономки.

В ходе исследования динамики численности мы рассматриваем достаточно продолжительный период – с 1978 по 2014 гг., что позволяет выделять в динамике численности мелких млекопитающих популяционные циклы, продолжительностью в 3 – 4 года. Эти циклы наиболее чётко прослеживаются в периоды стабильных климатических условий, а именно в промежутки времени с 1978 по 1993 гг. В годы, отличающиеся нетипичными погодными условиями

(1999 – 2003 гг.), наблюдается нарушение цикличности, которая вновь стабилизировалась только в период с 2004 г. по 2010 г.

Однако если ранее численность насекомоядных млекопитающих и грызунов колебалась сопряженно, то 2009 – 2011 гг. она характеризовалась рассогласованными и даже противофазными колебаниями (рис. 3).

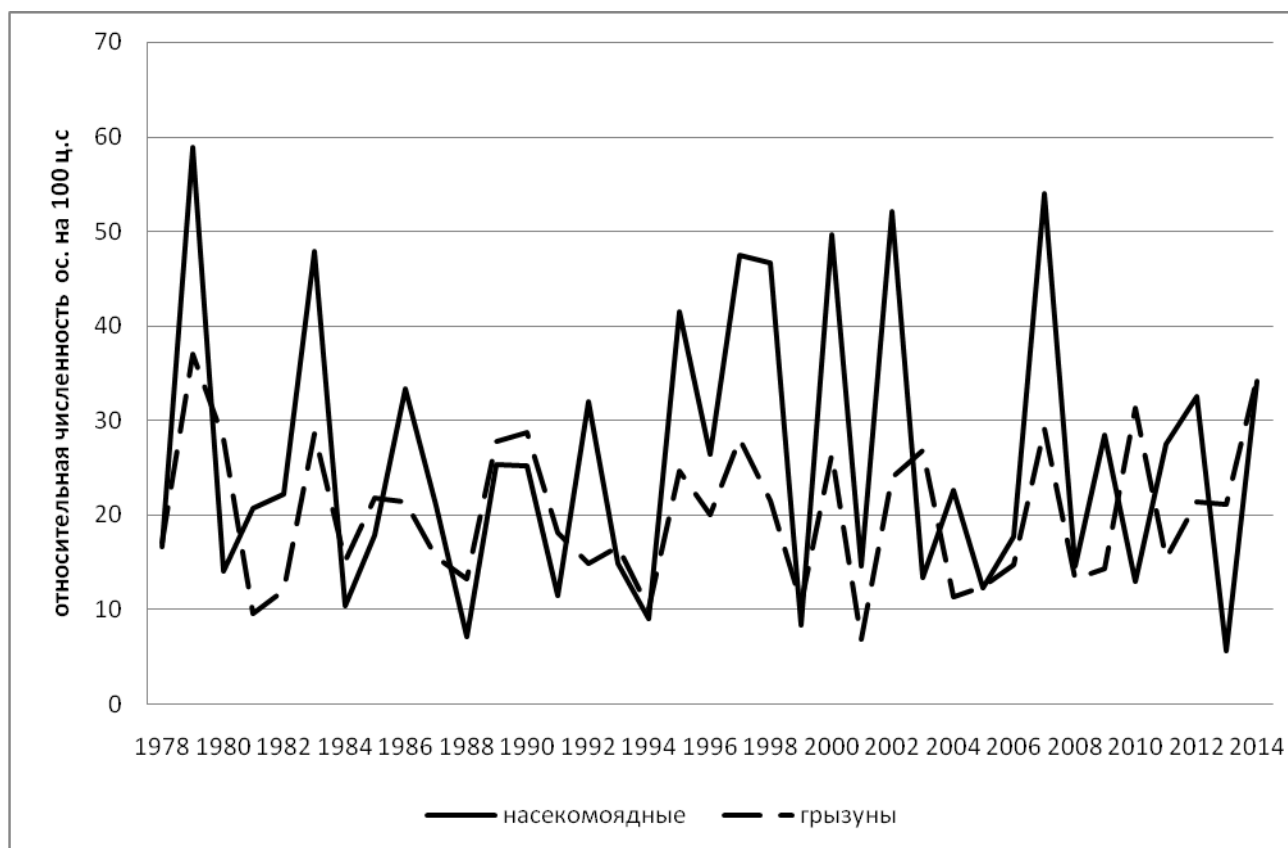


Рис. 3. Многолетняя динамика численности грызунов и насекомоядных в основных биотопах района исследования за 1978 – 2014 гг.

Значительно большее влияние, чем климатические аномалии на изменение структуры доминирования оказывает трансформация самих мест обитания. Восстановление вырубок на месте черневой тайги приводит к постепенному увеличению доли видов таёжного комплекса насекомоядных млекопитающих, таких как равнозубая и средняя бурозубки, и снижению доли обыкновенной и малой бурозубок, в большей степени тяготеющих к открытым пространствам.

Такая тенденция отмечалась вплоть до 2013 г., когда глубочайшая депрессия численности постигла именно таёжное население. По нашему мнению, причиной депрессии является катастрофическое снижение численности перезимовавших зверьков (размножающейся части популяции), вызванное комплексом неблагоприятных условий предыдущих лет. В 2014 г. наблюдался на протяжении всего сезона подъем численностей, проходивший в 2 волны, причем первая волна была связана с подъемом численности насекомоядных, а вторая (осенняя) – грызунов.

На лугах увеличение высоты травостоя, закочкавание и закустаривание лугов ведёт к уменьшению численности видов открытых пространств (обыкновенная, малая, тундряная, плоскочерепная бурозубки), что в предыдущие годы компенсировалось проникновением лесных видов, причём не только равнозубой, но и средней бурозубки. Продолжается рост численности водяной полёвки, которая ранее отлавливалась единично, а в отдельные годы и вовсе отсутствовала в отловах. Её среднее многолетняя доля в общих уловах составляет 0,87 %, тогда как в 2012 г. – 2,7 %, а в 2013 г. – 3,33 %, в 2014 г. она вошла в группу субдоминантов, а в 2015 г. – в группу доминирующих видов.

Процессы трансформации местообитаний также приводят к снижению численности узкочерепной полёвки, предпочитающей сухие остепненные луга, где она образует небольшие колонии. Так, в 2012 г. её доля в отловах была почти вдвое ниже среднее многолетней, а 2013 – 2014 она была представлена единичными экземплярами.

В отличие от серых полёвок, лесные менее дифференцированы по местам обитания и населяют леса различных типов. Обитая в закрытых биотопах, лесные полёвки менее подвержены влиянию климатических факторов, вследствие чего динамика их численности имеет более выровненный характер. Тем не менее прослеживается тенденция к увеличению доли красной и красно-серой полевых, в черневой тайге эта группа видов сохраняет уровень относительной численности, сопоставимый с полевой-экономкой.

Заключение

В результате исследований было установлено, что для мелких млекопитающих характерны циклические изменения численности с периодом в 3 – 4 года, охватывающие в разной степени все виды этой группы. В отдельные годы цикличность может нарушаться неординарными погодными условиями.

Сопоставление результатов мониторинга окрестностей стационара КемГУ «Ажандарово» с данными соседних регионов показало, что циклические колебания численности мелких млекопитающих, выявленные на стационаре «Ажандарово», по времени

пиков и депрессий хорошо согласуются с данными, полученными на других точках мониторинга (г. Новосибирск, Телецкое озеро и др.). Таким образом, основные тенденции изменения численности непромысловых видов фауны Кемеровской области, установленные в окрестностях стационара «Ажандарово», могут быть экстраполированы на всю долину р. Томь.

В ходе многолетних исследований было установлено, что в структуре сообществ животных происходят существенные изменения. У млекопитающих они вызваны трансформацией мест обитания, и в первую очередь такими процессами, как лесовосстановление на вырубках и зарастание лугов. В результате в среднем течении Томи наблюдается устойчивое повышение доли видов лесных сообществ, их проникновение на луговые участки, и повышение обилия влаголюбивых видов.

Таким образом, при проведении мониторинговых исследований с использованием мелких млекопитающих следует учитывать, что их общая численность определяется фазой популяционных циклов фоновых видов, состоянием мест обитания животных и погодными условиями.

Литература

1. Природные ресурсы России: территориальная локализация, экономические оценки. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 459 с.
2. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга на примере Тюменской области. Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2000. 219 с.
3. Наумов Н. П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. 1955. Т. 9. С. 179 – 202.

Информация об авторах:

Ильяшенко Вадим Борисович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, bios@kemsu.ru.

Vadim B. Ilyashenko – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Лучникова Екатерина Михайловна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, lut@yandex.ru.

Ekaterina. M. Luchnikova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Скалон Николай Васильевич – доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и экологии КемГУ, bios@kemsu.ru.

Nikolay V. Skalon – Doctor of Pedagogics, Professor, Head of the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 574.3

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TILIA SIBIRICA* BAYER, 1862 В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. Н. Ковригина, Н. Г. Романова, И. В. Тарасова, А. В. Филиппова

THE CONDITION OF COENOTIC POPULATIONS OF *TILIA SIBIRICA* BAYER, 1862 IN KEMEROVO REGION

L. N. Kovrigina, N. G. Romanova, I. V. Tarasova, A. V. Filippova

Мониторинговые исследования популяций редких видов необходимы для оценки динамики их состояния и разработки мер по сохранению биоразнообразия. Цель данной работы – оценить состояние ценопопуляций *Tilia sibirica* Bayer, произрастающей в ядре своего ареала. Местонахождения ценопопуляций фиксировали географическими координатами с дополнительной привязкой к ближайшему населенному пункту. Для характеристики местообитаний проводили типичные геоботанические описания с указанием структуры и видового состава фитоценоза. При изучении насаждений *T. sibirica* определяли площадь ценопопуляций, возрастное состояние деревьев и их жизнеспособность (витаитет) на пробных площадках размером 100 м², закладываемых методом конверта. Обнаружены спиленные виргинильные деревья. На территории, занимаемой липой сибирской, встречаются ценопопуляции различного жизненного состояния – равновесные, процветающие и депрессивные. Это дает основания полагать, что в случае принятия надлежащих мер (проведение санитарных рубок, рациональное использование древесины, полученной при рубках ухода) возможно поддержание и повышение численности и качества состояния популяции липы.

Monitoring researches of populations of rare species are necessary for assessing the dynamics of their state and developing the measures for preservation of biodiversity. The purpose of this work is to estimate the condition of coenotic population of *Tilia sibirica* Bayer growing in the kernel of its areal. Locations of coenotic population were recorded by geographical coordinates with an additional binding to the next settlement. For the characteristics of habitats, typical geobotanical descriptions with the indication of structure and species composition of the phytocoenosis were performed. When studying landings of *T. sibirica*, the area of coenotic population, the age of trees and their vitality on the trial platforms of 100 sq. m. chosen by envelope method were determined. Cut virginile trees were found. In the territory occupied by the Siberian linden coenotic populations of various vital states (equilibrium, prospering and depressive) were discovered. It gives a reason to make the assumption that in case of taking appropriate measures (sanitary cutting down of trees, rational use of the wood received at cutting down of trees) preserving and increasing the number and quality of the condition of linden population is possible.

Ключевые слова: липа сибирская, ценопопуляция, витаитет, жизненное состояние, охрана растений.

Keywords: Siberian linden, coenotic population, vitality, vital state, protection of plants.

Tilia sibirica Bayer – липа сибирская – имеет дизъюнктивный ареал, произрастает на юге Западной Сибири в Кузнецком Алатау и на Салаире. Наиболее крупный ее массив Липовый остров расположен в Горной Шории, на юге Кемеровской области. За пределами Кемеровской области вид отмечен в Тюменской, Курганской, Омской областях [9], Томской, Новосибирской областях, в Алтайском крае [11]. Вид занесен в Красную книгу Кемеровской области (редкий) и Алтайского края (уязвимый).

Лимитирующими факторами для развития исследуемого вида являются:

1) *Tilia sibirica* – узкоареальный эндемик, имеющий узкую экологическую приуроченность, связанный со специфическими условиями произрастания. Расширение ареала вида ограничивается неблагоприятными почвенно-климатическими условиями и конкуренцией с другими древесными породами [11];

2) отсутствие семенного возобновления. Это явление отмечают все исследователи феномена липы сибирской. На 1 м² насчитывается до 15 всходов липы, но они практически все повреждались грибами и грызунами [2; 10].;

3) хищническая рубка [5]. Нами также были обнаружены спиленные деревья подроста;

4) наличие предприятий угледобычи в непосредственной близости от липового острова;

5) поражение грибными инфекциями, которые отмечаются периодически [2; 10].

В литературе подробно описаны распространение *Tilia sibirica* Bayer [2; 7; 9 – 11], ее морфология [10], биология [2; 8; 10; 11], онтогенез [8; 10; 11] и экология [6]. При этом отсутствуют данные по жизненному состоянию деревьев и ценопопуляций липы сибирской.

В данной статье приводятся результаты оценки состояния ценопопуляций *Tilia sibirica* Bayer, произрастающей на территории федерального природно-исторического памятника природы «Кузнецовский липовый остров».

Материалы и методы

Липа сибирская – дерево первой величины с хорошо развитой кроной, особенно у деревьев, растущих на открытых местах и опушках леса. Под пологом хвойных и лиственных пород может образовывать второй ярус или даже приобретать кустарниковую форму. В корневой системе развиваются стержневая и придаточные корни, основная их масса расположена в слое почвы 70 – 100 см. Кора на стволах темная и гладкая в молодости, с возрастом становится трещиноватой. Листья часто неравнобокие, особенно к основанию пластинки. Верхняя сторона листа темно-зеленая, снизу более светлая. Край листа крупнозубчатый. Почка яйцевидной формы, темно-бурого

цвета. Соцветие 4 – 7-цветковое. Завязь плотно опушена волосками. Плод коробчатый шаровидный или слегка удлинённый, коричневый с продольными слабозаметными ребрышками, длина его 6,5 мм и ширина 4,5 мм, с 1 – 2 (3) семенами, у которых всхожесть сохраняется 4 – 6 лет. Число хромосом $2n = 82$ [10].

Вегетация липы сибирской начинается в середине мая. Одновременно с распусканием листьев идет рост побегов, продолжающийся около 30 дней. Возможен повторный рост побегов. Закладка цветочных почек происходит в мае, когда почки набухают. Развитие генеративных органов продолжается до 60 дней и зависит от температуры воздуха в этот период. Цветение в среднем приходится на 18 июля. Продолжительность цветения 7 – 18 дней. Начало плодоношения липы тесно связано с освещенностью кроны. На открытых местах оно наступает в возрасте 7 – 15 лет, а в насаждении – с 25 лет и старше. При произрастании во втором ярусе, когда липа угнетена, плодоношение у нее может не наступить [11].

Липа сибирская размножается семенами и вегетативно. Все исследователи однозначно отмечают, что семенами липа сибирская размножается крайне плохо, и это обусловлено биотическими и абиотическими факторами среды [2; 10]. Отсутствие семенного возобновления компенсируется высокой энергией вегетативного размножения: она образует поросль от пня и отводки за счет спящих почек, которые возникают на побегах и могут быть надземными и подземными (ксилоризомы). При этом биоморфологические параметры растений вегетативного и семенного происхождения примерно одинаковы для одной возрастной группы [8; 10].

Плоды липы сибирской созревают в конце сентября – начале октября. Проростки могут образоваться в первый или на второй год после созревания плодов. Появившиеся всходы страдают от прямых солнечных лучей и нуждаются в затенении.

Ювенильные растения имеют одноосный побег, листья удлинённо яйцевидной формы, на годичном побеге образуется обычно 1 – 3 листа. Этот период длится 5 – 7 лет, в неблагоприятных условиях – дольше. Иматурное возрастное состояние диагностируется появлением боковых побегов. Виргинильные растения – деревца с удлинённо-пирамидальными узкими кронами. Листья взрослого типа, округло-яйцевидные. Молодые генеративные особи – деревья с остропирамидальной кроной. Цветение и плодоношение не обильное. Средневозрастные генеративные особи имеют более раскидистую крону, форма листа широкояйцевидная. Плодоношение обильное, с выраженной периодичностью. У старых генеративных растений крона широко пирамидальная, максимальная ширина находится на уровне нижней трети кроны. В верхней половине кроны вместо одного ствола выделяются 3 – 4 равновеликих «стволов». Почти все деревья липы повреждены сердцевинной гнилью. С возрастом у липы увеличивается число пустозерных плодов. Сенильные особи, прошедшие этап генеративного развития (полный онтогенез), не плодоносят, имеют усохшую или сломенную верхушку, низко расположенную живую часть кроны, листья полувзрослого типа [8; 10].

Общая продолжительность жизни липы сибирской составляет 250 – 300 лет. В первые годы жизни (5 – 10 лет) сеянцы растут медленно, затем наблюдается одинаковый ритм роста до 15 лет. Наибольший прирост в высоту приходится на 20 – 40 лет, кульминация роста наступает в 50 – 70-летнем возрасте. Рост деревьев в толщину в первые 10 – 15 лет также замедлен. Наибольший темп роста сохраняется до 30 лет, далее идет интенсивное накопление массы и в возрасте 90 лет происходит кульминация прироста [11].

T. sibirica – мезофит. Требовательна к теплу, особенно в период вегетации, которая наступает при активной температуре более 10°C. Морозостойкая [10]. Исследование температурных условий приземного слоя и верхнего слоя почвы показало, что значения зимних температур (около 0°C) на уровне формирования вегетативных органов размножения позволяют липе переживать неблагоприятный период года [6]. В молодости ее всходы и сеянцы нуждаются в затенении, с возрастом требовательность к свету повышается. По отношению к богатству и влажности почвы липа требовательна. Липа сибирская неустойчива к сернистому газу и аммиаку. Зоофильное, зоохорное растение. Вредители: гусеницы разных видов бабочек, растительный клещик, тли, жуки-дровосеки, болезнетворные грибы [10].

В конце июля 2014 г. были обследованы 3 ценопопуляции (ЦП) липы сибирской в Новокузнецком районе Кемеровской области. Местонахождения ценопопуляций определяли с помощью навигатора Garmin eTrex 10 GPS (координатная система WGS-84) с точностью до тысячной доли минуты, с дополнительной привязкой к ближайшему населенному пункту. Для характеристики местообитаний проводили типичные геоботанические описания с указанием структуры и видового состава фитоценоза. При изучении посадок *Tilia sibirica* определяли площадь ценопопуляций с помощью GPS-навигатора, возрастное состояние деревьев [8; 10; 11] и их жизнеспособность (витацитет) [4] – на пробных площадках размером 100 м², заложенных конвертом. В условиях антропогенного воздействия более динамичным популяционными показателем является жизненное состояние особей, а возрастной спектр сохраняет характерные для вида черты на первых этапах воздействия. Интенсивная антропогенная нагрузка может привести к резкому изменению возрастной и пространственной структуры ценопопуляции, что свидетельствует о ее критическом состоянии [4; 12 – 14].

Результаты и обсуждение

ЦП1. Местонахождение: 53°22.291' с. ш., 87°18.264' в. д.; высота н. у. м. 466 м. Северная граница «Липового острова». Площадь участка – 1000 м².

Сильно разреженный смешанный лес, в его составе: береза бородавчатая, пихта, липа, осина. Формула древостоя: 3БЗЛ301П. Береза и пихта – старые деревья, максимальная толщина пихты – 2,11 м в обхвате, березы – 2,70 м. Липа разновозрастная, ствол от 2,5 см до 154 см в обхвате. Высота деревьев 20 – 22 м. Сомкнутость крон от 0 до 0,5. В подлеске (тоже разреженном) рябина, черемуха, калина, малина, ива козья, бузина сибирская, смородина колосистая. Травостой высокотравный – недоселка копьевидная

(*Cacalia hastate* L.), борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle), скерда сибирская (*Crepis sibirica* L.), живокость высокая (*Delphinium elatum* L.), борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* Ledeb.) и др. Проективное покрытие – 80 – 100 %.

Подрост липы со средним диаметром ствола 3 см обилиен. Много спиленных стволов на уровне 100 – 106 см при высоте подроста 150 – 180 см. Пилят на веники. Сплено молодое дерево с диаметром ствола 18 см на высоте 4,5 м.

ЦП2. Местонахождение: окр. с. Кузедеево, 53°21.098' с. ш., 87°17.499' в. д.; высота н. у. м. 432 м. Площадь участка – 2000 м².

Лес березово-липово-осиновый. Формула древостоя 6ОЗЛ1Б. Высота деревьев 25–30 м. Липы также разновозрастные, обхват стволов – от 14 до 200 см. Подлесок выражен местами, образован черемухой, ивой козьей (эти два вида представлены древесной жизненной формой), смородиной колосистой. В подросте – сосна сибирская, липа.

Травостой высокотравно-папоротниковый. Видовой состав травостой: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), скерда сибирская (*Crepis sibirica* L.), живокость высокая (*Delphinium elatum* L.), борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* Ledeb.), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.), многорядник Брауна (*Polystichum braunii* (Spenn.) Fee), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.). Общее проективное покрытие до 80 %.

Обнаружен пенёк липы диаметром 35 см, число годичных колец на нем – 70.

ЦП3. Местонахождение: Сарбалинский обход, садовое товарищество «Горняк», от 53°21.098' с. ш.,

87°17.432' в. д., высота н. у. м. 420 м до 53°19.171' с. ш., 87°15.145' в. д., высота н. у. м. 382 м, Левый берег р. Б. Теш. Площадь участка – 1500 м².

Массив липы сибирской расположен по обеим сторонам дороги. Формула древостоя 10Л+О. В основном липы средневозрастные генеративные с обхватом стволов от 110 до 312 см (максимальное значение на всех исследуемых точках). Вдоль дороги в липняке присутствуют заносные виды – клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) и яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.). В подлеске ива козья, черемуха. Травостой разнотравный, разрежен. Проективное покрытие 30 – 50 %. Средняя высота 107 см. В видовом составе: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), альфредия поникшая (*Alfredia cernua* (L.) Cass.), реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense* Hoffm.), овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill.), скерда сибирская (*Crepis sibirica* L.), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle), живокость высокая (*Delphinium elatum* L.), страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.) и др. Вокруг стволов лип травяной ярус совсем редкий.

Оценку жизненности деревьев липы сибирской проводили по такому биометрическому показателю как окружность ствола на высоте 1,3 м. В среднем в ЦП1 и ЦП2 деревья характеризовались меньшими значениями признаков (90–95 ± 15,4 см), чем в ЦП3 (154,9 ± 23,3 см).

Для каждой популяции были выделены когорты особей с высоким, промежуточным и низким индексом жизненности (рис.).

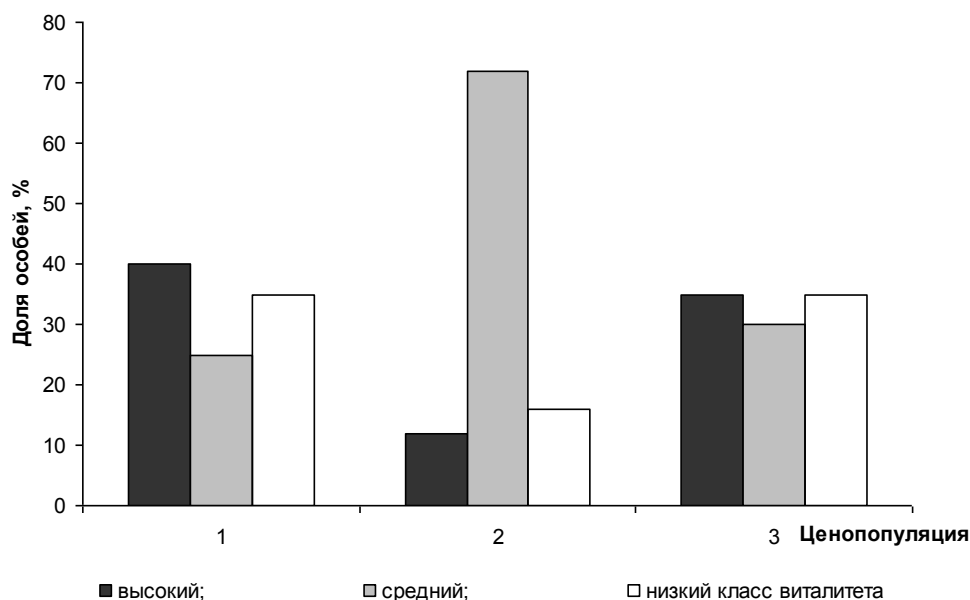


Рис. Виталитетная структура ценопопуляций *Tilia sibirica*

В первой ценопопуляции преобладало число особей с высоким индексом жизненности (обхват стволов свыше 105 см), во второй – со средним (обхват в диапазоне 95,4 ± 55,8 см). Третья ценопопуляция характеризовалась равными долями особей с высокой (раз-

меры стволов больше 205 см) и низкой жизненностью (с обхватами стволов меньше 105 см).

Расчет индекса виталитета показал, что ЦП1 является равновесной, ЦП2 – процветающей, а ЦП3 – депрессивной.

Заключение

Таким образом, на территории, занимаемой липы сибирской, встречаются ценопопуляции различных качественных типов – от процветающих до депрессивных. Это дает основания полагать, что в случае принятия надлежащих мер возможно поддержание и повышение численности и качества состояния популяций липы.

Известно, что липа сибирская способна удерживать занятую ею территорию. Несмотря на отсутствие семенного возобновления, у этого вида отмечается высокая активность вегетативного размножения [10]. Отличительной особенностью липы сибирской является то, что ксилоризомная поросль мало отличается от семенных экземпляров и в итоге дает мощные долговечные деревья [2].

Литература

- Егоров В. Н. Естественное возобновление деградированных насаждений липы // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий: сб. науч. тр. Кемер. отд-ния РБО / под ред. А. Н. Куприянова. Кемерово: Радуга, 2005. Вып. 1. С. 53 – 55.
- Егоров В. Н. Оценка экологического состояния липняков в Горной Шории: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кемерово, 2009. 19 с.
- Егоров В. Н. Проблема сохранения Кузедеевского «Липового острова» // ЭКО-бюлл. ИнЭКА. 2004. № 6 – 7(101 – 102). Режим доступа: <http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0101&pg=014>, свободный.
- Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 439 с.
- Куминова А. В. К современному состоянию липового леса на Кузнецком Алатау // Памяти Порфирия Никитича Крылова. Томск, 1951. С. 181 – 186.
- Куприянов О. А., Куприянов А. Н. Динамика зимних температур естественных насаждений липы сибирской (*Tilia sibirica* Bayer) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2013. № 2(54). Т. 1. С. 14 – 20.
- Лесохозяйственный регламент Кузедеевского лесничества Кемеровской области. Кемерово, 2010. 253 с.
- Флинт В. Е., Смирнова О. В. Сохранение и восстановление биоразнообразия: учебное пособие. М.: Изд-во науч. и учеб.-метод. центра, 2002. 286 с.
- Флора Сибири: в 14 т. Т. 10: Geraniaceae – Cornaceae / М. Г. Пименов [и др.]. Новосибирск: Наука, 1996. 254 с.
- Хлонов Ю. П. Липа сибирская – *Tilia sibirica* Bayer // Биологические основы охраны редких и исчезающих растений Сибири: сб. науч. тр. Новосибирск: Наука, 1990. С. 58 – 80.
- Хлонов Ю. П. Липы и липняки Западной Сибири. Новосибирск: Ред.-изд. отдел СО АН СССР, 1965. 155 с.
- Ценопопуляции растений: Основные понятия и структура. М.: Наука, 1976. 216 с.
- Ценопопуляции растений: Очерки популяционной биологии / Заугольнова Л. Б. [и др.]. М.: Наука, 1988. 184 с.
- Ценопопуляции растений: Развитие и взаимоотношения. М.: Наука, 1977. 183 с.

Информация об авторах:

Ковригина Любовь Никифоровна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники КемГУ, lnkovrigina@mail.ru.

Lubov N. Kovrigina – Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department of Botany, Kemerovo State University.

Романова Наталья Геннадьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, chatn@yandex.ru.

Natalia G. Romanova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Тарасова Ирина Викторовна – ведущий инженер кафедры ботаники КемГУ, itarasova14@yandex.ru.

Irina V. Tarasova – Senior Engineer at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Филиппова Александра Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, sasha1977@ngs.ru.

Alexandra V. Filippova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Кожевников, А. В. Заушинцева

THE ANALYSIS OF THE USE OF PESTICIDES IN KEMEROVO REGION

N. V. Kozhevnikov, A. V. Zaushintseva

В обзоре литературы представлен анализ применения пестицидов на территории Кемеровской области. Высокая эффективность пестицидов в борьбе с вредителями, болезнями и сорняками способствует значительному сокращению потерь в сельском хозяйстве и обуславливает неуклонный рост масштабов их применения, что, к сожалению, влечет за собой определённое отрицательное воздействие на окружающую среду. Использование пестицидов приводит к загрязнению сельскохозяйственной продукции и объектов окружающей среды. Анализ имеющихся в литературе сведений показал наличие в Кемеровской области загрязнения почвенного покрова, продуктов питания, продовольственного сырья, воды хозяйственно-питьевого назначения и воздуха рабочей зоны остаточными количествами пестицидов. В статье приводятся данные применения препаратов по группам пестицидов, видам деятельности и классу опасности. Для определения степени опасности загрязнения природных ландшафтов рассчитана условная пестицидная нагрузка на сельскохозяйственные почвы Кемеровской области.

The literature review presents an analysis of the use of pesticides in Kemerovo region. The high efficiency of pesticides in the fight against pests, diseases and weeds contributes to a significant reduction of losses in agriculture and leads to a steady increase of pesticides application. Unfortunately, this tendency entails a certain negative impact on the environment. The use of pesticides leads to agricultural and environmental pollution. The analysis of available literature data showed that in Kemerovo region the of soil, food, food raw material, household water and the air in the working area is contaminated by pesticide residues. The paper presents data on using pesticides by groups, activities and hazard class. The conventional pesticide load on agricultural soils of Kemerovo region was calculated for determining the risk level of natural landscapes pollution.

Ключевые слова: агрохимикаты, загрязнение остаточными количествами пестицидов, пестицидная нагрузка, охрана окружающей среды.

Keywords: agrochemicals, contamination by pesticide residues, pesticide load, environmental protection.

Под общим названием «пестициды» подразумевают огромный список химических соединений природного или синтетического происхождения. В соответствии с ГОСТ 21507 – 76 «Защита растений. Термины и определения» [1] пестициды – химические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, вредителями и микроорганизмами, вызывающими порчу сельскохозяйственной продукции, материалов и изделий, а также для борьбы с паразитами и переносчиками опасных заболеваний человека и животных.

Химический метод защиты растений является самым эффективным в борьбе с вредителями, болезнями и сорняками и способствует значительному сокращению потерь в сельском хозяйстве. Сельскохозяйственное производство в современных условиях невозможно без применения пестицидов, а их использование в настоящее время – необходимый агротехнический прием для получения высоких урожаев [2].

Увеличение масштабов производства и широкое использование химических средств защиты растений приводит к загрязнению этими соединениями окружающей среды. Большая часть применяемых пестицидов вносится непосредственно в почву или попадает туда с протравленными семенами, отмирающими сорняками и трупами насекомых, а из почвы попадают в сельскохозяйственные растения, пищевые продукты и природные воды.

Многие ядохимикаты способны длительное время сохраняться в почве, поэтому их концентрация в пахотном слое при длительном применении постепенно увеличивается [3]. Длительность нахождения пестицидов в почве зависит от их состава. Стойкие соединения сохраняются до 10 лет и более. Мигрируя с природными водами и переносясь ветром, стойкие пестициды распространяются на большие расстояния. В результате применение пестицидов оказывает сильное антропогенное воздействие на природные экосистемы [4].

Мировой ассортимент пестицидов насчитывает тысячи препаратов на основе нескольких сотен химических веществ. В соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, на территории Российской Федерации на 2014 г. разрешены к применению более тысячи средств защиты растений, в основе которых около 300 действующих веществ [7].

В Кемеровской области в течение последних лет отмечается тенденция увеличения количества торговых наименований и действующих веществ, применяемых пестицидов (рис. 1). В 2014 г. количество торговых наименований составило 300, действующих веществ – 139, в 2013 г. – 276 и 138 соответственно, в 2012 г. – 253 торговых наименования и 125 действующих веществ.



Рис. 1. Ассортимент применяемых пестицидов в Кемеровской области в 2007 – 2014 гг. [6 – 13]

Все пестициды, примененные для защиты растений в Кемеровской области, за рассматриваемый период были зарегистрированы в «Государственных каталогах пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» на 2003 – 2014 гг. [7 – 14].

На территории Кемеровской области пестициды применяются при производстве растениеводческой продукции в условиях открытого и закрытого грунта,

в ветеринарной практике для обработки животных от эктопаразитов, в лесном хозяйстве, на землях несельскохозяйственного назначения и на предприятиях, осуществляющих хранение и переработку зерновых культур (таблица 1, 2). В общем объеме использованных препаратов наибольший удельный вес приходится на сельское хозяйство (производство растениеводческой продукции в условиях открытого грунта).

Таблица 1

Количество пестицидов, израсходованных в Кемеровской области за период с 2003 по 2008 гг., тонн [8 – 9]

Вид деятельности	2003	2004	2005	2006	2007	2008
При производстве растениеводческой продукции	123,519	191,091	490,487	396,451	429,938	536,302
В ветеринарной практике для обработки животных	0,517	0,507	0,602	0,564	0,500	0,500
В лесном хозяйстве	0,257	0,062	0,395	2,844	0,130	-
На землях несельскохозяйственного назначения	2,442	1,463	1,555	1,264	2,900	1,190
Всего	126,735	193,123	493,034	401,123	433,468	537,992

Таблица 2

Количество пестицидов, израсходованных в Кемеровской области за период с 2009 по 2014 гг., тонн [10 – 15]

Вид деятельности	2009	2010	2011	2012	2013	2014
При производстве растениеводческой продукции	470,800	380,758	528,394	491,571	359,116	319,321
В ветеринарной практике для обработки животных	0,694	0,534	0,567	нет данных		
В лесном хозяйстве	-	-	0,555	нет данных		
На землях несельскохозяйственного назначения	0,993	2,888	7,272	нет данных		
Всего	472,487	384,180	536,788	494,435	359,121	322,614

Начиная с 2003 г., применение средств защиты растений в Кемеровской области уверенно росло, достигнув максимума в 2008 г. – 537,992 тонн. В 2011 г. негативные тенденции, связанные с кризисом, а также последствия засушливого лета 2010 года во многом были преодолены, что снова повысило спрос на пестициды – в 2011 г. израсходовано 536,788 тонн. В последующие годы произошло снижение применения пестицидов, связанное со сложной экономической ситуацией в стране и сельском хозяйстве.

В настоящее время наблюдается снижение сельскохозяйственных предприятий производящих растениеводческую продукцию с применением пестицидов. В 2014 г. на территории области производством растениеводческой продукции в условиях открытого и закрытого грунта занимались 351 сельскохозяйственных предприятия, из них 103 предприятия применяли пестициды, в 2013 г. – 414 и 147 предприятий соответственно, в 2012 г. – из 453 сельскохозяйственных предприятий 169 применяли пестициды (таблица 3).

Таблица 3

Количество сельскохозяйственных предприятий Кемеровской области, производящих растениеводческую продукцию с применением пестицидов в 2007 – 2014 гг. [8 – 14]

<i>Год</i>	<i>Количество сельскохозяйственных предприятий, производящих растениеводческую продукцию</i>	<i>В том числе с применением пестицидов</i>
2007	476	248
2008	461	257
2009	447	251
2010	438	206
2011	461	208
2012	453	169
2013	414	147
2014	351	103

Пестициды объединяют следующие группы веществ: гербициды, уничтожающие сорняки, инсектициды, уничтожающие насекомых-вредителей, фунгициды, уничтожающие патогенные грибы, зооциды, уничтожающие вредных теплокровных животных и т. д. В общем объеме использованных средств защиты растений наибольший удельный вес приходился на гербициды – от 81,58 до 92,2 % (таблица 4). Гербициды – это химические препараты, предназначенные для уничтожения травянистой растительности, прежде всего сорной [1]. Химический метод борьбы с сорной растительностью – неотъемлемый элемент современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Использование гербицидов не только снижает уровень засорения, но и обеспечивает значительный прирост урожая.

ды – это химические препараты, предназначенные для уничтожения травянистой растительности, прежде всего сорной [1]. Химический метод борьбы с сорной растительностью – неотъемлемый элемент современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Использование гербицидов не только снижает уровень засорения, но и обеспечивает значительный прирост урожая.

Таблица 4

Количество пестицидов, использованных для защиты растений в Кемеровской области в 2003 – 2011 гг., тонн [6 – 10]

<i>Группы пестицидов</i>	<i>Количество использованных пестицидов</i>								
	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
Инсектициды и акарициды	4,055	6,619	6,981	5,872	6,297	11,126	11,015	10,202	9,135
Фунгициды и протравители	12,703	17,022	18,635	24,343	26,565	54,040	44,074	31,082	52,546
Гербициды	102,292	165,984	464,274	365,568	393,985	462,511	414,271	336,447	451,248
Дефолианты и десиканты	0,470	1,040	0,594	0,640	1,545	3,730	0,380	3,001	7,003
Биопрепараты	5,678	2,482	3,490	3,680	1,126	3,302	6,535	9,916	8,418
Регуляторы роста растений	0,185	3,970	5,801	1,710	0,421	1,568	0,922	0,005	-
Всего	125,382	197,117	499,775	401,813	429,938	536,277	477,196	390,653	528,394

Большинство используемых агрохимикатов за рассматриваемый период относятся к 3 классу опасности – умеренно опасным пестицидам [5]. Пестициды 1 класса опасности не рекомендуются для применения в народном хозяйстве. Пестициды 2 класса опасности могут применяться только специалистами при условии строгой регламентации, обеспечивающей

безопасность для работающих, населения и окружающей среды. Пестициды 3 и 4 классов опасности применяются в соответствии с требованиями санитарных норм, правил и инструкций [6]. Ассортимент примененных средств защиты растений по классам опасности представлен в таблице 5.

Таблица 5

Ассортимент примененных пестицидов по классам опасности в Кемеровской области за период с 2007 по 2011 гг. [8 – 11]

<i>Класс опасности</i>	<i>Ассортимент примененных средств защиты растений</i>				
	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
1 класса опасности	-	1	-	2	1
2 класса опасности	49	65	60	66	71
3 класса опасности	83	104	118	125	165
4 класса опасности	10	9	13	6	7
Всего	142	179	191	199	244

Использование химических средств защиты растений приводит к загрязнению сельскохозяйственной продукции и объектов окружающей среды. Ежегодно в Кемеровской области остаточные количества пестицидов обнаруживаются в пробах продуктов питания, продовольственного сырья, воды хозяйственно-питьевого назначения, почвы и воздуха рабочей зоны [7 – 13].

Результаты анализа показывают, что присутствие пестицидов выявлялось во всех проконтролированных группах продуктов питания. В 2014 г. пестициды обнаружены в зерне и зернобобовых, плодово-ягодной продукции, овощах, бахчевых культурах, продуктах масложировой промышленности. В 2013 г. в зерне и зернобобовых, рыбе свежей, плодово-ягодной продукции, в овощах, бахчевых культурах. В 2012 г. в плодово-ягодной продукции, рыбе свежей, овощах, бахчевых культурах. В 2011 г. пестициды обнаруживались в мясе, мясoproдуктах и птице, продуктах масложировой промышленности, муке.

Удельный вес проб продуктов питания и продовольственного сырья, содержащих пестициды, в последние годы уменьшается и составил 1,2 % в 2014 г. (в 2013 г. – 1,5 %, в 2012 г. – 2,4 %). Во всех исследованных пробах с 2009 г. количество пестицидов не превышает максимально-допустимый уровень. В 2008 г. выше максимально-допустимого уровня пестициды обнаружены в одной группе продуктов – овощах и бахчевых.

В 2014 г. во всех пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья, содержащих пестициды, обнаружены хлорорганические пестициды, в 2013 г. – хлорорганические пестициды и фосфорорганические пестициды, в 2012 г. – хлорорганические пестициды. Из определяемых пестицидов в продуктах и продовольственном сырье обнаружено присутствие: ДДТ, ДДЕ, ДДД, ГХЦГ, линдан, децис, карбофос, цимбуш, дикамба (таблица 6).

Таблица 6

Результаты лабораторного контроля продуктов питания и продовольственного сырья на содержание остаточных количеств пестицидов в 2003 – 2014 гг. [8 – 14]

<i>Год</i>	<i>Количество исследованных проб</i>	<i>Удельный вес проб, содержащих пестициды, %</i>	<i>Удельный вес проб, содержащих пестициды в количествах выше МДУ, %</i>
2003	1547	3,9	0,013
2004	1608	6,5	0,18
2005	1361	7,1	3,00
2006	2463	7,7	0,12
2007	2267	3,2	-
2008	2328	1,5	0,04
2009	1583	3,2	-
2010	1578	3,2	-
2011	1179	7,9	-
2012	1275	2,4	-
2013	1074	1,5	-
2014	1191	1,2	-

При проведении исследований в пробах воды хозяйственно-питьевого назначения обнаружено присутствие только хлорорганических пестицидов. За исключением 2005 г. их количество за рассматриваемый период не превышало максимально-допустимый уровень.

В воздухе рабочей зоны пестициды в количествах выше ПДК обнаруживаются в пробах, отобранных на территории складов для хранения агрохимикатов и в

теплицах после проведения дезинфекции (обнаруживаются дифенацин, формалин, фосфид цинка, карбофос).

В почве пестициды в количестве выше ПДК обнаруживаются в пробах, отобранных с территорий, прилегающих к складам ядохимикатов. В пробах почвы наиболее часто обнаруживаются ДДТ и его метаболиты, фуфанон, формальдегид, элант (таблица 7).

Таблица 7

Результаты лабораторного контроля воды хозяйственно-питьевого водоснабжения, почвы и воздуха рабочей зоны за период с 2003 по 2014 гг. [8 – 15]

Годы	Количество исследованных проб								
	почвы			воды хозяйственно-питьевого водоснабжения			воздуха рабочей зоны		
	всего	из них со- держат пестициды	в т. ч. выше МДУ	всего	из них со- держат пестициды	в т. ч. выше МДУ	всего	из них со- держат пестициды	в т. ч. выше МДУ
2003	126	27	3	737	9	-	460	73	7
2004	90	18	5	601	1	-	443	74	3
2005	79	11	9	537	5	3	327	19	12
2006	124	4	4	456	7	-	397	22	5
2007	106	9	1	595	6	-	393	18	5
2008	101	1	-	836	7	-	348	2	2
2009	70	12	7	873	9	-	297	4	-
2010	70	11	3	935	6	-	258	3	-
2011	49	4	-	853	13	-	251	1	-
2012	58	1	1	2576	13	-	нет данных		
2013	36	-	-	2298	2	-	нет данных		
2014	57	11	9	2185	-	-	нет данных		

Резкое повышение удельного веса проб почвы, содержащих пестициды, в том числе в количествах выше предельно-допустимой концентрации в 2014 г., связано с обнаружением земельного участка в с. Верхотомское Кемеровского района Кемеровской области, на территории которого незаконно захоронены пестициды. В результате лабораторного контроля в образцах почвы обнаружено содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ, гексахлорбензол), в количествах, превышающих предельно-допустимые концентрации в десятки и сотни раз [14].

Среди обнаруженных препаратов в сельскохозяйственной продукции и объектах окружающей среды наибольший удельный вес приходится на производные хлорорганических пестицидов. В связи с очень медленным разрушением они накапливаются во внешней среде и переносятся на большие расстояния потоками воздуха, воды и организмами. Стоит отметить, что ежегодно обнаруживаемый в продуктах питания и пробах почвы ДДТ входит в список запрещенных стойких органических загрязнителей (СОЗ) [16]. Линдан, присутствующий в продуктах и продовольственном сырье, относится к крайне опасным пестицидам [17]. Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и линдан (γ-ГЦХГ или гексахлоран) почти не разруша-

ются в окружающей среде и очень сильно аккумулируются в пищевых цепях организмами. Но несмотря на это, ГХЦГ и ДДТ до сих пор занимают лидирующие позиции по масштабу применения и производства.

В большинстве случаев использование пестицидов измеряется в тоннах действующих веществ. Однако этот подход не дает хорошего представления о возможных воздействиях на окружающую среду, в частности, потому что пестициды используются согласно весьма различным нормативам. Для определения степени опасности загрязнения природных ландшафтов используем условную пестицидную нагрузку для всей земельной территории района. Условная пестицидная нагрузка рассчитывается путем деления общего количества использованных пестицидов на общее количество гектаров сельскохозяйственных угодий. Расчеты проведены на посевную площадь (на гектар пашни) и площадь обработанную пестицидами (на гектар обработанной площади). Чем меньше эти показатели, тем меньше угроза загрязнения пестицидами естественных экосистем и больше вероятность их быстрого самоочищения.

Динамика изменения площадей сельскохозяйственных угодий Кемеровской области обработанных пестицидами представлена в таблице 8.

Пестицидная нагрузка на гектар пашни и на гектар обработанной площади представлена в таблице 9. Пестицидная нагрузка на гектар пашни за 2003 – 2014 гг. приведена на рисунке 2.

Таблица 8

Посевная площадь и обработанная пестицидами площадь в Кемеровской области в 2006 – 2011 гг., тыс. га [8 – 12]

<i>Вид угодий</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
Посевная площадь	1463,1	1253,3	1234,4	1219,7	1189,8	1170,5
Площадь, обработанная пестицидами	603,6	588,7	689,6	676,7	487,5	552,6

Таблица 9

Пестицидная нагрузка на гектар пашни и на гектар обработанной площади в Кемеровской области в 2006 – 2011 гг., кг/га [8 – 12]

<i>Пестицидная нагрузка</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
На гектар пашни	0,27	0,34	0,43	0,39	0,31	0,46
На гектар обработанной площади	0,66	0,73	0,78	0,70	0,78	0,96

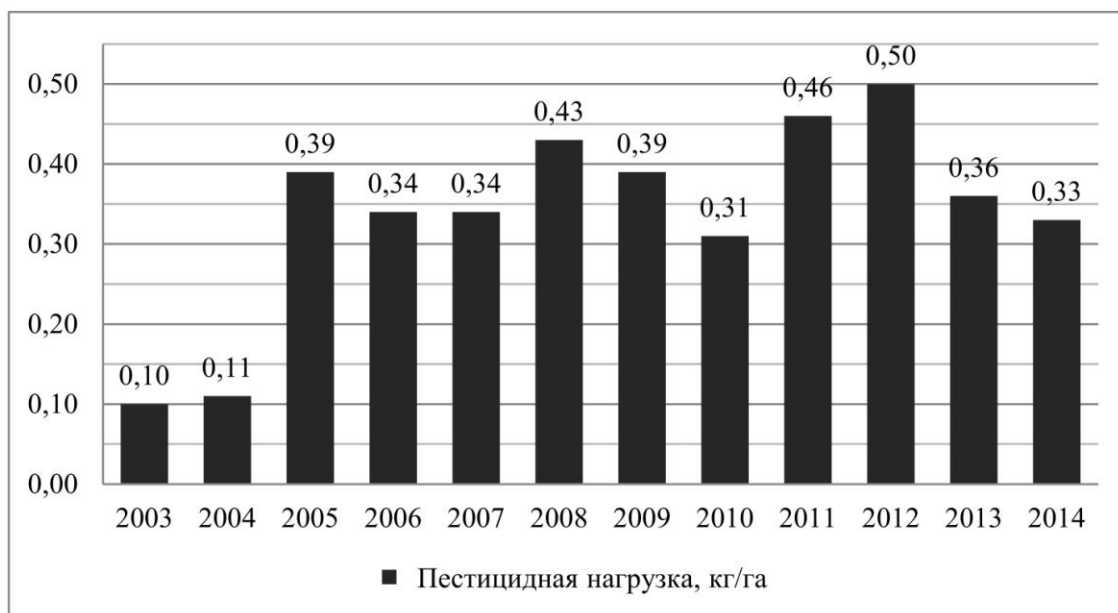


Рис. 2. Пестицидная нагрузка на гектар пашни Кемеровской области за период 2003 по 2014 гг. [8 – 15]

Пестицидная нагрузка на сельскохозяйственную территорию Западной Сибири незначительна и составляет не более 0,19 кг/га. Проведенный анализ пестицидной нагрузки на гектар пашни Кемеровской области показал повышенные показатели за рассматриваемый период (0,34 кг/га), что может вызвать негативные экологические последствия. Для установления степени экологической опасности применения агрохимикатов в Кемеровской области, необходимо проводить детальное изучение влияния пестицидов на сельскохозяйственные культуры и почвенный покров, что ляжет в основу дальнейших исследований.

Таким образом, широкое использование агрохимикатов в Кемеровской области приводит к загрязнению почв, природных вод и сельскохозяйственной продукции остаточными количествами пестицидов, что увеличивает возможность негативного воздействия на здоровье людей и состояние объектов окружающей среды. Для понижения степени опасности требуется разумное применение пестицидов преимущественно избирательного действия, сокращение применения стойких пестицидов, использование агрохимикатов менее токсичных для человека и животных, а также более широкое использование биологических средств защиты растений.

Литература

1. Жеребцов А. А., Кузнецова Е. Л., Апинян К. А. Загрязнение почвы химическими соединениями и их очистка // VI Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» (15 февраля – 31 марта 2014 г.). Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2014/458/1650> (дата обращения: 15.06.2015).
2. Зинченко В. А. Агроэкотоксикологические основы применения пестицидов. М.: Изд-во МСХА, 2000. 180 с.
3. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Издательство Московского университета, 2005. 448 с.
4. Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности: методические рекомендации № 2001/26 (утв. Минздравом РФ 16.04.2001).
5. ГОСТ 21507 – 76. Защита растений. Термины и определения.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2014 год. М.: Минсельхоз России, 2014. 775 с.
7. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кемеровской области в 2007 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2008. 197 с.
8. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кемеровской области в 2008 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2009. 186 с.
9. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кемеровской области в 2009 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2010. 218 с.
10. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кемеровской области в 2010 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2011. 224 с.
11. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Кемеровской области в 2011 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2012. 258 с.
12. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2012 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2013. 267 с.
13. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2013 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2014. 277 с.
14. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2014 году: Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области, 2015. 287 с.
15. Федоров Л. А., Яблоков А. В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999. 462 с.
16. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Stockholm/Sweden. 2001. Режим доступа: <http://chm.pops.int>
17. Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent (PIC) Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade. FAO/UNEP, Rome/Geneva. 1998. Режим доступа: <http://www.pic.int>

Информация об авторах:

Кожевников Николай Владимирович – аспирант кафедры ботаники КемГУ, Koghevnikov_NV@mail.ru.

Nikolay V. Kozhevnikov – post-graduate student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **А. В. Заушинцева**). (**Academic advisor – A. V. Zaushintsena**).

Заушинцева Александра Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники КемГУ, alexaz58@yandex.ru.

Aleksandra V. Zaushintsena – Doctor of Biology, Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ВОЗРАСТНЫХ СОСТОЯНИЙ АСТРАГАЛА РОГОВОГО (*ASTRAGALUS CERATOIDES* BIEB.) НА ГРАНИЦЕ АРЕАЛА

А. Н. Куприянов, А. Ю. Овчинников

POPULATION STATUS AND AGE-RELATED FEATURES OF HORN Y ASTRAGALUS (*ASTRAGALUS CERATOIDES* BIEB.) AT THE EDGE OF THE AREAL

A. N. Kupriyanov, A. Yu. Ovchinnikov

Изучены возрастные состояния и структура популяции *Astragalus ceratoides*, на Караканском хребте (Кемеровская область), редкого, находящегося на северо-восточном краю ареала вида. Основной угрозой существования *Astragalus ceratoides* является разрушение местообитаний в результате хозяйственной деятельности, а также постоянных весенних палов в местах его произрастания. Численность особей в популяции высокая и достигает 100 шт/м². В структуре популяции преобладают средневозрастные и молодые генеративные особи, что свидетельствует об их нормальном состоянии. Исследования показали, что, несмотря на сильное антропогенное воздействие, популяция *Astragalus ceratoides* на Караканском хребте находится в стабильном состоянии.

The paper addresses the age-related condition and structure of *Astragalus ceratoides* population in the Karakansky ridge (Kemerovo region) of a rare species located on the northeastern edge of the areal. The main threat to the existence of *Astragalus ceratoides* is habitat destruction as a result of economic activity, as well as regular spring burning in places of origin. The number of plants in the population is high: 100 per m². The population structure is dominated by middle-aged and young generative plants, which proves their normal state. Studies have shown that despite the strong anthropogenic impact the population of *Astragalus ceratoides* on the Karakansky ridge is in a stable condition.

Ключевые слова: *Astragalus ceratoides*, ценопопуляция, онтогенез, онтогенетическая структура, морфология.

Keywords: *Astragalus ceratoides*, cenopopulation, ontogeny, developmental structure, morphology.

Популяционно-онтогенетические исследования являются неотъемлемой частью изучения современного состояния популяций, их демографических особенностей, особенности биологии вида в конкретных популяциях. Особенно актуальны такие исследования на границе ареала растений и в регионах с высокой техногенной и антропогенной нагрузкой.

Астрагалроговой – *Astragalus ceratoides* Bieb. (рис. 1) описан с Алтая и имеет Западно Сибирско-Казахстанский ареал (рис. 2): Кемеровская обл., юг Красноярского края, Западный Алтай, Хакасия [1], в Казахстане, встречается в Иртышском, Семипалатинском, Восточно-Казахстанском, Зайсанском, Тарбогатайском, флористических районах [2]. В Кемеровской области вид редок и обитает на Караканском хр. (окр. с. Каракан), гора Острая (окр. ст. Артышта), окр. с. Кузедеево, Зеньково; г. Прокопьевска [8].



Рис. 1. Внешний вид *Astragalus ceratoides*

Популяция астрагала рогового на Караканском хребте находится вблизи интенсивно развивающихся угольных месторождений и подвержена влиянию техногенного загрязнения [3] и весенними палами.

Исследований онтогенеза и структуры популяций астрагала рогового ранее не проводилось, поэтому целью нашей работы изучения строения популяций этого редкого, находящегося на северо-восточной окраине ареала виде.

Материал и методика

Исследована наиболее крупная популяция астрагала роговидного, находящаяся на северо-западном склоне Караканского хребта в окр. с. Каракан исследование проводилось с 2012 по 2014 г.

Онтогенетическую структуру и численность анализировали на учетных площадках площадью 1 м². Онтогенетические состояния выделены согласно методическим указаниям Т. А. Работнова и А. А. Уранова [13] (1975), О. В. Смирновой и др. [14], А. Н. Куприянова [5]. Изучение структуры популяции проводили в соответствии с «Программой и методикой наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР [9], в качестве счетной единицы использовали особь, парциальный куст и парциальный побег. Принятие той или иной счетной единицы определялись конкретной биоморфой, формируемой в конкретном местообитании. Онтогенетический спектр построен по общепринятой методике [15]. Тип ценопопуляции определен по классификации А. А. Уранова и О. В. Смирновой [14].



Рис. 2. Ареал *Astragalus ceratoides*

Дифференциация семян проведена согласно рекомендациям Т. А. Мякшиной и Д. А. Шауло [7], разработанными для всех видов астрагалов секции *Xiphidium*, куда относится астрагал роговой. Выделено три группы округло-почковидные, продолговато-эллиптические и ромбовидные.

Всхожесть семян изучали по стандартной методике, для преодоления твердосемянности семена помещали на 3 минуты в крутой кипяток.

Ценопопуляция описана в верхней части хребта на северо-западном склоне возле горы Малахай в составе мелкoderновинной (настоящей перистоковыльной степи с элементами петрофитной степи). Травостой относительно равномерный, довольно разреженный, высотой до 30 см. Доминируют дерновинные злаки, прежде всего ковыли (*Stipapennata*, *C. capillata*, *S. dasiphylla*) – а также *Koeleria cristata* и степные осоки – *Carex pediformis* и *C. supina*. Из разнотравья обычны *Scabiosa ochroleuca*, *Galatella angustissima*, *Artemisia commutata*, *Dianthus versicolor*. В небольшом обилии встречаются *Cotoneaster melanocarpa*, *Caragana frutex*, *Spiraea chamaedryfolia* с участием лугово-степных видов *Adonis vernalis*, *Allium nutans*, *Festuca pseudovina*, *Dianthus versicoller*, *Galium verum*, *Fragaria viridis* и др. Проективное покрытие невелико и составляет от 30 до 80 % по отдельным учетным площадкам. Видовая насыщенность невелика – 26 видов.

Результаты и их обсуждение

Жизненная форма *Astragalus ceratoides* в различных условиях изменяется в широких пределах. С. Н. Выдрина [1], относит к кустарничкам, а в Казахстане А. П. Гамаюнова и В. В. Фисюн [2] к многолетним травам. Т. А. Мякшина [6], относит этот вид к полукустарничкам.

Astragalus ceratoides на Караканском хребте коротко стержневой полукустарничек с моноциклическими и дициклическими удлинёнными побегами. Вследствие частых палов одревесневающая часть побегов остается в приземной части на 5 – 7 см. Она представлена корнем и системой многолетних ризидов, образующих каудекс. Листья непарноперистые, листочки в числе 6 – 9 пар, продолговатые или почти ланцетные, 5 – 20 мм дл., 1 – 5 мм шириной, рассеянно прижато-волосистые. Цветки в числе 6 – 10 в укороченной, почти зонтиковидной или головчатой кисти. Прицветники яйцевидные, короче или равны цветоножкам. Венчик лилово-пурпуровый. Флаг 18 – 22 мм дл., продолговато-обратнояйцевидный, с легкой перетяжкой ниже середины, вверху выемчатый. Крылья несколько короче флага, на верхушке с выемкой, иногда слабо выраженной. Лодочка немного короче крыльев. Бобы вначале вверх обращенные, в зрелом состоянии отклоненные или даже поникающие, 25 – 35 мм дл., до 2 мм шир., прямые или несколько изогнутые, на поперечном разрезе трехгранные, двугнездные, покрыты прижатыми черными и белыми волосками.

Латентный период

Конечный этап латентного периода, начинающегося с зиготы, связан с материнским растением до момента распространения семян. Бобы астрагала рогового 2,5 – 3 см, двугнездные, с каждой стороны по 4 – 6 семян. Коэффициент завязываемости составил 60 %, повреждаемости вредителями 15 %. Семена 2 мм дл., 1 мм шир., зеленовато-серые с хорошо выраженным рубчиком, удлинённо-овальные. В одном бобе 4 – 6 семян. Семена вместе с надземной частью растений на Караканском хребте поедаются сурками.

Созревшие бобы раскрываются по брюшному шву, и семена рассеиваются вблизи растения или скатыва-

ются по склону на сравнительно небольшие расстояния. При анализе 327 плодов *Astragalus ceratoides*, собранных на вершине Караканского хребта, 28 % оказались округло-почковидными, 23 % – продолговато-эллиптическими, 28 % – ромбовидными, 21 % плодов не удалось отнести к какой-то из предыдущих групп.

Семена обладают экзо- и эндогенным покоем, всходы появляются не ранее, чем через 4 месяца хранения. Обработка семян кипятком незначительно улучшает всхожесть, которая остается чрезвычайно низкой 14 – 18 %. Форма семян не оказала значительного влияния на всхожесть семян. В естественных условиях семена проходят стратификацию в течение зимнего периода.

Прегенеративный период

Проросток (р) – состояние однопобегового растения от прорастания семени до отмирания семядолей. Всходы появляются в середине июня, прорастание подземное. Первым формируется первичный корешок, затем появляются семядоли, первый настоящий лист тройчатый, состоящий из линейных листочков, корневая система представлена главным и боковыми корнями. Семядоли сохраняются до конца мая, после чего отмирают и растение переходит в ювенильное состояние. Большая часть проростков гибнет в мае в связи с сильной жарой и засухой, которые наблюдаются на северо-западном склоне Караканского хребта (рис. 3).

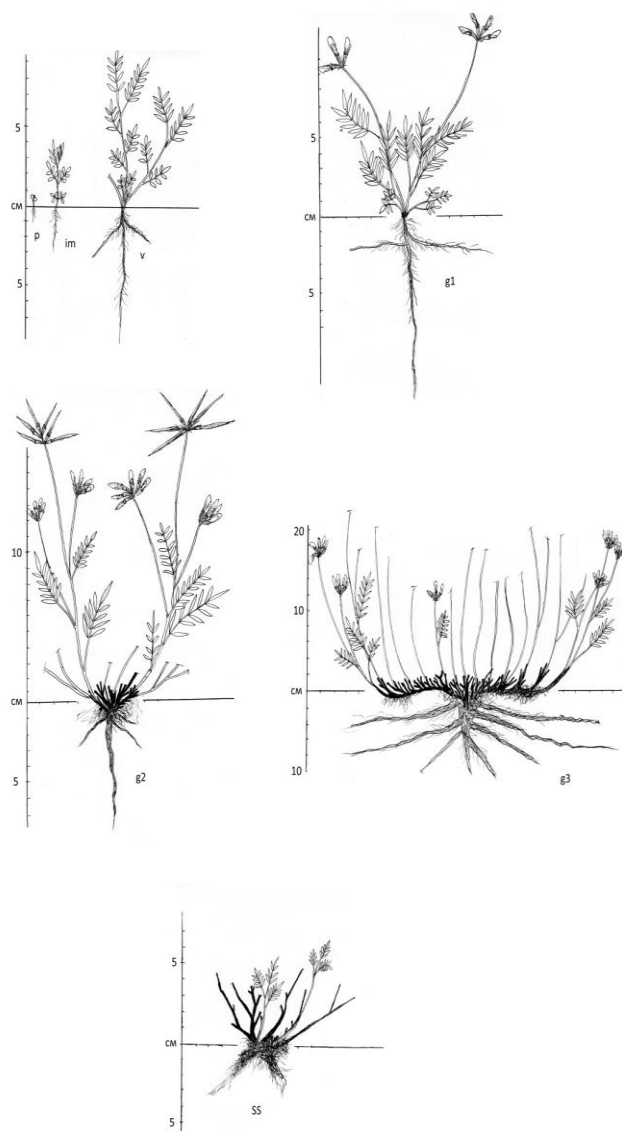


Рис. 3. Возрастные состояния *Astragalus ceratoides*

Ювенильное состояние (j) характеризуется моноподиальным ростом побега после отмирания семядолей. Это состояние характеризуется появлением 2 – 4 листьев с упрощенной листовой пластинкой: первый лист с одной парой листочков, второй и третий –

с двумя парами листовых долек. Листовые дольки овальные, несколько лопатчатые. Побег нарастает моноподиально, нижние междоузлия укороченные, но розетку не образуют, высота 3 – 4 см. Корень стержневой, короткий, ветвление слабое.

Имматурные особи (j_m) достигают высоты 5 – 6 см, продолжается незначительный рост побега, первые нижние листья отмирают, образуются верхние листья с тремя-четырьмя парами листочков, которые приобретают ланцетную форму, характерную для взрослых особей в данной популяции. Корень стержневой, корни второго порядка волосовидные, глубина проникновения 3 – 5 см.

Виргинильные состояние (v) начинается закладкой пазушных почек в нижних междоузлиях и образованием куста из вегетативных побегов. Растения продолжают увеличиваться в размерах, приобретая черты взрослого растения. При этом число листочков в структуре листа возрастает до 4, дольки становятся линейно-ланцетными. В подземной части формируется довольно мощный стержневой корень.

Почки возобновления на первых укороченных междоузлиях прорастают, образуя 1 – 2 ортотропных моноциклических побега. В этом состоянии растение может находиться до осени или до весны следующего года. Базальная часть ортотропного побега частично втягивается в почву за счет котрапильности главного и боковых корней, одревесневает, на ней закладываются многочисленные почки возобновления, сохраняющиеся в зимний период. Для виргинильных особей характерно развитие побегов обогащения, что увеличивает размеры всего куста. Следует отметить, что приживаемость и сохранность виргинильных растений крайне низкая. Прежде всего, это связано с весенними палами, которые происходят регулярно – через 1 – 2 года. Практически все виргинильные особи после пала погибают.

Генеративный период

Молодое генеративное растение (g_1) формируется с началом образования генеративных органов. По нашим наблюдениям растение вступают в это состояние на третий год. На базальной части одревесневших побегов формируются розеточные укороченные и плодущие удлинённые побеги, на которых образуется укороченное соцветие, из 3 – 5 цветков. В этом возрасте побеги не ветвятся. Листья состоят из пяти пар листочков, несколько увеличивающихся к соцветию. Высота надземной части растения 8 – 12 см. В этом состоянии растение может существовать 2 – 3 года, наращивая количество побегов, высота одревесневшей части составляет 1 – 2 см, количество плодущих побегов – 2 – 7 шт.

Средневозрастное генеративное растение (g_2) достигает максимальной жизненности и развития, что выражается в формировании на побеге 2 – 3 цветоносов, а общее количество цветущих побегов достигает до 40 на куст, максимального числа цветков в соцветии (5 – 10) формирования значительного количества многолетних одревесневших побегов и рыхлой дернины из укороченных вегетативных побегов. Высота растений достигает 18 – 24 см. Листья 5 – 6 парные. Подземная часть представлена довольно тонким стержневым корнем с многочисленными боковыми корнями, охватывающими большую толщу почвы.

У старого генеративного растения (g_3) происходит постепенное отмирание центральной части куста, там побеги становятся более низкими, уменьшается количество цветков в соцветии. Но угнетение центральных побегов в этом возрастном состоянии компенсируется мощным развитием боковых наземных одревесневших побегов, которые имеют плагиотропное расположение с едва заметным образованием на них придаточных корней. Мацерации главного корня не происходит, поэтому разделения материнского растения на парциальные особи так же не происходит. В надземной части накапливается большое количество отмерших побегов. В подземной части роль главного стержневого корня утрачивается, формируется несколько равноценных толстых боковых корней, располагающихся поникло вглубь почвы. Тип корневой системы напоминает ветвистую корневую систему у древесных растений.

Постгенеративный период

Сенильное онтогенетическое состояние (s) завершает онтогенез *Astragalus ceratoides*. Главный корень мацерируется, распадается на несколько дочерних особей. Корень толстый, большей частью с отмершими тканями. Наземные побеги не многочисленны и представлены удлинёнными малолиственными побегами. Пластика листа несколько редуцируется, что выражается в уменьшении количества и размера листовых листочков. Высота растений 5 – 6 см, листья 3 – 4 парные.

В ценопопуляции астрагала роговидного преобладают средневозрастные и молодые генеративные особи, на их долю приходится 87,5 % всех особей. Наблюдения проводились в конце мая и в результате отмечено достаточно большое количество всходов, их доля составила 3,3 %. В дальнейшем все всходы погибли в результате высоких летних температур. Обращает на себя внимание некоторое увеличение отмирающих сенильных особей 1 – 4,7 %. Это связано с тем, что западные склоны практически ежегодно подвергаются палам и многие растения повреждаются огнем, что вызывает ускоренное старение и гибель особей (рис. 4).

Численность популяции астрагала роговидного на пробных площадках довольно высокая более 100 шт/м². Размещение на хребте пятнами, не регулярное. На численность оказывают большое влияние весенние палы, которые случаются практически ежегодно. При этом повреждаются наиболее мощные растения, у подавляющего количества особей весенние палы стимулируют побегообразование из базальных частей одревесневших побегов. За изучаемый период плотность популяций практически не изменилась, границы популяции не увеличились, но и не сократились. Жизненное состояние среднее.

Проведенные наблюдения свидетельствуют, что состояние популяции астрагала рогового удовлетворительное, угрозы могут возникнуть только при катастрофическом разрушении местообитаний (таблица).

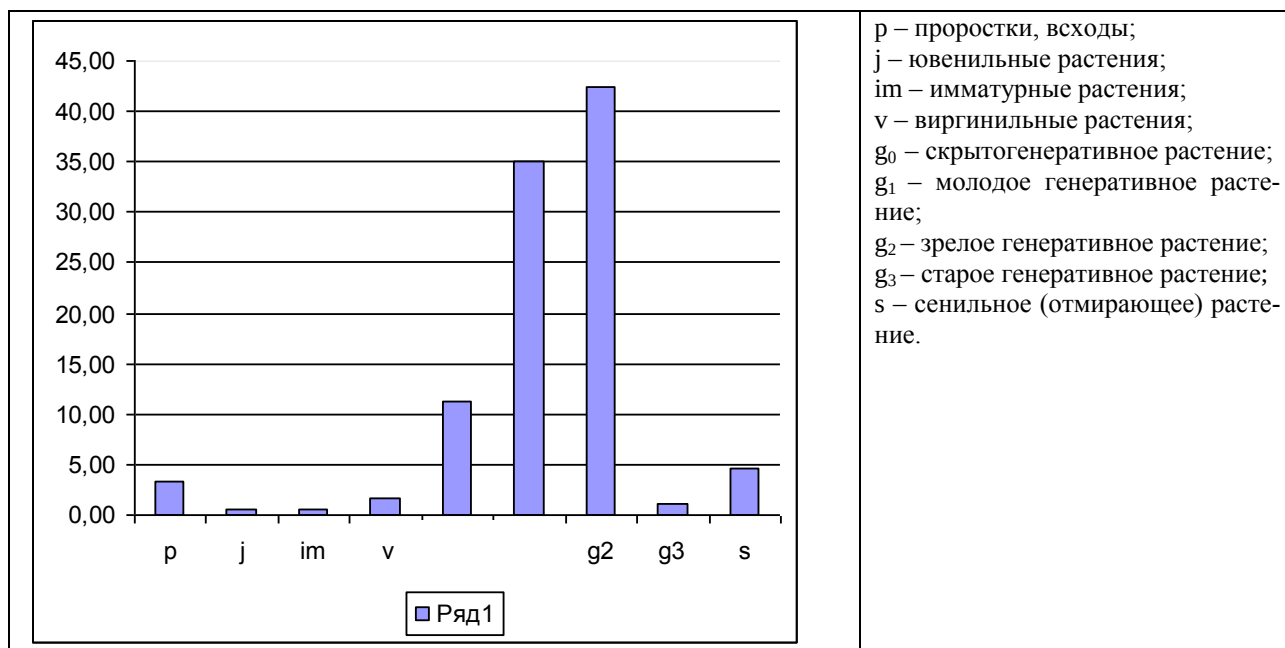


Рис. 4. Онтогенетический спектр астрагала роговидного

Таблица

Оценка состояния популяции

Критерий	Состояние	Тенденция изменения
Численность	Высокая	Увеличивается стабильно, что вероятнее связано с постоянными весенними палами и снижением конкуренции при выживаемости всходов.
Темп изменения численности популяции	Низкий	Стабилен. Идет два процесса – убывание особей с сильно одревесневшими побегами и искусственное «омоложение» в результате палов.
Популяционная структура вида	Сложная	Стабильна. Наблюдения показали, что плотность особей в популяции за изучаемый период 2012 – 2014 не изменилась.
Плотность	Многочисленный	Стабильна.
Размеры ареала	Узкий	Расширяется в пределах степных склонов.
Физиологическое состояние организма	Стабильное	Стабильное, жизнеспособность средняя, близкая к норме, плодоношение ежегодное, обильное, угроза семеношению составляют сурки, которые объедают цветоносы с незрелыми плодами.
Структура ареала	В пределах области точечный	Фрагментация сплошного ареала за счет горных работ на Караканском хребте, Баятских сопках, а также других степных участках, подвергшихся техногенному воздействию.
Экологическая валентность	Стенобиотный по одному фактору	Уменьшается количество местообитаний. Стенобиотность связана с небольшим количеством хорошо дренированных, прогреваемых участков со средним загрязнением.
Генетическая структура популяции	Низкое разнообразие	Не изучалось.
Половая, возрастная структура популяции	Удовлетворительное	Стабильна.
Отношение к человеку	Антропофобия	При дальнейшей напряженности экологического фактора скорее всего будет снижаться его численность.
Состояние местообитаний	Критическое	Деградируют.

Выводы

1. *Astragalus ceratoides* – степной вид с азиатским ареалом, находящийся в Кемеровской области на северной границе ареала. Основной угрозой существования вида является разрушение местообитаний в результате хозяйственной деятельности. Второстепенной угрозой являются регулярные весенние палы юго-западных склонов Караканского хребта.

2. Численность особей в популяции на Караканском хребте высокая и достигает 100 шт/м². В структуре популяций преобладают средневозрастные и молодые генеративные особи, на их долю приходится 87,5 % всех особей, что свидетельствует о нормальном состоянии изученных популяций.

3. Прегенеративный период заканчивается формированием в подземной части довольно мощного стержневого корня и длинных боковых побегов, а также заложением почек возобновления на первых укороченных междоузлиях, начинается ветвление вегетативных побегов в подземной части. Максимального развития растения достигают в 4 – 5 лет. В этом возрасте происходит формирование значительного количества многолетних одревесневших побегов, рыхлый каудекс с укороченными и удлиненными побегами. Постгенеративный период сильно растянут во времени и характеризуются сильным ослаблением ростовых процессов.

4. Популяция *Astragalus ceratoides* на Караканском хребте находится в стабильном состоянии.

Литература

1. Выдрина С. Н. *Astragalus* L. – Астрагал // Флора Сибири. Новосибирск, 1994. Т. 9. С. 20 – 74.
2. Гамаюнова А. П., Фисюн В. В. Подрод *Cercidotrix* рода астрагал // Флора Казахстана. Алм-Аата. 1961. Т. 5. С. 195 – 298.
3. Голохваст К. С., Куприянов А. Н., Манакон Ю. А., Чекрыжов И. Ю., Поселюжная А. В., Семенихин В. А. Редкоземельные минералы в атмосферных взвешах Караканского угольного разреза Кузбасса по данным загрязнения снежного покрова // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2014. № 52. С. 91 – 96.
4. Ключевые ботанические территории Кемеровской области / под ред. А. Н. Куприянова. Кемерово, 2009. 120 с.
5. Куприянов А. Н. Теория и практика интродукции растений. Кемерово, 2013. 165 с.
6. Мякшина Т. А. Секция *Xiphidium* рода *Astragalus* L. в Азиатской России: состав и хорология: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 2012. 16 с.
7. Мякшина Т. А. Шауло Д. Н. Типы жизненных форм астрагалов секции *Xiphidium* и их значение для систематики рода // Вестник Томского университета. 2011. № 2. С. 7 – 15.
8. Определитель растений Кемеровской области. Новосибирск. 2001. 360 с.
9. Программа и методика за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М., 1986. 34 с.
10. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в лесных ценозах. «Тр. БИНа АН СССР». Сер. 3. 1950. Вып. 6. М.; Л. С. 7 – 204.
11. Растительный мир Караканского хребта / под ред. А. Куприянова. Кемерово, 2011. 120 с.
12. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Торопова Н. А., Фаликов Л. Д. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений разных биоморф // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. С. 14 – 44.
13. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7 – 34.
14. Уранов А. А., Смирнова О. В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Отд. МОИП. Отд. Биология. 1969. Т. 74. Вып. 2. С. 119 – 134.
15. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М., 1988. 184 с.

Информация об авторах:

Куприянов Андрей Николаевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделением Кузбасского ботанического сада Института экологии человека СО РАН, Kupr-42@yandex.ru.

Andrey N. Kupriyanov – Doctor of Biology, Full Professor, Head of the Department at Kuzbass Botanical Garden of Institute of Human Ecology of SB RAS.

Овчинников Андрей Юрьевич – магистрант биологического факультета КемГУ, andrew_ovchinnikov_92@mail.ru.

Andrey Yu. Ovchinnikov – Master's Degree student at the Faculty of Biology, Kemerovo State University. (Научный руководитель – А. Н. Куприянов). (Academic advisor – A. N. Kupriyanov).

Статья поступила в редколлегию 18.12.2014 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ
КОРЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ ЮЖНОЙ СИБИРИ В КОНТЕКСТЕ
ПОДВЕРЖЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯМ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**
М. Б. Лавряшина, М. В. Ульянова, Б. А. Тхоренко, А. В. Понасенко, В. Г. Дружинин

**INVESTIGATION OF THE FEATURES OF THE GENETIC STRUCTURE
OF INDIGENOUS POPULATION IN SOUTHERN SIBERIA IN THE CONTEXT
OF EXPOSURE TO CARDIOVASCULAR SYSTEM DISEASES**
M. B. Lavryashina, M. V. Ulyanova, B. A. Tkhorenko, A. V. Panasenko, V. G. Druzhinin

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ № 13-06-98014 p_сибирь_a и Государственного задания Минобрнауки № 2014/64.

В статье приводятся результаты исследования особенностей популяционно-генетической структуры 11 коренных народов Южной Сибири по данным аутосомных ДНК-маркеров. Обследовани- ем охвачены популяции народов Алтая (алтай-кижи, кумандинцы, тубалары, теленгиты, челканцы), Хакасии (качинцы, койбалы, кызыль- цы сагайцы, шорцы абаканские), Горной Шории (шорцы горно-таежные). Суммарный объем выборок коренных народов, включенных в данное исследование, составил 1058 человек. Генотипирование образцов проведено по единому спектру генетических маркеров – Alu-полиморфизм в генах *ACE*, *PLAT*, *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*. Проде- монстрирована специфика генетической структуры южносибирских популяций по исследованному комплексу генов. Отмечена максимальная генетическая дистанцированность от всех исследованных народов Южной Сибири популяций шорцев горно-таежной зоны Кемеровской области (0,03) и кумандинцев Алтайского края (0,05). При этом у шорцев выявлены высокие значения частоты Alu-инсерций в генах *ACE* и *PLAT*, при низких значениях ин- серций в генах *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*. У кумандинцев отмечены низкие частоты Alu-инсерций в генах *ACE*, *PLAT*, *F13B*.

The paper presents the results of studies of the genetic structure of the population of 11 indigenous peoples of southern Siberia according to autosomal DNA markers. The survey covers the populations of the peoples of the Altai (Altai-Kizhi, Kumandins, Tubalars, Telengits, Chelkans), Khakassia (Kachin, Koybaly, Kyzyltsy, Sagaytsy, Shors Abakan), Mountain Shoria (Mountain-Taiga Shors). The total volume of samples of the indigenous peoples included in this study amounted 1058 people. Genotyping of samples was carried out by a single spectrum of genetic markers: Alu-polymorphism in the genes *ACE*, *PLAT*, *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*. It demonstrated the specificity of the genetic structure of the populations of Southern Siberian due to the study of complex genes. The maximum genetic distancing from all the peoples of Southern Siberia population was noted in the Shors of the mountain-taiga zone of Kemerovo region (0.03) and the Kumandins of the Altai region (0.05). Meanwhile, the Shors revealed high values of Alu-insertions frequency in the genes *ACE* and *PLAT*, at low values of insertions in the genes of *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*. Kumandins have low frequencies of Alu-insertions in the genes *ACE*, *PLAT*, *F13B*.

Ключевые слова: генетические маркеры, заболеваемость, сердечнососудистая система, коренные народы, популяция, Южная Сибирь.

Keywords: genetic markers, disease, cardiovascular system, indigenous peoples, population, Southern Siberia.

Введение

Под Южной Сибирью, с точки зрения физической географии, понимают территорию между средним течением реки Чулым на западе, Бирюсинским плато на востоке, Западным и Восточным Саяном на юге. С историко-этнографических позиций Южная Сибирь – это особая историко-культурная область в Северной Азии с коренным населением, этногенез которого уходит в эпоху неолита или верхнего палеолита. В настоящее время к южносибирским относятся пять субъектов Российской Федерации, входящих в состав Сибирского федерального округа. Это Алтайский край, Кемеровская область и три национальных рес- публики: Республика Алтай, Республика Тыва и Рес- публика Хакасия (рис. 1).

По данным антропологии, генетики, лингвистики и этнографии современное коренное население Юж- ной Сибири характеризуется значительным разнооб- разием этнотерриториальных и этнических групп. В административных границах выше перечисленных субъектов РФ расположены этнические ареалы север-

ных и южных алтайцев, телеутов, тувинцев, хакасов и шорцев. Природно-климатические условия террито- рий компактного расселения коренных южносибир- ских народов – от степной зоны Алтайского края до зон высокогорья республик Алтай и Тыва – различны. Также существенно различается уровень техногенной нагрузки на коренные популяции. Так, например, эт- нические ареалы «бековских» телеутов и «междуре- ченских» шорцев, проживающих в Кемеровской об- ласти, расположены в зонах активного недропользо- вания (угольные разрезы и шахты), что оказывает вы- раженное негативное воздействие на различные ас- пекты жизни коренного населения, в том числе на состояние здоровья.

Структура и уровень распространенности заболе- ваний наследственной и мультифакториальной при- роды среди различных групп населения имеет терри- торияльную, половозрастную и этническую специфи- ку. Общепризнанным является тот факт, что развитие мультифакториальных заболеваний есть результат взаимодействия генотипа и факторов внешней среды.



Рис. 1. Регионы Южной Сибири

Генофонд популяции складывается из совокупности генотипических характеристик отдельных индивидуумов. Каждый человек имеет особую наследственную конституцию – генотип, который определяется разнообразием полиморфизмов большого числа структурных и функциональных генов. Полиморфизм структурных генов и, как следствие, различная активность кодируемых ими продуктов влечет за собой формирование предрасположенности к развитию патологического процесса, реализующегося под воздействием провоцирующих факторов. Таким образом, оценка вклада средовой и генетической составляющей в распространенность тех или иных заболеваний в популяциях человека является важной задачей современной науки. Полученные в данной области результаты имеют перспективы внедрения в практику здравоохранения, так как могут быть использованы для разработки и совершенствования алгоритмов профилактической и предиктивной медицины.

Настоящая статья посвящена исследованию особенностей популяционно-генетической структуры коренного населения Южной Сибири в контексте распространенности в популяциях коренных народов заболеваний сердечнососудистой системы (ССС). Рост заболеваемости болезнями СССР – серьезная проблема современности. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 2012 г. от заболеваний сердечнососудистой системы умерло 17,5 млн человек, что составило 31 % всех случаев смерти в мире. Из этого числа 7,4 млн умерли от ишемической болезни сердца и 6,7 млн в результате инсульта [2]. В Российской Федерации в 2013 году показатели смертности от болезней системы кровообращения оказались выше среднемировых оценок и составили 53,2 % [7].

Согласно статистическим данным [7], структура заболеваемости сердечнососудистой системы среди населения Сибири имеет территориальные различия. Болезни системы кровообращения занимают в Сибирском федеральном округе 2-е ранговое место в структуре общей заболеваемости населения и являются наиболее значимой причиной смертности населения. Уровень общей заболеваемости населения болезнями системы кровообращения в 2013 г. в Сибирском федеральном округе (СФО) по сравнению с 2012 г. возрос и составил 251,3 на 1000 жителей.

Среди населения различных территорий Южной Сибири также регистрируются значительные колебания уровня заболеваемости болезнями системы кровообращения (рис. 2). Так, в 2013 г. минимальные для данного региона показатели – 89,7 случаев на 1000 населения – были отмечены в Республике Тыва, а максимальные (443,8) – в Алтайском крае. Отметим, что уровень заболеваемости болезнями системы кровообращения в Алтайском крае превышает средний уровень по СФО в 1,5 – 1,8 раза.

В Кемеровской области удельный вес болезней системы кровообращения среди всех причин смерти составил в 2011 г. 47,7 %, а в 2012 г. – 46,4 % [1]. По данным на 2013 г. Кемеровская область лидирует среди регионов СФО, в целом, и южносибирских регионов, в частности, по показателям острого (0,52 на 1000 населения) и повторного (0,62 ‰) инфаркта миокарда. По уровню общей заболеваемости болезнями системы кровообращения население Кемеровской области находится на третьем месте (228,4 ‰), после Алтайского края (443,8 ‰) и Республики Алтай (228,7 ‰) [7].



Рис. 2. Общая заболеваемость болезнями ССС населения Южной Сибири (на 1000 чел.)

Структура и уровень распространенности отдельных заболеваний системы кровообращения населения южносибирского региона по данным официальной статистики [7] также имеет территориальную специфику (рис. 3 и 4). Однако тройка «лидеров» по основным социально значимым классам болезней ССС сохраняется и выглядит следующим образом: Алтайский край, Республика Алтай, Кемеровская область.

Выявленные различия в уровне заболеваемости населения Южной Сибири могут быть обусловлены различными причинами как объективными: особенностями питания и образа жизни, факторами природной и

антропогенной среды, генетическими факторами и так далее, так и субъективными: особенности выявления и учета заболеваемости. Тем не менее продемонстрированная статистикой специфика в уровне распространенности и структуре болезней ССС населения пяти регионов Южной Сибири требует всестороннего изучения. При этом идентификация генетических факторов риска сердечнососудистой патологии и оценка их вклада в подверженность заболеванию – актуальная задача медицинской генетики и молекулярной кардиологии.



Рис. 3. Показатели общей заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением (на 1000 человек)



Рис. 4. Показатели общей заболеваемости ишемической болезнью сердца (на 1000 человек)

Материалы и методы

Настоящее исследование представляет собой попытку оценки особенностей генетической структуры популяций 11 коренных народностей Южной Сибири по данным пяти аутосомных ДНК маркеров, для которых по данным литературы доказано значимое участие в патогенезе болезней сердечнососудистой системы [3 – 5, 8 – 10].

В ходе серии комплексных экспедиций 2004 – 2010 гг. при участии сотрудников кафедры генетики Кемеровского государственного университета и лаборатории популяционной генетики человека Московского медико-генетического научного центра был сформирован биобанк образцов ДНК коренных южносибирских народов. Обследованием охвачены популяции народов Алтая (алтай-кижи, кумандинцы, тубалары, теленгиты, челканцы), Хакасии (качинцы, койбалы, кызыльцы, сагайцы, шорцы абаканские), Горной Шории (горно-таежные). Суммарный объем выборки коренных народов, включенных в данное исследование, составил 1058 человек. Генотипирование образцов проведено по единому спектру генетических маркеров – Alu-полиморфизм в генах *ACE*, *PLAT*, *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*.

Ген *ACE* кодирует ангиотензинконвертирующий фермент, превращающий неактивный прогормон ангиотензин 1 в активный ангиотензин 2. Alu-полиморфизм в гене *ACE* (rs4646994) – инсерция 286 нуклеотидов в 16 интроне гена. Делеция приводит к синтезу продукта с повышенной активностью и ассоциирована с риском развития артериальной гипертензии. Инсерция ассоциирована с пониженным уровнем ЛПВП (липопротеинов высокой плотности), которые обладают антиатерогенным эффектом.

Ген *PLAT* кодирует тканевой активатор плазминогена – белок tPA, который является одним из компонентов свертывающей системы крови (фибринолитическое звено гемостаза). Белок tPA отвечает за образование плазмينا из плазминогена, осуществляя, таким образом, фибринолиз кровяных сгустков. Alu-полиморфизм в гене *PLAT* – *TPA25* (rs4646972) – ин-

серция 311 нуклеотидов в 8 интрон гена. Делеция приводит к синтезу продукта со сниженной активностью, что в свою очередь подавляет фибринолиз и, как следствие, повышает риск тромбофилии (ИБС, ишемический инсульт и пр.).

Apo A1 – основной белок в составе липопротеинов высокой плотности (ЛПВП). Он участвует в транспорте триглицеридов и холестерина, активирует липецин-холестерин-ацетилтрансферазу, способствуя обратному транспорту холестерина с периферии (в том числе из стенки сосудов) в печень. Способствует удалению из стенок сосудов холестерина. Его нормальный уровень обеспечивает снижение риска поражения коронарных и мозговых сосудов. Сниженный – угрожает повышением риска возникновения атеросклероза, поражением коронарных и церебральных артерий. Alu-полиморфизм в гене *ApoA1* (rs3138522) – инсерция в некодирующей части гена (трейлере) может влиять на стабильность mRNA и в ряде случаев приводить к дислипидемии.

Т-кадгерин (продукт гена *CDH13*) – является навигационным рецептором, участвующим в активации систем внутриклеточной сигнализации, выполняющим навигационную функцию при неоангиогенезе, вызывающим реорганизацию микротрубочек и активного цитоскелета в эндотелиальных клетках. Обладает кардиопротективной функцией. Рецепторы связывают гормон адипонектин (APN) в сердечной ткани, оказывающий защитное воздействие на сердце в условиях стресса; защищают васкулярные эндотелиальные клетки от апоптоза обусловленного окислительным стрессом, ассоциированы с устойчивостью к атеросклерозу. Подавление экспрессии Т-кадгерина снижает проницаемость эндотелиального монослоя. Увеличение экспрессии Т-кадгерина повышает связывание липопротеидов низкой плотности с мембранами клеток, и стимулирует выход ионов кальция из эндоплазматического ретикулума в цитозоль. Гиперэкспрессия Т-кадгерина стимулирует миграцию клеток, а липопротеиды низкой плотности усиливают эффект Т-кадгерина. Alu-полиморфизм в гене *CDH13* – PV92

(rs3138523) – инсерция в 2 интроне гена, влияние инсерции на продукт гена неизвестно.

Фактор XIII свертывания крови или фибрин стабилизирующий фактор является проферментом транс-глутаминазы плазмы. Состоит из двух субъединиц – α и β . Alu-полиморфизм в гене *F13B* – инсерция в 10 интроне гена. В группе больных коронарным атеросклерозом Alu-полиморфизм гена *F13B* ассоциируется с вариабельностью уровня холестерина в составе липопротеинов низкой плотности.

Материалом для исследования аутосомных ДНК маркеров послужила геномная ДНК, выделенная из цельной крови стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Результаты амплификации оценивали при помощи электрофореза в агарозном геле. Для детекции ДНК использовали окраску гелей бромистым этидием с последующей визуализацией ДНК в УФ-свете. По данным о частотах аллелей аутосомных ДНК вычисляли генетические расстояния (d) между популяциями [11]. На основе матриц генетических расстояний создавались графики многомерного шкалирования в программе STATISTICA.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены данные, характеризующие частоту аллелей (наличие Alu-инсерций) генов *ACE*, *PLAT*, *ApoA1*, *CDH13*, *F13B* в популяциях коренных народов Южной Сибири. Сравнительный анализ полученных данных продемонстрировал специфику генетической структуры южносибирских популяций по исследованному комплексу генов. Максимальные частоты Alu-инсерции в гене *ACE* выявлены у шорцев горно-таежной зоны Кемеровской области (0,709), абаканских шорцев (0,647) и в популяциях южных алтайцев Республики Алтай – алтай-кижи (0,667) и теленгитов (0,624). Самая низкая частота зарегистри-

рована у коренного народа Алтайского края – кумандинцев (0,428).

Значительный разброс аллельных частот отмечен также в отношении Alu-инсерции в генах *PLAT*, *CDH13* и *F13B*. Частота Alu-инсерции *TPA25* в гене *PLAT* варьирует в широких пределах от 0,267 у кумандинцев Алтайского края и 0,346 у хакасов-кызыльцев Республики Хакасия до 0,630 у шорцев горно-таежной зоны Кемеровской области. Что касается гена *CDH13*, то с высокой частотой Alu-*PV92* регистрируется у хакасов-койбалов Республики Хакасия. Минимальные значения в отношении данной инсерции выявлены в популяциях северных алтайцев Республики Алтай – тубаларов (0,489) и челканцев (0,416). Alu-инсерция в гене *F13B* также максимальна у хакасов-койбалов Республики Хакасия (0,814). Низкая частота аллеля Alu-*F13B* отмечена среди коренного народа Алтайского края – кумандинцев (0,573).

Данные, полученные при сравнении частот Alu-инсерции в гене *ApoA1*, демонстрируют крайние значения частот: максимальные у кумандинцев Алтайского края (0,966) и северных алтайцев Республики Алтай – тубаларов (0,928) и челканцев (0,938); минимальные в шорских популяциях – у шорцев Кемеровской области (0,867) и Республики Хакасия (0,838). Как уже отмечалось выше, Alu-*ApoA1* в ряде случаев приводят к дислипидемии. Таким образом, можно предположить, что повышенная частота данной инсерции в популяциях челканцев и кумандинцев будет способствовать повышенному уровню распространенности в их популяциях нарушений липидного обмена, по сравнению с шорскими популяциями. Данное предположение находит подтверждение в результатах исследования Т. А. Мулеровой и соавторов [6, с. 2], в котором отмечалось различие в экспрессии нарушения липидного обмена у шорцев и тубаларов (29,4 % 49,4 % соответственно).

Таблица 1

Частоты встречаемости инсерций пяти аутосомных ДНК маркеров в коренных популяциях Южной Сибири

Этническая группа	Локус				
	<i>ACE*<i>i</i></i>	<i>TPA25*<i>i</i></i>	<i>PV92*<i>i</i></i>	<i>APOA1*<i>i</i></i>	<i>F13B*<i>i</i></i>
Алтай-кижи	0,667	0,500	0,607	0,905	0,659
Теленгиты	0,624	0,451	0,645	0,966	0,749
Кумандинцы	0,428	0,267	0,578	0,928	0,573
Тубалары	0,601	0,415	0,489	0,938	0,736
Челканцы	0,586	0,493	0,416	0,845	0,775
Качинцы	0,633	0,521	0,516	0,893	0,754
Койбалы	0,618	0,451	0,656	0,902	0,814
Кызыльцы	0,577	0,346	0,577	0,962	0,769
Сагайцы	0,641	0,513	0,513	0,875	0,699
Шорцы абаканские	0,647	0,581	0,553	0,838	0,703
Шорцы горно-таежные	0,709	0,630	0,532	0,867	0,639

По данным о частотах аллелей была построена матрица генетических расстояний между популяциями (таблица 2).

Матрица генетических расстояний между исследованными этносами

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Алтай-кижи	0,000	0,005	0,041	0,011	0,021	0,006	0,010	0,015	0,004	0,006	0,009
2. Теленгиты	0,005	0,000	0,036	0,009	0,023	0,009	0,003	0,006	0,010	0,014	0,024
3. Кумандинцы	0,041	0,036	0,000	0,029	0,052	0,049	0,045	0,022	0,044	0,060	0,077
4. Тубалары	0,011	0,009	0,029	0,000	0,007	0,005	0,012	0,005	0,006	0,015	0,025
5. Челканцы	0,021	0,023	0,052	0,007	0,000	0,005	0,021	0,020	0,007	0,012	0,023
6. Качинцы	0,006	0,009	0,049	0,005	0,005	0,000	0,009	0,014	0,001	0,004	0,011
7. Койбалы	0,010	0,003	0,045	0,012	0,021	0,009	0,000	0,008	0,012	0,014	0,029
8. Кызыльцы	0,015	0,006	0,022	0,005	0,020	0,014	0,008	0,000	0,015	0,026	0,042
9. Сагайцы	0,004	0,010	0,044	0,006	0,007	0,001	0,012	0,015	0,000	0,003	0,008
10. Шорцы абаканские	0,006	0,014	0,060	0,015	0,012	0,004	0,014	0,026	0,003	0,000	0,004
11. Шорцы горные	0,009	0,024	0,077	0,025	0,023	0,011	0,029	0,042	0,008	0,004	0,000

Расчет усредненных показателей генетических расстояний, то есть удаленности от всех исследованных популяций, показал, что максимальную генетическую дистанцированность от всех исследованных народов Южной Сибири по изученному комплексу генетических маркеров демонстрируют популяции шорцев горно-таежной зоны Кемеровской области (0,03) и кумандинцев Алтайского края (0,05). При этом у шорцев выявлены высокие значения частоты Alu-инсерций в генах *ACE* и *PLAT*, при низких значениях инсерций в генах *ApoA1*, *CDH13*, *F13B*. У кумандинцев отмечены низкие частоты Alu-инсерций в генах *ACE*, *PLAT*, *F13B*.

Далее на основе матрицы генетических расстояний было проведено многомерное шкалирование, иллюстрирующее положение исследованных популяций друг относительно друга в генетическом пространстве (рис. 5). Шкалирование отражает определенную дистанцированность кумандинцев и шорцев от остальных обследованных народов Южной Сибири.

Таким образом, проведенное исследование позволяет говорить о том, что популяции коренных южно-сибирских народов обладают особенностями популяционно-генетической структуры, которая может оказывать влияние на распространенность заболеваний сердечнососудистой системы у коренного населения Южной Сибири.

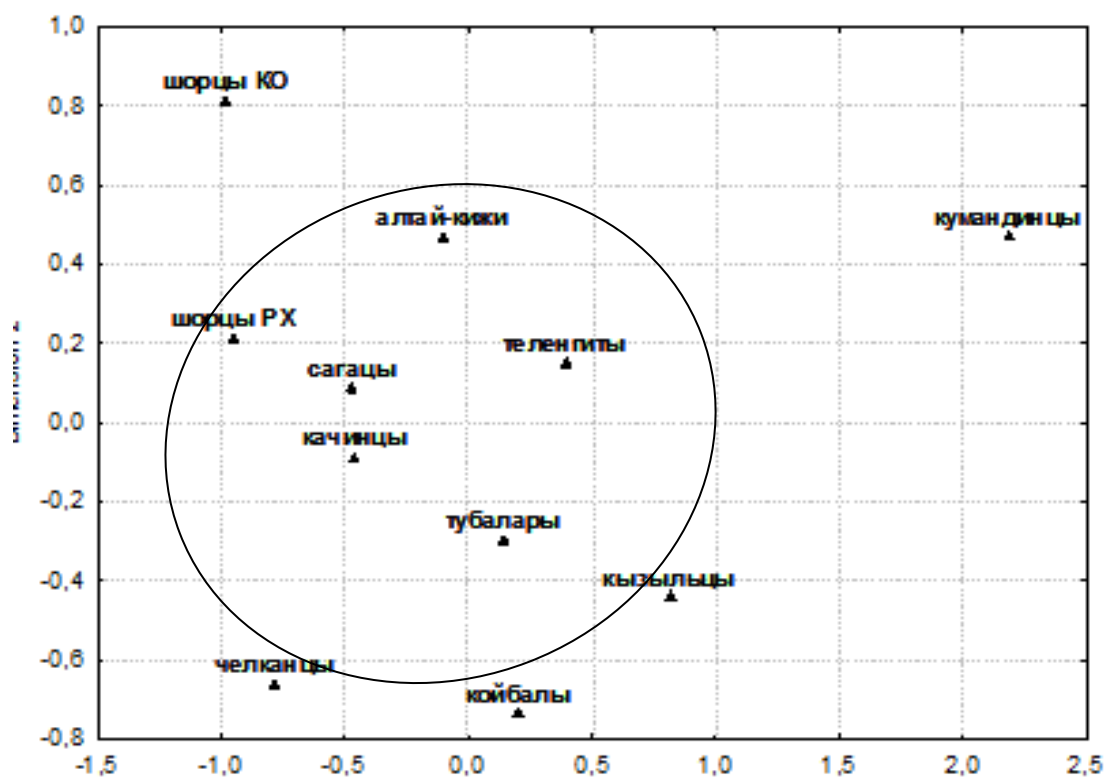


Рис. 5. Генетические взаимоотношения между коренными популяциями Южной Сибири (по данным генетических маркеров)

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2013 году». Режим доступа: <http://42.rospotrebnadzor.ru/documents/10156/>
2. Информационный бюллетень ВОЗ. 2015. № 337. Режим доступа: <http://www.who.int/bulletin/volumes/ru/>
3. Клейменова Е. Б. Клинико-генетическое прогнозирование риска развития ишемической болезни сердца: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: Центральный научно-исследовательский институт гастроэнтерологии, 2009. 34 с.
4. Кучер А. Н., Бабушкина Н. П., Маркова В. В., Половкова О. Г., Жейкова Т. В., Ан А. Р., Назаренко М. С., Боткина О. Ю., Брагина Е. Ю., Голубенко М. В., Еремина Е. Р., Пузырев В. П. Изменчивость полиморфных вариантов генов-кандидатов заболеваний сердечнососудистой системы у представителей четырех этнических групп сибирского региона // Медицинская генетика. 2010. Т. 9. № 5. С. 24 – 34.
5. Максимов В. Н. Связь наследственной отягощенности и полиморфизма некоторых генов-кандидатов с сердечнососудистыми заболеваниями и их факторами риска в городской популяции Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2007. 45 с.
6. Мулерова Т. А., Рубцова Е. В., Шаповалова Э. Б., Огарков М. Ю. Этногенетические аспекты артериальной гипертензии малочисленных народов юга западной Сибири // X Всероссийский конгресс «Артериальная гипертензия как фактор риска сердечнососудистых заболеваний». 2014.
7. Основные показатели здоровья населения и здравоохранения Сибирского федерального округа в 2013 г.: сб. стат. и аналит. мат. Вып. 13 / под общ. ред. О. В. Стрельченко. АНФПО «Новосибирский академический центр человека». 2014. 298 с.
8. Стрекалов Д. Л. Молекулярные основы патогенеза сердечнососудистых заболеваний: учебное пособие. СПбГПМА, 2004. 21 с.
9. Шевченко О. В., Свистунов А. А., Бородулин В. Б., Рута А. В., Бычков Е. Н. Генетические основы патогенеза эссенциальной артериальной гипертензии // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7. № 1. С. 83 – 87.
10. Naber C. K., Siffer W. Genetics of human arterial hypertension // Minerva. Med. 2004. Vol. 5. № 5. P. 347 – 356.
11. Nei M. Molecular population genetics and evolution. Amsterdam: North Holland publishing company; New York: Oxford American Elsevier publishing company, 1975. 288 p.

Информация об авторах:

Лавряшина Мария Борисовна – доктор биологических наук, профессор кафедры генетики биологического факультета КемГУ, imb2001@mail.ru.

Mariya B. Lavryashina – Doctor of Biology, Professor at the Department of Genetics, Kemerovo State University.

Ульянова Марина Владиславовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики биологического факультета КемГУ, ulmar2003@mail.ru.

Marina V. Ulyanova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Genetics, Kemerovo State University.

Тхоренко Борис Александрович – студент 3 курса биологического факультета КемГУ, tba2008@mail.ru.

Boris A. Tkhorenko – student at the Faculty of Biology, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **М. Б. Лавряшина**). (Academic advisor – **M. B. Lavryashina**).

Понасенко Анастасия Валериевна – кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией геномной медицины Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечнососудистых заболеваний, ponasenkoav@list.ru.

Anastasiya V. Ponasenko – Doctor of Medicine, Head of the Laboratory of Genomic Medicine, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo.

Дружинин Владимир Геннадьевич – доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР КемГУ, druzhinin_vladim@mail.ru.

Vladimir G. Druzhinin – Doctor of Biology, Full Professor, Head of the Department of Genetics, Vice-Rector for Science and Research, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 569: 551.797 + 902/904

**ЭНЕОЛИТИЧЕСКИЙ ЗООАРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОСЕЛЕНИЯ ТАНАЙ 4А
(Кемеровская область)
С. С. Онищенко**

**ZOOARCHAEOLOGICAL ASSEMBLAGE OF THE ENEOLITHIC
FROM THE SETTLEMENT TANAY 4A (Kemerovo region)
S. S. Onishchenko**

Поселение Танай 4а (Кемеровская область) является ключевым памятником эпохи энеолита Западной Сибири (III тыс. до н. э.). При раскопках выявлены археологические комплексы, датируемые от ранней бронзы до Средневековья. Полученная в ходе раскопок фаунистическая коллекция до сих пор не изучена, что делает невозможным реконструкцию особенностей хозяйственной деятельности древнего населения. Основная проблема при изучении сложных по культурному происхождению фаунистических материалов – выделение хронологически разных зооархеологических комплексов. В работе использован оригинальный алгоритм выделения хронологически разных зооархеологических комплексов, основанного на анализе стратиграфических особенностей памятника и локализации массовых артефактов энеолита и поздней бронзы по его площади. Всего было изучено 2604 образца, из которых 546 относятся к энеолитическому времени. Установлено, что в энеолите хозяйство населения было основано на рыболовстве и сезонной охоте на диких животных, в основном, бобра. Элементы скотоводства выражаются в наличии немногочисленных остатков мелко- и крупнорогатого скота, а также лошадей. В работе приводится характеристика системы основных видов угодий, осваиваемых населением при таком способе хозяйства.

The settlement Tanay 4a (Kemerovo region) is a key monument of the Late Stone Age (Eneolithic, III millennium BC) in Western Siberia. Archaeological complexes have dates from early Bronze Age to the Middle Ages. Faunal collection has not yet been studied, making it impossible to reconstruct the economic activity of the ancient population. The main problem for the analysis of the faunal materials of mixed cultural background is the division of chronologically different zooarchaeological assemblages. The paper describes the extraction algorithm of chronologically different zooarchaeological complexes. It is based on an analysis of the stratigraphy of the monument and the localization of mass artifacts of the Eneolithic and Late Bronze Age in its area. The total of 2604 remains of animals was studied, of which 546 belong to the Eneolithic. It was found that in the Eneolithic people were engaged in fishing and season hunting for wild animals (moose, bear, roe deer, marmots, badgers). The main object of hunting was the beaver. Remnants of domesticated horses, cows and sheep were few. The paper provides the characteristics of the main types of land that residents of the settlement used at such way of environmental management.

Ключевые слова: зооархеология, энеолит, Западная Сибирь, система природопользования.

Keywords: zooarchaeology, Eneolithic, Western Siberia, system of environmental management.

Поселение Танай 4а, расположенное на берегу оз. Ата-Анай на границе Новосибирской (Тогучинский р-н) и Кемеровской (Промышленновский р-н) областей, относится к числу ключевых археологических памятников эпохи энеолита юго-востока Западной Сибири (IV – III тыс. до н. э.). В историко-фаунистическом отношении период формирования поселения приходится на ключевой этап в истории становления региональных фаун современного типа в лесостепной и степной зонах Западносибирской равнины, сопредельных предгорных и горных районов Алтая. Начиная с IV тыс. до н. э., на этих территориях появляются и повсеместно распространяются domesticiрованные животные (лошади, крупно- и мелкорогатый скот) и, как следствие, у древнего населения формируются принципиально новые элементы в системах природопользования (или в историко-культурном контексте – системах жизнеобеспечения), основанные на сочетании присваивающих и производящих форм хозяйства, а ареалы многих охотничьих видов млекопитающих стабилизируются в границах, близких к современным [1; 9; 10; 14 – 18; 20 – 23]. В связи с этим исследование зооархеологических материалов поселения Танай 4а, по генезису являющихся следст-

вием охоты, рыболовства или скотоводства, представляют особый интерес с точки зрения установления специфики хозяйственной деятельности энеолитического населения в северо-западной части Кузнецкой котловины и уточнения времени появления первых domesticiрованных видов животных.

В ходе раскопок поселения (1995 – 2002 гг.) было выявлено 45 энеолитических жилищ и хозяйственных построек и одно культовое сооружение ирменской культуры поздней бронзы (конец II – начало I тыс. до н. э.). В разных частях памятника и на разных стратиграфических уровнях найдены артефакты за разные периоды, вплоть до Средневековья [2 – 7]. В совокупности разновременность сооружений и вещевых комплексов предполагает наличие в костеностных отложениях хронологически разных серий фаунистических образцов, образовавшихся как результат деятельности разных по культурно-хронологической принадлежности групп населения. Как результат, возникает проблема по выделению разнотипных зооархеологических комплексов на многослойных памятниках, подобно Танай 4а, так как сами материалы не имеют культурно-диагностических признаков подобно артефактам из вещевых комплексов (керами-

ка, украшения, предметы вооружения, инструменты). Следовательно, о культурно-хронологической принадлежности костеносных отложений однозначно можно говорить только в отношении тех, которые находились на дне энеолитических жилищ, в случае их ненарушенности более поздними включениями или только в определенном стратиграфическом слое, имеющим четкое по времени происхождение. В совокупности объективно ограничиваются как объем анализируемого материала, так и возможности интерпретации результатов его исследования. Такие особенности и определили цель исследования, заключающуюся в выделении энеолитического зооархеологического комплекса из разнородной по хронологии фаунистической коллекции с поселения Танай 4а и её анализ.

В качестве материала были использованы фаунистические коллекции, хранящейся в фондах Музее археологии, этнографии и экологии Южной Сибири Кемеровского государственного университета. Всего было изучено 2604 образцов костей и зубов, а также их фрагментов из поселения Танай 4а. Кроме того, для сравнения полученных результатов по выделению разновременных зооархеологических комплексов с этого памятника и оценки репрезентативности полученных результатов, касающихся видовой структуры зооархеологических комплексов, анализировалась фаунистическая коллекция объемом в 787 образцов с поселения поздней бронзы Танай 4. Это поселение находится в непосредственной близости (в 150 м) от Танай 4а и, как показали раскопки, часть зооархеологического комплекса Танай 4а по генезису связана с Танай 4.

При определении остатков животных использовался ряд палеонтологических руководств [11 – 13], в том числе зооархеологических, касающихся разделения морфологически сложных групп *Ovis/Capra*, *Capreolus/Ovis/Capra*, *Bison/Bos*, *Cervus/Bos* [25; 28 – 33]. Кроме того, в сложных случаях использовалась оригинальная коллекция сравнительных эталонных образцов элементов скелетов диких и одомашненных видов. Если образец был сильно поврежден и не имел четких видоспецифических признаков, то с учетом сочетания количественных (размер, толщина стенок кости) и качественных (форма, наличие группоспецифических признаков) критериев, он относился к одной из размерно-видовых групп животных, исходя из видового состава фаунистического комплекса, выявленного в ходе анализа коллекции. На основании этого были выделены следующие внетаксономические группы: к «крупному животному» были отнесены фрагменты, которые могли принадлежать группе видов *Bos/Equus/Alces/Ursus*; соответственно, к «крупному копытному» – *Bos/Equus/Alces*; к «крупному парнокопытному» – *Bos/Alces*; к «среднему животному» – *Meles/Marmota/Canis/Ovis/Capreolus* и к «среднему парнокопытному» – *Capreolus/Ovis*.

Для выделения разнотипных зооархеологических комплексов были проанализированы отчеты по результатам раскопок Танай 4а, содержащие стратиграфические наблюдения и следующие выводы:

1. Культурные слои содержали материалы следующих археологических культур: большереченской – раннее железо (VI – II вв. до н. э.), ирменской – начало I тыс. до н. э. (X – VII вв. до н. э., поздняя брон-

за), корчажкинской – финал II–начало I тыс. до н. э. (поздняя бронза), самусьской – XVI – XIII вв. до н. э. (развитая бронза), крохалевской – первая половина II тыс. до н. э. (ранняя бронза) и большемысской – III тыс. до н. э. (энеолит). Среди них наиболее массовыми являются артефакты большемысской, крохалевской, корчажкинской и ирменской культур. Артефакты остальных культур или представлены небольшими сериями обломков, что предполагает крайне низкую вероятность попадания на площадь памятника зооархеологических образцов в эти периоды в заметных количествах.

2. Объекты раннего периода существования поселения (энеолит) сохранились достаточно хорошо и не нарушались в более позднее время.

3. В позднюю бронзу (конец II – начало I тыс. до н. э.) западины ряда энеолитических жилищ использовались как место для размещения отходов, привнесенных с поселения Танай 4. В итоге в заполнениях ряда сооружений и на отдельных участках Танай 4а сформировался специфический слой золотистой супеси (зольники), содержащий артефакты корчажкинской археологической культуры.

4. Находки в заполнение и по периферии сооружения № 30 относятся к другой культуре поздней бронзы – ирменской.

Исходя из этого, на дне жилищ (кроме ирменского жилища № 30 и неолитического жилища № 45) находились костеносные скопления, оставшиеся в энеолите (378 экз.), т. е. с момента их сооружения и до окончания их функционирования. В заполнении жилищ могут встречать фаунистические материалы, отложившиеся здесь в разное время, но, как правило, после того, как жилища перестали функционировать. В основном здесь будет смесь остатков, привнесенных извне. По естественным причинам сюда могли попадать фаунистические образцы, находившиеся на бортах котлованов жилищ или на примыкающих к ним площадях, по мере замывания и накопления массы грунта в ямах жилищ, т. е. энеолит – ранняя бронза или ирменское время (жилище № 30), а также те, которые были преднамеренно помещены на поверхность западин или закопаны в заполнениях жилищ в разное, но в более позднее время. С учетом того, что видимые западины жилищ, а также некоторые участки межжилищных пространства использовались в корчажкинское время для размещения зольников, то в верхнем слое над заполнением жилищ и на отдельных участках памятника будут содержаться в основном зооархеологические материалы соответствующей культурной принадлежности.

На межжилищных пространствах и над заполнением жилищ, где отсутствует слой золотистой супеси, с равной вероятностью могли отложиться материалы от энеолита до средневековья. В то же время в структуре анализируемых зооархеологических материалов на их долю приходится до 2/3, поэтому в случае идентификации разных по происхождению остеологических комплексов будет возможным охарактеризовать разные историко-культурные периоды на более репрезентативном материале, включающем не только коллекции из жилищ, хронологическая принадлежность которых не вызывает сомнений.

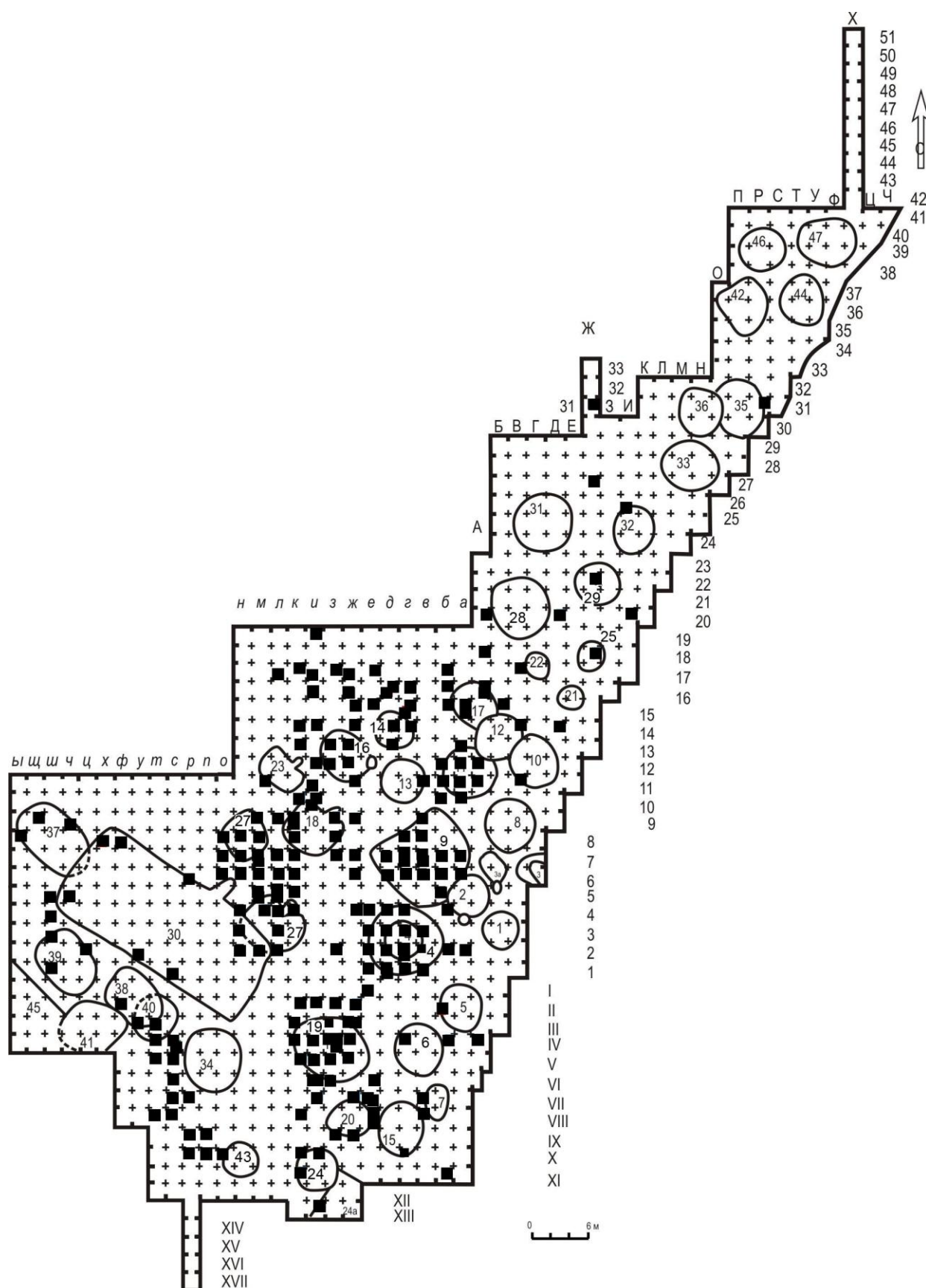


Рис. Размещение артефактов разной культурной принадлежности в верхнем слое памятника Танай 4а. Культурная принадлежность артефактов обозначена темными квадратами, расположенными по углам раскопочного квадрата в следующем порядке: верхний левый – корчажская, верхний правый – большемысская, нижний правый – крохалевская, нижний левый – ирменская

Для того, чтобы выявить места концентраций хронологически однородных зооархеологических материалов в отдельных частях памятника на этом стратиграфическом уровне, был проведен анализ распределения находок вещей по раскопочным квадратам и объектам, представленных в Отчетах о результатах раскопочных работ [1995 – 2002 гг.] и их картирование по площади памятника (рис.). При анализе полученного распределения находок вещей мы исходили из того, что артефакты и зооархеологические материалы по генезису представляют собой единый археологический комплекс, который маркируют вещи с установленной культурной принадлежностью. Следовательно, концентрация артефактов, отнесенных к определенной археологической культуре, на отдельных участках памятника указывает и на нахождение здесь же синхронных с ними зооархеологических материалов.

Анализ локализации артефактов разной культурной принадлежности верхнего стратиграфического

уровня показал неоднородность в их размещении, наличие участков со смешанными и монокультурными комплексами. Большемысские артефакты без инокультурных включений в основном размещены по северной границе памятника, в юго-восточном углу и в его северо-восточной части, а также в центре – в полосе между жилищами № 4, 9, 13, 16, 18, 19, 27. Корчажкинские материалы были локализованы над жилищами № 4, 6, 9, 11, 16, 18 (частично) 26, 27, а также в узкой полосе в юго-западном секторе. Здесь же фиксировался слой золотистой супеси. Ирменские артефакты по Отчетам о раскопках памятника в основном встречались у жилища № 30 и на всех стратиграфических уровнях в его границах. На других участках памятника они встречаются как отдельные находки или совместно с артефактами других культур. Крохалевские материалы и материалы иных культур спорадично распределены по памятнику и не создают каких-либо полей концентрации.

Таблица

Структура зооархеологических комплексов

Идентификационная группа	Танай 4а								Танай 4	
	всего		археологическая культура*							
			бмс		ирм		крч			
	экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%
Alces alces	131	5,0	29	5,3	2	0,8	10	3,6	31	3,9
Capreolus pygargus	128	4,9	30	5,5	8	3,3	16	5,7	77	9,8
Bos taurus	497	19,1	30	5,5	76	31,0	51	18,2	113	14,4
Equus caballus	398	15,3	29	5,3	80	32,7	33	11,8	28	3,6
Ovis aries	95	3,7	16	2,9	26	10,6	8	2,9	51	6,5
Moschus moschiferus?	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,3
Canis familiaris	7	0,3	1	0,2	1	0,4	-	-	4	0,5
Canis sp	12	0,5	1	0,2	1	0,4	-	-	-	-
Ursus arctos	154	5,9	59	10,8	-	-	7	2,5	7	0,9
Vulpes vulpes	7	0,3	-	-	-	-	1	0,4	-	-
Gulo gulo	12	0,5	-	-	8	3,3	1	0,4	-	-
Martes zibellina	3	0,1	1	0,2	-	-	-	-	-	-
Meles leucurus	6	0,2	2	0,4	1	0,4	0	0,00	-	-
Castor fiber	311	11,9	147	26,9	1	0,4	11	3,9	15	1,9
Marmota baibacina	50	1,9	26	4,8	-	-	2	0,7	4	0,5
Lepus timidus	3	0,1	-	-	-	-	1	0,4	-	-
Micromammalia	1	0,0	1	0,2	-	-	-	-	-	-
Крупное животное	220	8,5	49	9,0	11	4,5	38	13,6	189	24,0
Крупное копытное	81	3,1	5	0,9	1	0,4	13	4,6	25	3,2
Крупное парнокопытное	71	2,7	10	1,8	9	3,7	5	1,8	19	2,4
Среднее животное	128	4,9	44	8,1	6	2,5	20	7,1	54	6,9
Среднее парнокопытное	20	0,8	2	0,4	6	2,5	1	0,4	12	1,5
Не идентифицированные	232	9	47	8,6	5	2,0	61	21,8	153	19,4
Aves	5	0,2	1	0,2	1	0,4	1	0,4	-	-
Osteichthyes	31	1,2	16	2,9	2	0,8	0	0,00	2	0,3
Esox lucius	1	0,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,1
Всего	2604	100,0	546	100,0	245	100,0	280	100,0	787	100,0

Примечание: * бмс – большемысская, ирм – ирменская, крч – корчажгинская.

На основании этого анализа была проведена группировка наиболее массовых зооархеологических материалов большемысской, корчажкинской и ирменской культур. В анализ не были включены сборы из раскопочных квадратов, где имеются смешанные комплексы артефактов или культурная принадлежность которых неопределенна как этим способом, так и археологически. Из анализа был также исключен зооархеологический материал из заполнений некоторых жилищ (№ 4 – 7, 11, 27, 34, 39), перекрывающихся золотистой супесью, так как не исключено, что он может иметь разнокультурное происхождение.

Результаты анализа полученных таким образом разнокультурных серий фаунистических материалов показали, что они заметно отличаются друг от друга по видовому составу (таблица). Примечательно, корчажкинские зооархеологические комплексы из Танай 4а и Танай 4 по структуре доминирования в целом повторяют друг друга, что позволяет оценить такой способ выделения разнокультурных фаунистических комплексов как адекватный.

Анализ энеолитической серии материалов показал, что для большемысской культуры характерно доминирование остатков от охотничьих видов животных, особенно медведя и бобра, над доместифицированными формами. Относительно медведя, обращает внимание анатомический состав находок в жилищах, из которых имеются небольшие серии образцов. Там присутствуют элементы от анатомически связанных структур, в основном стоп и примыкающих к ним трубчатых костей, т. е. части туши. Так, в жилище № 10 найдены правая пяточная и обломок большеберцовой кости, в жилище № 12 остатки костей левых передней и задней конечностей, в жилище 17 и 21 исключительно кости стоп, в жилище № 28 кости передней левой стопы и локтевой кости. Эта ситуация свидетельствует не о массовой добыче медведей энеолитическими охотниками, а скорее всего, лишь является следствием нерегулярной охоты на отдельных зверей и распределения между жителями отдельных частей туш. Такой разовый характер добычи медведей также согласуется с тем, что медведи являются одичавшими животными, предпочитают залесенные территории, перемещающимися по довольно большому индивидуальному участку (площадью в несколько десятков или сотен километров), избегают открытых пространств, подобно местности, где расположено поселение. В летне-осенний период могут следовать за копытными для жировки и могли заходить в его окрестности.

Охота на бобра и серого сурка носила целенаправленный характер, в результате чего добывалось заметно большее их количество, что регистрируется в первую очередь не в количестве образцов от них, а в минимальном количестве добытых животных, установленных по наличию парных элементов. Так, в сборах имеются остатки от 13 бобров и 12 сурков. Среди диких копытных остатки от лосей и косуль встречаются в равных пропорциях.

Примечательной особенностью является разнообразие охотничьих видов, добыча которых возможна только в ограниченное время года. Так, медведь, се-

рый сурок, бобр, барсук из-за особенностей образа жизни становятся недоступными на протяжении большей части года (осене-зимне-весенний период). Если медведя ещё можно было добыть зимой в берлоге, то зимоспящих сурка и барсука в земляных глубоких норах невозможно. О летне-осенней добычи этих видов также свидетельствует наличие в материале из жилища № 1 фрагмента нисходящей ветви левой зубной кости (с ювенильным набором зубов) от сеголетка в возрасте 5 месяцев. С учетом сроков рождения (январь), сеголеток был добыт в начале лета (июнь-июль). Бобр после ледостава практически не выходит на поверхность. Единственная находка кости от соболя свидетельствует о том, что он был добыт или в горной тайге Салаирского края (что предполагает наличие зимних выходов в этот район) или то, что это был мигрирующий зверь, зашедший в окрестности поселения в осеннее время.

Лось в условиях Кузнецко-Салаирской горной области мигрирует на равнинные территории Кузнецкой котловины и Присалаирья в конце лета – осенью на зимние стойбы. Здесь он концентрируется по закустаренным долинам рек и заболоченным низинам, или в колках с молодой древесной порослью. Этот комплекс условий имеется в районе расположения памятника (пританайская депрессия) и по долинам рек. Эта особенность, а также то, что в материалах имелись обломки рогов, предполагает, что доступным для охотников он становился в этот период года. Косуля, хотя и предпочитает мозаичные ландшафты, сочетающие луга и колки, более заметной становится в осеннее время, когда в котловину на зимовку стягиваются животные из Салаирского края.

Выявленные особенности структуры охотничьих видов в зооархеологическом комплексе большемысской культуры предполагает или то, что поселение использовалось в летне-осенний период, или то, что охота как ведущая форма хозяйствования имело ярко выраженный сезонный характер при круглогодичном проживании населения. В последнем случае с момента установления постоянного снежного покрова охота могла быть только на диких копытных с освоением довольно больших по площади территорий, а также в удаленных от поселения частях горной тайги Салаирского края на медведя (на берлогах) или пушных зверей.

Второй ведущей формой присваивающего хозяйства было рыболовство, что прослеживается по массе остатков рыб и специфических орудий лова (острога), зафиксированных археологически. К сожалению, в фаунистической коллекции почти отсутствуют остатки рыб, поэтому определить видовой состав отловленных рыб невозможно.

Из одомашненных животных имеется весь спектр видов. Среди них явно доминирует крупнорогатый скот. Остатки овец и лошадей встречаются в небольших количествах, что свидетельствует об их второстепенной роли в производящем хозяйстве или то, что в период функционирования поселения их реже забивали на мясо. Следует отметить, что структура стада домашних животных отличается от таковой энеолитических поселений Алтая, где основными видами

домашнего скота являлись лошади, мелкорогатый скот и в меньшей степени крупнорогатый скот [18, с. 104].

В целом полученные результаты относительно второстепенной роли домашних животных в экономике энеолитического населения совпадают с выводами, полученными при анализе фаунистических коллекций с однокультурных памятников Алтая Тыткескень-2 (горизонт 3), Костенкова Избушка (горизонты 4 – 6), стоянка Западное [15; 18; 19; 24].

Исходя из того, что собственно лесостепные и степные ландшафты межгорных котловин северной оконечности Алтае-Саян современного типа сформировались к середине голоцена и в дальнейшем их облик слабо изменялся [8; 27] с учетом того, что граница леса и степи на примыкающих к Кузнецкой котловине территориях Западносибирской равнины также стабилизировалась в середине голоцена и остается неизменной до настоящего времени [26], ландшафтный облик района расположения памятника к середине голоцена качественно не отличался от современного. Это даёт возможность заключить, что при такой специфике в структуре большемысского зооархеологического комплекса поселения Танай 4а, система природопользования большемысского населения будет основана на использовании:

– речных, водно-болотных угодий и пойменно-долинных ландшафтов как мест рыболовства, охоты на бобра и диких копытных в местах их концентрации;

– остепненных лугов и степей, как мест концентрации поселений серых сурков, балок и склонов как мест поселений барсуков в целях охоты на них, а также мест выпаса всех видов домашних копытных;

– опушечной полосы в лесостепной части котловины, а также подножья Салаирского кряжа для охоты на косуль;

– мезофитных лугов по понижениям, пойменных лугов вдоль береговой полосы рек и остепненных, в первую очередь, разнотравных лугов как пастбищ для крупно- и мелкорогатого скота.

Автор выражает искреннюю признательность В. В. Боброву, заведующему кафедре археологии Кемеровского государственного университета, автору раскопок поселений Танай 4а и Танай 4, за предоставленную возможность ознакомиться с материалами памятника и документацией, а также ценные консультации по памятникам, а также А. В. Умеренковой, сотруднику той же кафедры, за помощь, оказанную на разных этапах работы.

Литература

1. Бачура О. П., Косинцев П. А. Фауны млекопитающих в позднем плейстоцене и голоцене на Южном Урале // Вестник Омского государственного университета. 2010. № 12. С. 42 – 48.
2. Бобров В. В. Танай-4а новый памятник большемысской культуры // Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 1996. С. 66 – 71.
3. Бобров В. В. Общая характеристика раннего комплекса поселения Танай-4а // Проблемы неолита-энеолита юга Западной Сибири. Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999. С. 17 – 35.
4. Бобров В. В., Жаронкин В. Н. Новые материалы из раскопок поселения Танай-4а // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. IV. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 1998. С. 187 – 190.
5. Бобров В. В., Жаронкин В. Н. Новые материалы раннего комплекса поселения Танай-4а // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. V. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 1999. С. 253 – 257.
6. Бобров В. В., Жаронкин В. Н. Завершение полевых исследований поселения Танай-4а // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. VIII. Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 2002. С. 234 – 236.
7. Бобров В. В., Кунгурова Н. Ю. Функциональное использование основных групп изделий эпохи энеолита с поселения Танай-4а // Археология, этнография и антропологии Евразии. 2004. № 2(18). С. 94 – 101.
8. Боковенко Н. А., Кипуновская Л. Е., Красниенко С. В., Кулькова М. А., Лазаретов И. П., Семенов В. А. Развитие древних культур Центральной Азии в контексте климатических изменений (по материалам Минусинско-Хакасских котловин и Тувы) // Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2010. С. 114 – 122.
9. Гасилин В. В. Фауна крупных млекопитающих в голоцене: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2009. 16 с.
10. Гасилин В. В., Косинцев П. А. Динамика структуры фауны копытных Урало-Поволжья в голоцене // Вестник Омского государственного университета. 2009. № 6. С. 108 – 110.
11. Громова В. И. Определитель млекопитающих СССР по костям скелета. Вып. 1: Определитель по крупным трубчатым костям. А. М.; Л., 1950 а. 240 с.
12. Громова В. И. Определитель млекопитающих СССР по костям скелета. Вып. 1: Определитель по крупным трубчатым костям. Б. Альбом рисунков. М.; Л., 1950б. 108 с.
13. Громова В. И. История лошадей (рода *Equus*) в Старом Свете. Ч. 1: Обзор и описание форм // Тр. Палеонтологического института. 1979. Т. 17. Вып. 1. 374 с.
14. Грушин С. П. Культура населения эпохи ранней бронзы лесостепного Алтая: автореф. дис. ... канд. ист. наук. Барнаул, 2002. 25 с.

15. Грушин С. П. Культура жизнеобеспечения и производства населения степного и лесостепного Обь-Иртышья во второй половине III – первой четверти II тыс. до н. э.: автореф. дис. ... д-ра ист. наук. Барнаул, 2013. 55 с.
16. Грязнов М. П. Афанасьевская культура на Енисее. СПб, 1999. 136 с.
17. Девяшин М. М., Косинцев П. А. Копытные млекопитающие среднего и позднего голоцена юго-востока Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 2(22). С. 127 – 140.
18. Кирюшин Ю. Ф. Энеолит и ранняя бронза юга Западной Сибири. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. 294 с.
19. Кирюшин Ю. Ф., Кирюшин А. Ю. Особенности погребального обряда и датировка большемысской энеолитической культуры // Актуальные вопросы истории Сибири. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1998. С. 254 – 261.
20. Косарев М. Ф. Древняя история Западной Сибири: Человек и природная среда. М.: Наука, 1991. 302 с.
21. Косинцев П. А. Типология археозоологических комплексов и модели животноводства у древнего населения юга Западной Сибири // Новейшие археозоологические исследования в России. М., 2003. С. 157 – 174.
22. Косинцев П. А., Гасилин В. В. Вековая динамика фауны крупных млекопитающих Южного Урала // Вестник Омского государственного университета. 2008. № 12. С. 89 – 94.
23. Косинцев П. А., Явшева Д. А. Промысловые млекопитающие степной зоны Урала и Западной Сибири в голоцене // Вестник Омского государственного университета. 2009. № 6. С. 164 – 167.
24. Кунгурова Н. Ю. Технологические традиции населения большемысской культуры предгорной зоны Алтая // Древности Алтая. 1998. № 3. С. 15 – 22.
25. Онищенко С. С., Суслова В. А., Бирик Е. В. Различия в дистальных костях конечностей у *Capreolus pygargus* и зооархеологической группы *Ovis/Capra* // В мире научных открытий. 2014. № 6(54). С. 7 – 22.
26. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
27. Чеха В. П., Андреев О. В., Макаров Н. П., Орлова Л. А. Природная среда позднеледниковья и голоцена Красноярского археологического района по данным изучения пещеры Еленева // Проблемы реконструкции климата и природной среды голоцена и плейстоцена Сибири. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2000. С. 443 – 457.
28. Boessneck J., Müller H.-H., Teichert M. Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linné) und Ziege (*Capra hircus* Linné) // Kühn-Archiv. 1964. V. 78. № 1 – 2. 129 p.
29. Olsen S. J. Post-cranial skeletal characters of *Bison* and *Bos* // Papers of the Peabody Museum of the Archaeology and Ethnology, Harvard University. 1960. V. 35. № 4. 84 p.
30. Onuk B., Kabak M., Atalar K. Anatomic and craniometric factors in differentiating roe deer (*Capreolus capreolus*) from sheep (*Ovis aries*) and goat (*Capra hircus*) skulls // Arch. Biol. Science, Belgrad. 2013. V. 65. № 1. P. 133 – 141.
31. Prumell W. Distinguishing features postcranial elements of cattle *Bos primigenius* f. *taurus*, and red deer, *Cervus elaphus* // Schriften aus der Archäologisch-Zoologischen Arbeitsgruppe Schleswig-Kiel. Kiel, 1988. P. 5 – 52.
32. Zeder M. A., Lapham H. A. Assessing the reliability of criteria used to identify postcranial bones in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra* // Journal of Archaeological Science. 2010. V. 37. P. 2887 – 2905.
33. Zeder M. A., Pilar S. E. Assessing the reliability of criteria used to identify mandibles- and mandibular teeth in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra* // J. of Archaeological Science. 2010. V. 37. P. 225 – 242.

Информация об авторе:

Онищенко Сергей Степанович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, bios@kemsu.ru.

Sergey S. Onishchenko – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

РАЗНООБРАЗИЕ И СОСТОЯНИЕ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЁННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В Г. КЕМЕРОВО

Л. О. Петункина

DIVERSITY AND STATE OF OBJECTS IN THE COMMON GREEN AREAS IN KEMEROVO

L. O. Petunkina

В статье рассмотрено формирование озелененных территорий общего пользования, обсуждена обеспеченность ими жителей г. Кемерово. Проведен анализ структуры насаждений общего пользования: типов парковых насаждений, ассортимента арборифлоры в каждом районе, состояние растений на основании индикационных признаков. Указаны недостатки в системе озеленения и перспективы дальнейшего совершенствования.

The paper discusses the formation of common green areas in Kemerovo. The analysis of structure of public plantings is carried out: the types of park plantings, the range of arboriflora in each area, the condition of plants on the basis of indicator signs. Shortcomings of the gardening system and prospect for further improvement are specified.

Ключевые слова: урбанизированная среда, зелёные насаждения, арборифлора, интродуценты, сквер, бульвар, парк.

Keywords: urbanized environment, green plantings, arboriflora, introduced species, square, boulevard, park.

Кемеровская область является наиболее урбанизированной областью Западной Сибири, где на сравнительно небольшой площади (95725 км²) проживает 2734075 человек, или 22 % населения Западной Сибири. В области 20 городов, 18 районов. Городское население составляет 87 %. Кузбасс отличается от других регионов Сибири высокой концентрацией промышленности. Основными источниками загрязнения воздуха в городах являются предприятия энергетики, химической, угольной и металлургической промышленности, а также автотранспорт. При этом в воздух попадают такие токсиканты, как сажа, бензопирен, диоксид азота, фенол, формальдегид и др. Почва загрязняется тяжелыми металлами, содержит фтор, свинец, цинк [3]. Важным элементом урбоэкосистемы и средством улучшения градостроительных качеств промышленных городов с неблагоприятной экологической обстановкой является озеленение. Деревья и кустарники, используемые в озеленении, делают окружающую среду города более комфортной для человека. Они улучшают микроклимат: понижают температуру, повышают влажность, снижают уровень шума, осаждают на поверхность листьев пыль, сажу, поглощают из атмосферы многие вредные вещества [2; 6]. В системе озеленения городов основная средоформирующая роль принадлежит насаждениям общего пользования. Областной центр Кузбасса г. Кемерово занимает площадь 29476,0 га с прилегающими населенными пунктами и населением 544006 человек. Площадь земель жилой и общественной застройки города составляет 8527 га; земель промышленности, транспорта, коммунально-складских – 6641 га. Площадь зеленых насаждений города составляет 3474 га, насаждения улиц, дорог, магистралей и площадей занимают площадь 182,4 га. Зеленые насаждения общего пользования являются наиболее важным показателем степени озеленения города. К озеленительным территориям общего пользования относят городские леса, лесопарки, парки, сады, скверы, бульвары, они предназначены для рекреации городского населения [5].

По данным управления жизнеобеспечения при администрации г. Кемерово, площадь озелененных территорий общего пользования в пределах городской

черты составляет 618 га, что значительно ниже установленной нормы, почти в 2 раза для городов такого уровня (12 против 24 %).

Кемерово – молодой город. Он возник в первой половине прошлого столетия (в 1918 г.) и за время своего существования превратился в один из крупнейших городов Сибири. Параллельно со строительством города развивалась система его озеленения. В 1926 г. на пустыре, примыкающем к Щетинкиному лугу, заложен городской сад. Через 30 лет озеленяется часть ул. Весенняя – от пр. Советского до ул. Островского – и набережная Центрального района. В 1959 г. закладывается Комсомольский парк, ныне парк им. В. Волошиной. В начале 60-х гг. продолжается озеленение ул. Весенней – от ул. Ноградской до пл. Волкова, оформляется сквер у драмтеатра, закладывается набережная Кировского района, сквер у ДК Кировского района. В начале 70-х годов закладывается бульвар Строителей в Ленинском районе, разбит сквер на Пионерском бульваре. В 1991 г. – Кузбасский ботанический сад. В 1995 г. заложен парк Победы им. Жукова. Обустройство территорий общего пользования в г. Кемерово, типы парковых насаждений представлены в таблице 1.

В истории озеленения города можно выделить 3 этапа. Первый относится к началу XX века, когда началось интенсивное строительство железной дороги и коксового комбината. На этом этапе использовали в озеленении быстрорастущие тополя (*Populus balsamifera*, *P. nigra*, *P. laurifolia*), яблони (*Malus baccata*, *M. domestica*), карагач (*Ulmus pumila*), американский клен (*Acer negundo*). Эти виды были интродуцированы и завозились специально для посадки, но также заносились случайно [4].

Второй этап озеленения города связан со строительством города Кемерово и превращением его в областную центр. В 70 – 90-х гг. при озеленении новых улиц (Пионерский бульвар, бульвар Строителей, пр. Ленина, пр. Октябрьский) использовано большее количество видов, форм и сортов. При этом используются как растения местной флоры, так и интродуценты. Основу составили хвойные и лиственные деревья (*Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*,

P. pungens, *Pinus sibirica*, *P. silvestris*, *Acer ginnala*, *A. tataricum*, *Betula pendula*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Populus alba* x *P. Bolleana*, *Tilia amurensis*, *T. cordata*, *Ulmus laevis*). Также в городе появились красиво цветущие кустарники (*Berberis amurensis*, *B. aquifolium*, *B. vulgaris* f *purpurea*, *B. thunbergii*, *Symphoricarpos*

albus, *Cornus alba*, *Swida sericea*, *Clematis tangutica*, *Syringa josikaea*, *S. vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Padus maackii*, *P. virginiana*, *Physocarpus opulifolius*, *Rosa glauca*, *Sorbaria sorbifolia*, *Spiraea douglassii*, *S. japjnica*, *Salix ledebouriana*, *Philadelphus coronarius*) [5; 7; 9], таблицы 2 и 3.

Таблица 1

Основные вехи обустройства территории общего пользования

Тип парковых насаждений	Год закладки	Возраст деревьев
Городской сад	1926	89
Сквер на Весенней и Набережная Центрального района	1956	59
Комсомольский парк (ныне парк им. В. Волошиной)	1959	56
Набережная Кировского района	1960	55
Сквер на площади Волкова	1962	53
Сквер у драмтеатра	1964	51
Сквер у ДК Кировского района	1964	51
Бульвар Строителей	1973	42
Сквер на Пионерском бульваре	1978	37
Кузбасский ботанический сад	1991	24
Парк Победы им. Жукова	1995	20

Таблица 2

Основной ассортимент деревьев и кустарников г. Кемерово

Семейство	Количество		Виды
	род	вид	
Pinaceae Lindl.	2	3	Ель сибирская – <i>Picea obovata</i> . Лиственница сибирская – <i>Larix sibirica</i> . Сосна обыкновенная – <i>Pinus sylvestris</i> .
Rosaceae Juss.	4	4	Боярышник кровавокрасный – <i>Crataegus sanguine</i> . Роза иглистая – <i>Rosa acicularis</i> . Рябина сибирская – <i>Sorbus sibirica</i> . Черемуха обыкновенная – <i>Padus avium</i> .
Aceraceae Juss.	1	2	Клен Гиннала или приречный – <i>Acer ginnala</i> . Кленясенелистный – <i>Acer negundo</i> .
Tiliaceae Juss.	1	1	Липа сибирская – <i>Tilia sibirica</i> .
Betulaceae S. Gray.	1	1	Береза бородавчатая (Б. повислая) – <i>Betula pendula</i> .
Salicaceae Mirbell.	2	2	Тополь бальзамический – <i>Populus balsamifera</i> . Ива козья – <i>Salix caprea</i> .
Ulmaceae Dumm.	1	1	Вяз приземистый или ильмовник – <i>Ulmus pumila</i> .
Fabaceae Lindl.	1	1	Карагана древовидная – <i>Caragana arborescens</i> .
Oleaceae Link	1	1	Сирень обыкновенная – <i>Syringa vulgaris</i> .
Caprifoliaceae L.	1	1	Жимолость татарская – <i>Lonicera tatarica</i> .

С 90-х гг. приток интродуцентов сокращается. В озеленении стали использовать растения местной флоры: ель, березу, рябину. Часто посадочный материал брался из близлежащих лесов. Положительные качественные изменения стали происходить с начала XXI века. Поток интродуцентов опять увеличился, но он связан с индивидуальной застройкой, использованием древесных растений на дачах, коттеджах, частных домах.

В настоящее время город имеет современную планировку, широкие улицы, просторные площади. Для него характерно значительное количество зелёных насаждений, которые служат элементом архитектурно-художественного оформления города и средством улучшения санитарно-гигиенических условий жизни населения.

На территории города существуют следующие насаждения общего пользования: лесопарк «Рудничный бор» – 300 га; парки – 50,54 га; городской сад – 12 га; скверы – 72,17 га; бульвары и набережные – 33,08 га; озелененные участки и цветники – 6,5 га (таблица 3).

Больше всего в городе скверов. Их насчитывается 79. Они служат для архитектурно-художественного оформления города, преимущественно площадей, транспортных развязок, а также для кратковременного отдыха населения.

На территории г. Кемерово имеются 14 бульваров, включая набережные Центрального и Кировского районов города. Озеленение в различных районах города крайне неравномерное.

Существующие зеленые насаждения общего пользования в г. Кемерово

<i>Наименование объекта</i>	<i>Площадь (га)</i>
Городской сад «Парк чудес»	9,69
Парк «Жукова»	6,64
Комсомольский парк	20,47
Парк у ДК Шахтеров	16,5
Парк «Березовая роща»	23,33
Парк «Березовая роща 2»	11,82
Парк «Антошка»	3,34
Бульвар Строителей	23,8
Набережная Кировского района	4,36
Бульвар ул. 40 лет Октября	2,59
Сквер около ДК по ул. 40 лет Октября	2,18
Бульвар вдоль ул. Коммунистической	2,83
Сквер пр. Советский у Филармонии	2,74
Сквер на пр. Ленина у Цирка	2,92
Пионерский бульвар	3,06
Сквер между ул. Красноармейской и пр. Ленина	2,12
Бульвар вдоль пр. Октябрьского	3,57
Сквер на пр. Октябрьский у спорткомплекса «Октябрьский»	2,52
Сад на ул. Соборной	3,54
Бульвар вдоль ул. Волгоградской	3,29
Сад Красная горка	7,56
Сад между ул. Нахимова и ул. Антипова	7,20
Сквер Победы в честь 30-ти лет Победы	2,21

Максимальная площадь насаждений общего пользования отмечается в Рудничном районе города – 318,11 га (за счет территории природного парка «Рудничный бор»), далее следует Центральный район – площадь насаждений общего пользования (включая

городской сад, парки, скверы, бульвары, озелененные участки и цветники) – 86,77 га, в Кировском – 33,77 га, в Ленинском – 21,56 га, и самая маленькая площадь озелененных территорий общего пользования в Заводском районе – 14,1 га (таблица 4).

Таблица 4

Обеспеченность жителей озелененными территориями в различных районах Кемерово

<i>Район</i>	<i>Площадь, км²</i>	<i>Население, чел.</i>	<i>Площадь озелененных территорий общего пользования</i>	
			<i>га</i>	<i>на 1 чел., м²</i>
Ленинский	22,0	141001	21,56	1,43
Центральный	12,5	102528	86,77	6,80
Заводский	86,6	153885	14,10	1,32
Кировский	70,0	59297	33,77	5,27
Рудничный	91,2	90448	318,11	65,32

Статистические данные показывают, что обеспеченность 1 чел. зелеными насаждениями общего пользования в пределах города составляет 11,6 м², но сильно колеблется по районам от 1,32 до 65,32 м². Самая высокая обеспеченность одного жителя зелеными насаждениями общего пользования отмечается в Рудничном районе – (65,32 м²). Это связано с тем, что на его территории располагается природный лесопарк «Рудничный бор» общей площадью 300 га, а количество жителей – самое низкое в сравнении с другими районами города (487000 человек), несмотря на то, что территория этого района самая большая 12146 га, значительную площадь территории этого района занимает частный сектор.

Разнообразие объектов озеленения общего пользования создают уют и комфортность городской среды. Максимальным разнообразием и количеством озелененных территорий данной категории характеризуется Центральный район, на территории которого размещается городской сад, 2 парка, 28 скверов, 8 бульваров, включая набережную Томи. Несмотря на то, что озелененные территории Заводского района занимают лишь 14,1 га, среди них выделяют 26 скверов, 2 бульвара. Минимальным количеством и разнообразием объектов озеленения территорий общего пользования характеризуется Рудничный район – 6 скверов, 2 озелененных участка под газонами и цветниками.

Проведенный анализ структуры зелёных насаждений общего пользования г. Кемерово, характеристики озелененных площадей, видового состава древесных растений [7; 9] позволяют определить основные недостатки в системе озеленения города: площадь зелёных насаждений города занимает 19,7 % общей площади, что на 20 % ниже их оптимального соотношения и на 20 – 30 % ниже нормы в расчёте на 1 человека; во всех районах города, кроме Рудничного, отмечается низкая обеспеченность насаждениями общего пользования, особенно в Ленинском и Заводском районах, где она составляет менее 7 % от нормы. Выявленные недостатки позволяют наметить основные направления дальнейшей работы по озеленению города.

1. Планомерное увеличение площадей под насаждениями общего пользования по всем районам города для достижения оптимального соотношения площади озелененной территории к общей площади территорий города.

2. Повышение площади зелёных насаждений на одного жителя города на 20 – 30 %.

3. Существующий опыт зелёного строительства г. Кемерово не учитывает в полной мере неоднородность и специфичность экологических условий различных районов города и уровень их техногенного загрязнения, озеленение в них носит крайне неравномерный характер, при этом мало внимания уделяется выбору газоустойчивого ассортимента, что отрицательно сказывается на жизненном состоянии и декоративности зелёных насаждений.

Оценка степени экологического неблагополучия и изучение структурных и функциональных изменений у лиственных и хвойных пород (берёзы повислой, клена ясенелистного, липы мелколиственной, сосны обыкновенной) позволили установить связь этих изменений с уровнем загрязнения: чем выше уровень ИЗА, тем ниже жизненный потенциал деревьев (таблица 5). Анализ морфолого-физиологических показателей древесных в различных типах парковых насаждений выявил достоверные отличия их жизненного состояния.

Сильнее повреждены аллеи посадки вдоль автомагистралей (62 %). Для отдельных видов деревьев в

аллейных посадках получены следующие показатели жизненного состояния: тополь бальзамический – 67,1 %, клен ясенелистный – 64,3 %, берёза бородавчатая – 64 %, липа мелколистная – 61,7 %, ель сибирская – 83,1 %, лиственница сибирская – 84,6 % (таблица 6).

Детальное изучение жизненного потенциала индикаторного вида – берёзы повислой, в разных районах города подтверждает общую картину, выявленную при инвентаризации зелёных насаждений в различных зонах экологического неблагополучия (таблица 7).

Лучший показатель жизненного состояния по Заводскому району – на ул. Свободы (внутриквартальный сквер), посадки берёзы повислой здесь являются здоровыми и их жизненный потенциал равен 82 %. Самый низкий показатель ЖС на ул. Тухачевского (49 %), что свидетельствует о повреждении насаждений.

Жизненный потенциал зелёных насаждений Центрального района в 1,2 раза ниже контрольного. В посадках берёзы повислой в данном районе выявлено только 38 % здоровых деревьев, 22 % сильно ослаблены. В Заводском районе средний показатель жизнеспособности по району равен 70 %. Жизненный потенциал зелёных насаждений Заводского района в 1,2 раза ниже, чем в контроле.

Минимальное значение жизненного состояния отмечено на ул. Мичурина (61 %) и ул. Кирова (73 %), максимальное – в сквере у Цирка (82 %). В Парке Победы и в сквере у Филармонии наблюдается незначительное снижение жизнеспособности, среднее значение составляет 77 %.

Анализ зелёных насаждений Центрального района показал, что только на одной из пяти площадок здоровый древостой (сквер у Цирка). Средний показатель жизнеспособности по району составил 74 %.

Количество здоровых деревьев в Ленинском районе совпадает с количеством сильно ослабленных, что указывает на нестабильность жизненного состояния насаждений и на наличие процессов их деградации. Здесь растения берёзы повислой высажены вдоль улицы, максимально приближены к автомагистрали.

Таблица 5

Жизненное состояние древесных насаждений г. Кемерово

Район	Состав насаждений	Уровни загрязнения (ИЗА)	Жизненное состояние насаждений, (%)
Центральный	Л ₇ В ₄ Т ₃ Е ₂ Б ₃ Л _{т5}	Умеренный от 7,5 до 9,8	76,4
Ленинский	Б ₆ Е ₂ К ₂ Т ₂	Допустимый от 3,6 до 4,3	85,7
Заводский	Т ₅ К ₃ В ₂ Е ₁	Высокий от 13,7 до 32,2	66,7
Рудничный	К ₅ Т ₄ Б ₂ Л ₁	Высокий от 13,7 до 32,2	61,5
Кировский	В ₃ Л ₄ К ₁ Б ₈	Высокий от 13,7 до 32,2	66,8
Контроль	К ₅ Т ₄ Б ₂ Л ₁	Допустимый от 3,6 до 4,3	91

Таблица 6

Жизненное состояние основных видов древесных в различных типах насаждений (%)

Вид	Аллеи	Парки и скверы	Бульвары
Тополь бальзамический	63,9	89,1	87,2
Липа мелколистная	66,1	88,1	77,8
Клён Гиннала	77,5	76,6	79,9
Берёза повислая	69,0	74,6	70,4

Характеристика жизненного состояния насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

Район исследования	Распределение деревьев по повреждению					ЖС, %
	Здоровые	Ослаблен- ные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Сухостой (свежий, старый)	
Заводский район						
Ул. Тухачевского	0	4	5	1	0	49
Ул. Свободы	4	6	0	0	0	82
Пр. Молодежный	5	3	2	0	0	79
Средний показатель	4	4	2	0	0	70
Контроль	7	3	1	0	0	91
Центральный район						
Парк Победы	4	4	2	0	0	76
Ул. Мичурина	1	5	4	0	0	61
Ул. Кирова	3	5	2	0	0	73
Филармония	4	5	1	0	0	79
Сквер у цирка	4	6	0	0	0	82
Средний показатель	3	5	2	0	0	74
Средний показатель в контроле	7	3	1	0	0	87
Ленинский район						
Пр. Ленина	6	4	0	0	0	88
Ул. Терешковой	2	6	2	0	0	70
Пр. Ленинградский	4	4	2	0	0	76
Средний показатель	4	5	1	0	0	78
Средний показатель в контроле	7	3	1	0	0	91

В результате исследований самый чистый район города по сравнению с контролем это Ленинский. В посадках березы повислой Ленинского района 53 % здоровых (неповрежденных) деревьев. Потом следует Заводский и Центральный районы города.

Урбанизированная среда вызывает ухудшение морфометрических характеристик у исследуемых растений. На уровне целого организма изменяется структура, форма и размеры крон, наблюдается снижение облиственности ветвей, количества живых ветвей в кронах, ухудшается показатель жизненного состояния, сокращается продолжительность вегетации, при этом чем больше возраст растений, тем меньше функциональная активность и хуже декоративность. В большей степени эти изменения наблюдаются в насаждениях Центрального района, где возраст деревьев основного ассортимента перевалил далеко за 50 лет.

Проведенный анализ структуры зеленых насаждений г. Кемерово – характеристика озелененных площадей, видового состава древесных растений выявили недостатки в системе озеленения города: площадь зеленых насаждений города занимает 19,7 % от общей площади земель, что на 20 % ниже их оптимального соотношения и на 20 – 30 % ниже нормы в расчете на 1 человека; во всех районах города, кроме Рудничного, отмечается низкая обеспеченность 1 человека насаждениями общего пользования, особенно в Ленинском и Заводском (менее 7 % от нормы); низкая обеспеченность 1 человека насаждениями жилых кварталов во всех районах, особенно в Рудничном и

Кировском (ниже нормы на 56 и 43 %). Выявленные недостатки, позволили наметить основные направления дальнейшей работы по озеленению города:

1) планомерное увеличение площадей озелененных территорий общего пользования по всем районам города на 10,3 % для достижения оптимального соотношения площади зеленой территории к общей площади территорий города;

2) повышение площади зеленых насаждений, приходящихся на одного жителя города, на 20 – 30 %, по данным И. Ю. Коропачинского [8], площадь озелененных территорий городов, с опасной экологической обстановкой должна составлять до 40 % общей площади земель, а площадь насаждений на 1 жителя должна приближаться к 90 м² при численности 600 тысяч человек;

3) расширение ведущего ассортимента древесных растений в озеленении городских территорий за счет деревьев и кустарников, пока еще мало используемых в озеленении города, но обладающих высокими декоративными качествами, такими как жимолость татарская, калина гордовина, калина обыкновенная, лох серебристый, арония черноплодная, боярышник кроваво-красный, курильский чай, черемуха Маака, сибирка алтайская, ива каспийская, свида белая, бересклет европейский. Расширить применение туй, можжевельников, обладающих высокой декоративностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям;

4) осуществление долговременного мониторинга состояния древесных интродуцентов, внедренных в

зеленое строительство, с целью оценки их устойчивости к экологическим факторам городской среды и рекомендаций для более широкого дифференцированного использования;

5) для улучшения эффективности функционирования зеленых насаждений придерживаться нормирования при озеленении территорий, необходим комплекс мероприятий по улучшению состояния древесных насаждений, в том числе работы по замене насаждений неудовлетворительного внешнего состояния,

прежде всего, в скверах Центрального и Заводского районов. В 2012 г. был принят генеральный план развития города Кемерово на 20 лет [1]. В городе планируется до 2022 г. увеличить площадь зеленых насаждений общего пользования до 1170 га, что позволит довести обеспеченность до 31,1 м² на одного жителя (таблица 8). На расчетный срок (2032 г.), площадь зеленых насаждений общего пользования должна составить 1835 га, а обеспеченность одного жителя зелеными насаждениями – 40,3 м², соответственно.

Таблица 8

Проектируемые зеленые насаждения общего пользования в г. Кемерово

<i>Наименование объекта</i>	<i>Площадь (га)</i>
Лесопарк в южной части пос. Пионер	260
Парковая зона «Притомская»	185
Парк «Комсомольский»	55
Парковая зона в долине р. Искитимка	190
Парк «Долина р. Каменушки»	90
Южная парковая зона	225
Парк «Суховский»	50
Парк «Ягуновский»	65
Парк «Крутой ручей»	65
Парк на реке Мал. Чесноковка	45
Пешеходная зона между р. Люскус и парком «Долина р. Каменушки»	40
Спортивный парк	35
Парк «Верхние озера»	30
Парк «Молодежный»	25
Парк «Центральный остров»	20
Парк в районе Красного Яра	15
Парк «Промышленновский»	10
Парк «Кедровский»	10
Лугопарк	20

Литература

1. Генеральный план развития г. Кемерово до 2032 г. Утвержден решением Кемеровского городского Совета народных депутатов № 36 от 24.06.2011 г. // Официальный сайт администрации города Кемерово. Режим доступа: http://www.kemerovo.ru/gorod/generalnyj_plan_goroda_kemerovo.html (дата обращения: 20.09.2015).
2. Горышина Т. К. Растение в городе. Л., 1991. 152 с.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году. Кемерово, 2015. 200 с. Режим доступа: <http://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2015/02/ДОКЛАД-за-2014-на-01.03.2015.pdf>
4. Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Ассортимент видов древесных растений для зеленого строительства в Новосибирске и близких ему по климату районах Западной Сибири. Новосибирск, 1990. 87 с.
5. Лазарев К. С., Куприянов А. Н. Анализ степени натурализации интродуцированных деревьев и кустарников в г. Кемерово // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. Т. 2. Красноярск, 2011. С. 129 – 137.
6. Литвинова Л. И., Левон Ф. М. Зеленые насаждения и охрана окружающей среды. Киев: Здоровья, 1986. 65 с.
7. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: Экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск: Наука, 2003. 222 с.
8. Петункина Л. О. Озеленение как составная часть системы оздоровления городской среды // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: мат. Междунар. интернет-семинара. Томск, 2011. С. 127 – 132.
9. Петункина Л. О., Ковригина Л. Н. Комплексные исследования кафедры ботаники состояния арбофлоры промышленного города на примере г. Кемерово // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. Кемерово, 2005. Вып. 1. С. 4 – 18.

Информация об авторе:

Петункина Людмила Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, petunkinalo@gmail.com.

Lyudmila O. Petunkina – Candidate of Biology, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 10.09.2015 г.

БЕРЕЗА ПОВИСЛАЯ КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Л. О. Петункина, А. С. Сарсацкая

PHYTOINDICATION STATE OF *BETULA PENDULA* IN THE URBAN ENVIRONMENT OF KEMEROVO

L. O. Petunkina, A. S. Sarsatskaya

Рассмотрены результаты исследования насаждений *Betula pendula* Roth как индикатора качества городской среды. Результаты многолетних биохимических и морфологических исследований свидетельствуют, что у берёзы повислой низкая активность ферментов, повышенная водоудерживающая способность и высокая ксероморфность, что способствует лучшей приспособленности вида к неблагоприятным условиям урбосреды и особенно загрязнению ксенобиотиками. В качестве основного биоиндикационного показателя для определения уровня техногенной нагрузки выбран жизненный потенциал вида, в качестве дополнительных – морфометрические показатели, содержание сульфатной серы и показатель стабильности развития. Такие показатели листовой пластинки берёзы повислой, как зольность и содержание сульфатной серы, максимальны в условиях сильного промышленного загрязнения и большого потока автотранспорта. В парковых зонах и межспальных районах города, где неблагоприятные условия среды смягчаются разнотравными групповыми посадками и удаленностью от источников загрязнения, морфометрические показатели выше, чем в посадках магистрального типа, вблизи источников загрязнения с повышенным уровнем техногенной нагрузки и прямым воздействием газообразных выбросов.

The paper presents the results of studying plantations of *Betula pendula* Roth as an indicator of the quality of the urban environment. The results of long-term biochemical and morphological studies show that *Betula pendula* has low enzyme activity, increased water-holding capacity and high xeromorphic, which contributes to a better adaptation of the form to unfavourable conditions, especially to contamination of the urban environment with xenobiotics. The vital potential of the species was selected as the main bioindicative indicator to determine the level of technogenic loading, morphometric parameters, the content of sulfur sulfate and the level of development stability were as extra indicators. Such features of birch leaves as the ash and sulfur sulfate content is maximized under high industrial pollution and a large flow of vehicles. In the city park areas and the areas between bedroom communities, where the adverse environmental conditions are softened by multispecies group plantings and remoteness from pollution sources, the morphometric parameters are higher than in the main trunk highway areas, close to sources of pollution with the elevated levels of anthropogenic impact and direct exposure to gaseous emissions.

Ключевые слова: урбоэкосистема, аэротехногенное загрязнение, древесные растения, устойчивость.

Keywords: urban ecosystems, environmental contamination, woody plants, sustainability.

Высокие темпы урбанизации ряда регионов России, к которым относится и город Кемерово, сопровождаются значительным увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду. Антропогенез атмосферы, почвы и воды с каждым годом повышается, от чего экологическая обстановка в крупных городах России все чаще характеризуется как «кризисная». Особенно актуальна эта проблема в промышленных городах. Для контроля качества окружающей среды все чаще, наряду с использованием физико-химических методов, используются методы биологического мониторинга, которые позволяют быстро и достаточно точно оценить состояние природной среды. Основными методами биологического мониторинга являются биоиндикация и биотестирование. Биотестирование считается весьма перспективным для получения интегральных оценок загрязнения, поскольку далеко не все поллютанты нормируются и могут быть определены химическим путем.

Одним из эффективных средств улучшения среды города, как по результатам, срокам осуществления, так и по стоимости, является озеленение. В изучении взаимоотношений растений и городской среды прослеживаются два направления. В одном случае растения рассматриваются как фитофильтры загрязнителей, терморегуляторы и изоляторы шумов, оцениваются их ландшафтная, санитарно-гигиеническая, рек-

реационная и эстетическая значимость [2; 7]. Второе направление связано непосредственно с изучением воздействия факторов самой среды города на жизнедеятельность растительных организмов. Многие из изучаемых биологических показателей и экологических характеристик отражают реальное состояние древесных растений в городе и позволяют оценить изменения, происходящие в развитии организмов в разное время. Зеленые насаждения являются достоверными индикаторами качества городской среды и могут использоваться в вопросах мониторинга загрязнения воздуха и почв [5; 1].

Степень устойчивости вида к промышленному загрязнению обусловлена его биологическими особенностями. Насаждения берёзы повислой отличаются высокой экологической пластичностью, интенсивным ростом, долговечностью, обладают высокими пыле- и газоулавливающими свойствами и достаточно хорошо произрастают в условиях промышленного города [6].

Результаты многолетних биохимических и морфологических исследований свидетельствуют, что у берёзы повислой низкая активность ферментов, повышенная водоудерживающая способность и высокая ксероморфность, что способствует лучшей приспособленности вида к неблагоприятным условиям урбосреды и особенно загрязнению ксенобиотиками [7 – 9].

Данный вид широко используется в системе озеленения города Кемерово. Были обследованы зеленые насаждения общей площадью около 30 км² в 34 точках города и за его пределами, описано более двух тысяч деревьев. Статистическая обработка проводилась при помощи ППП «Статистика» многофакторного дисперсионного анализа (General Linear Models). Дополнительное сравнение проводилось в начале и конце вегетационного периода при помощи Z-критерия Вилкоксона, независимых переменных U-критерием и LSD теста. Достоверными значениями считался уровень не более 0.05, значения от 0.1 до 0.05 считались тенденциями.

Проанализировав расположение пробных площадок, степень негативного воздействия на растения, пробные площадки были объединены в три группы по

степени техногенного влияния. Такое разделение позволило уйти от административно-территориального деления районов исследования и провести дополнительный сравнительный анализ полученных результатов.

Изучение флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев березы повислой как показателя стабильности развития организма показало, что при различных уровнях техногенного воздействия величина ФА достоверно отличается. Наблюдается тенденция к увеличению значения ФА при росте негативного воздействия от слабого к высокому уровню (таблица 1), так как при неблагоприятных условиях снижается эффективность гомеостаза и чаще проявляются нарушения в развитии и отклонения от нормального строения листовой пластинки [4].

Таблица 1

Интегральные показатели состояния зеленых насаждений березы повислой

<i>Техногенное воздействие</i>	<i>Жизненное состояние, %</i>	<i>Класс виталитета</i>	<i>ФА</i>	<i>Балл</i>	<i>Качество среды</i>
Контроль	87 ± 2,6	I	0,018 ± 0,001	I	условная норма
Слабое	83 ± 1,6	I	0,021 ± 0,003	I	условная норма
Среднее	77 ± 2,3	II– III	0,046 ± 0,006	III	средний уровень отклонения от нормы
Сильное	67 ± 4,2	III	0,074 ± 0,012	V	критическое

Согласно показателю асимметрии наименьшее отклонение от нормы имели листья, взятые у растений из контрольной группы (с. Тарасово) в 100 км от города, которым был присвоен I балл, средний уровень нарушенности (II – III балл) отмечен более чем у 50 % насаждений города. Существенные отклонения в строении листовой пластинки (IV – V балл) обнаружены в аллельных посадках березы повислой вдоль транспортных магистралей.

Установлена достоверная тенденция снижения жизненного состояния и увеличения показателя асимметрии развития листовой пластинки с ухудшением показателя качества среды вблизи транспортных магистралей, в зоне сильного техногенного воздействия почти на 30 % по сравнению с контролем (таблица 1).

Выявлена прямая зависимость между уровнем загрязнения, жизненным потенциалом и показателем стабильности развития. В районах с техногенной нагрузкой наблюдалось очень низкое (до 50 %) жизненное состояние березы повислой, а показатель стабильности развития – высокий, достигающий до критического уровня (V баллов).

Определение зольных элементов и содержания сульфатной серы подтвердило общую тенденцию к накоплению веществ у устойчивых видов [8; 9].

Проведенный дисперсионный анализ выявил достоверные отличия по изучаемым биоиндикационным показателям, в начале и конце вегетационного периода ($F_{1,45} = 17.21$, $p = 0.0164$). Масса зольных элементов, содержание сульфатной серы достоверно увеличивалась в среднем в 1,5 раза за вегетацию.

Отмечена корреляционная зависимость между жизненным состоянием зеленых насаждений разных газодинамических зон и содержанием сульфатной

серы ($C_v = -0,38$). Установлена прямая зависимость между жизненным состоянием, содержанием сера ($C_v = -1,0$, $p = 0.004$) и минерального остатка ($C_v = -0,98$, $p = 0.024$).

При изучении виталитетного состава насаждений было установлено, что в сильно загрязненном районе площадь листа в 1,5 раза меньше, а их масса в 1,5 раза больше, чем в контроле (таблица 2). За счет уменьшения размеров листовой пластинки растение стремиться сократить поток токсичных веществ, тем самым снизить негативное влияние.

Отмечена обратно пропорциональная зависимость скорости аккумуляции сухого вещества (NAR) и производительности работы листовой поверхности (LAR). Чем больше показатель нетто-ассимиляции, тем меньше ассимилирующая поверхность растения на единицу веса (таблица 2).

Относительный прирост (R, %) листьев в зоне слабого техногенного воздействия в 5 раз выше, чем в зоне сильного. Наибольшая величина показателя скорости роста (AGR) составляет 2 г в день у растений, подвергающихся минимальному негативному воздействию, при максимальном воздействии – абсолютная скорость роста падает до 0,36 г в день, что свидетельствует об угнетении растений и снижении их жизнеспособности и функциональной активности.

Сравнение статистических данных по загрязнению окружающей среды города Кемерово [3] с показателями состояния березы повислой (таблица 3) свидетельствует о том, что зеленые насаждения являются высокочувствительными индикаторами экологического благополучия, а значит информация о здоровье растений и их состоянии позволяет получать интегральную оценку состояния окружающей среды.

Таблица 2

Морфо-функциональные показатели березы повислой

Показатели	Уровень загрязнения атмосферы			
	контроль	слабое	среднее	
Площадь листа, см ²	25 ± 0,3	19,25 ± 1,0	17,6 ± 0,5	15,5 ± 0,8
Масса 1000 листьев, г	65 ± 0,45	73 ± 0,15	86 ± 2,3	106 ± 11,8
AGR, г/день	2,17 ± 0,8	2 ± 0,8	1,2 ± 0,8	0,36 ± 0,8
NAR, г/см ² в день	0,009 ± 0,002	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,008	0,04 ± 0,001
LAR, см ² /г в день	0,27 ± 0,003	0,25 ± 0,001	0,17 ± 0,003	0,14 ± 0,005
R, %	24 ± 1,2	21 ± 1,8	11,6 ± 0,8	4,8 ± 0,05

Таблица 3

Оценка степени экологического неблагополучия по состоянию березы повислой

Техногенное воздействие	Показатели состояния березы повислой			Объективные характеристики загрязнения атмосферного воздуха		
	содержание сульфатной серы, мг/г сух. в-ва	ФА	жизненное состояние, %	сумма концентраций кислых газов, доли ПДК	ИЗА	уровень загрязнения
Слабое	32,4	0,049	83	0,98	5	повышенный
Среднее	63,1	0,056	76	1,03	8,6	высокий
Сильное	126,6	0,075	65	3,15	22,9	очень высокий
Контроль	19,1	0,018	87	0,67	3	условная норма

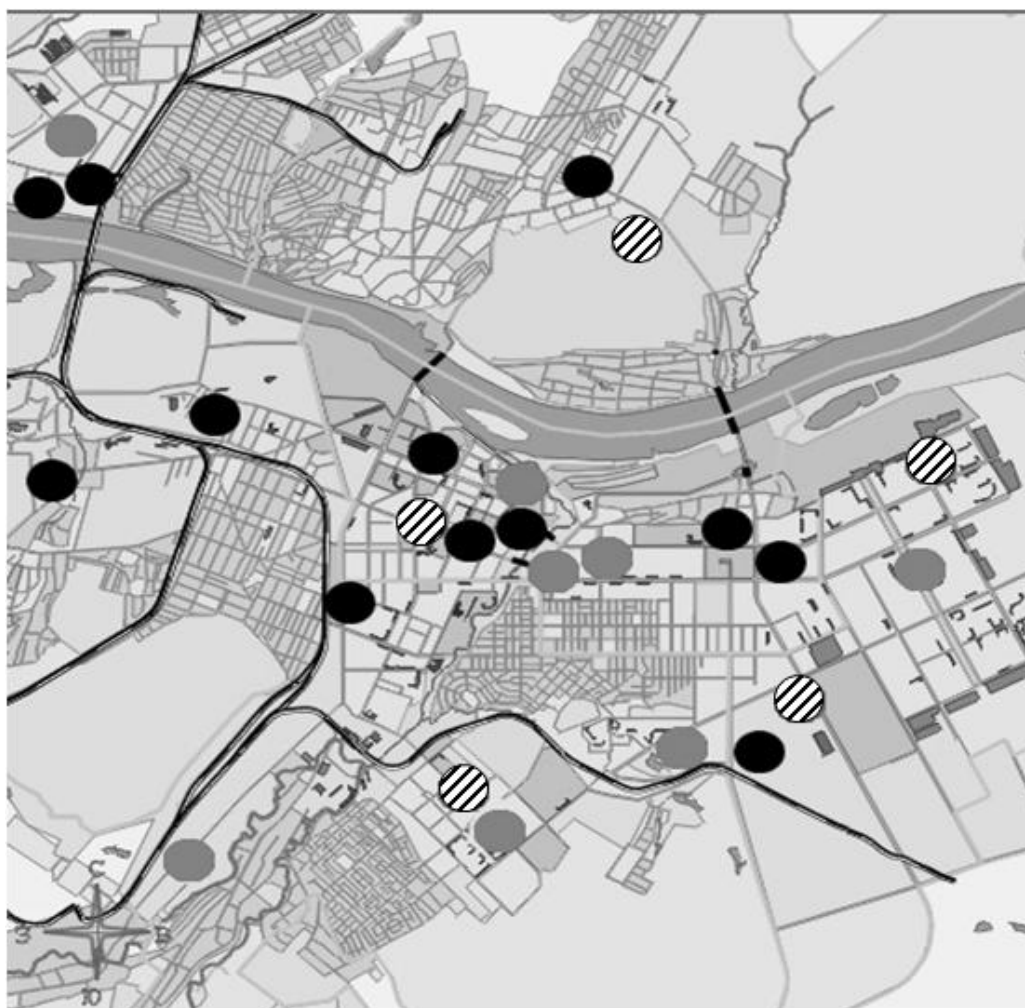


Рис. 1. Схема карты виталитетного состояния зеленых насаждений берёзы повислой

В качестве основного индикаторного признака может быть выбран показатель, отражающий жизнеспособность вида, в качестве дополнительных – морфометрические показатели ассимиляционных органов растений, показатель стабильности развития, а также содержание сульфатной серы. Эти интегральные показатели несут в себе существенную информативность при диагностировании качества среды и могут использоваться при организации фитомониторинга.

Ведение фитомониторинга позволит контролировать изменения экологической ситуации в городе по состоянию дендрофлоры и будет способствовать улучшению качества среды обитания населения, поддержанию параметров среды на оптимальном уровне. Результаты наших фитомониторинговых исследований легли в основу создания экологической карты зеленых насаждений города Кемерово с ранжированием по классам виталитета. Оказалось, что большинство березовых посадок города относятся ко II (значок серого цвета) и III (значок черного цвета) классу виталитета. Только пяти модельным площадкам города можно присвоить первый класс виталитета (значок черно-белого цвета), такой же как в контроле (рис. 1).

Таким образом, проведенные исследования позволили на основании комплексного изучения оценить адаптивные и индикаторные свойства березы повислой, которые позволяют успешно использовать данный вид в озеленении города в различных типах насаждений.

Многолетними исследованиями (более 15 лет) показано, что береза повислая хорошо справляется с техногенной нагрузкой в условиях городской среды, являясь чувствительным и информативным индикатором качества.

Такие показатели листовой пластинки березы повислой, как зольность и содержание сульфатной серы, максимальны в условиях сильного промышленного загрязнения и большого потока автотранспорта.

В парковых зонах и межспальных районах города, где неблагоприятные условия среды смягчаются разновидовыми групповыми посадками и удаленностью от источников загрязнения, морфометрические показатели выше, чем в посадках магистрального типа, вблизи источников загрязнения с повышенным уровнем техногенной нагрузки и прямым воздействием газообразных выбросов.

Литература

1. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде // Структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 205 с.
2. Горышина Т. К. Растение в городе. Л., 1991. 152 с.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году. Кемерово, 2015. 200 с. Режим доступа: <http://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2015/02/ДОКЛАД-за-2014-на-01.03.2015.pdf>
4. Захаров В. М. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М., 2003. 25 с.
5. Кулагин А. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.
6. Неверова О. А. Характеристика некоторых процессов жизнедеятельности березы повислой в условиях техногенного загрязнения города Кемерово // Региональная экология. СПб., 2002. № 3 – 4(19). С. 58 – 63.
7. Петункина Л. О., Ковригина Л. Н. Комплексная оценка состояния городских насаждений // Вестник КемГУ. 2006. № 1(25). С. 21 – 24.
8. Сарсатская А. С., Поданева О. И., Михайлова В. Е., Кандаурова Е. А., Акулова Н. А. Диагностика состояния зелёных насаждений в городах Кузбасса // Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей – материалы IX (XLI) Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2015. Вып. 16. С. 87 – 90.
9. Сарсатская А. С. Биоэкологическая оценка зеленых насаждений и их роль в трансформации серосодержащих поллютантов промышленного города // Вестник молодых ученых МГУ «Ломоносов». Вып. III. М.: Макс Пресс, 2007. С. 250 – 253.

Информация об авторах:

Петункина Людмила Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, petunkinalo@gmail.com.

Lyudmila O. Petunkina – Candidate of Biology, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Сарсатская Анна Сергеевна – аспирант кафедры ботаники КемГУ, sarsatskaya@mail.ru.

Anna S. Sarsatskaya – post-graduate student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – Л. О. Петункина). (Academic advisor – L. O. Petunkina).

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПО МАССЕ 1000 ЗЕРЕН

А. Б. Сайнакова, О. В. Литвинчук

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF COLLECTION SAMPLES OF OATS BY WEIGHT OF 1000 GRAINS

A. B. Saynakova, O. V. Litvinchuk

Решение задачи стабильного проявления полезных признаков сельскохозяйственных культур включает комплексную оценку исходного материала по параметрам адаптивности и стабильности. Это позволяет выделить перспективные генотипы по различным признакам. Овес, благодаря высоким кормовым и пищевым качествам зерна и вегетативной массы, является одной из основных зернофуражных и кормовых культур Сибири. Важным является выявление путей возможного улучшения качества зерна на основе определения уровня адаптивного потенциала растений по технологическим признакам, в частности по массе 1000 зерен. В статье использованы результаты исследований коллекционных образцов овса в Нарымском отделе ФГБНУ «СибНИИСХиТ» с 2012 по 2014 гг. Для оценки параметров экологической пластичности вычисляли коэффициент регрессии (b_i), который характеризует среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, и варианту стабильности признака (S^2), показывающую надежность показателя пластичности по методике В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной. По результатам оценки для целей селекции на крупнозерность можно рекомендовать образцы с высокой стабильностью признака и достаточной пластичностью: Лев, Парламентский, SW Betania, R 8 N/9 3037-3072, Rozmar, Magne, Furlong, Перас и Корифей.

Solving the problem of steady manifestations useful features in crops includes a comprehensive assessment of the raw material within the parameters of adaptability and stability. This allows identifying the promising genotypes on different grounds. Oats, due to its high feeding and food qualities of the grain and the vegetative mass, is one of the major feeding grains and fodder crops in Siberia. It is important to identify the possible ways to improve the quality of the grain on the basis of determining the level of the adaptive capacity of plants on technological grounds, in particular by the weight of 1000 grains. The paper contains the results of 2012 – 2014 studies of the collection of oats samples in Narym Division of the Siberian Research Institute of Agriculture and Peat. To estimate the parameters of ecological plasticity, the researchers calculated the regression coefficient (b_i), representing the average response to changing variety of environmental conditions, and the stability of trait variance (S^2), indicating the reliability of the plasticity index as described by V. Z. Pakudin and L. M. Lopatina. According to the evaluation results, the following varieties with high stability and sufficient plasticity of the feature can be recommended for the purposes of breeding for coarse-samples: Lev, Parliament, SW Betania, R 8 N/9 3037-3072, Rozmar, Magne, Furlong, Pegas and Korifey.

Ключевые слова: овес, пластичность и стабильность, коллекционные образцы, качество зерна, масса 1000 зерен.

Keywords: oats, plasticity and stability, collection samples, quality of grain, weight of 1000 grains.

В настоящее время актуальной задачей сельскохозяйственного производства является не просто достижение высоких показателей урожайных признаков, а стабильное их проявление. Решение этой задачи включает комплексную оценку исходного материала по параметрам адаптивности и стабильности, которая позволяет выделить перспективные генотипы по различным признакам. Именно они представляют наибольшую ценность для стабильного по годам получения продукции в сельскохозяйственном производстве.

Резко континентальный климат региона предъявляет повышенные требования к возделываемым культурам и сортам. Их урожайность сдерживается низким плодородием почв, резко континентальным климатом, ограниченностью тепла, контрастными условиями увлажнения, коротким вегетационным периодом [2; 4].

Для эффективной селекционной работы необходимо иметь набор сортов с высокой потенциальной продуктивностью, обладающих экологической пластичностью и стабильностью в различных агроклиматических условиях произрастания. Овес, благодаря высоким кормовым и пищевым качествам зерна и

вегетативной массы, является одной из основных зернофуражных и кормовых культур Сибири [1].

Важным для научно-обоснованного возделывания овса является выявление путей возможного улучшения качества зерна на основе определения уровня адаптивного потенциала растений по технологическим признакам [9]. Основной из них у овса является масса 1000 зерен. Это сортовой признак, но его изменение зависит от метеорологических условий и технологии возделывания [6]. Масса 1000 зерен имеет большое значение как показатель полноценности семян, а также более крупное зерно имеет больший выход готовой продукции и позволяет легче отделять овсюг на семяочистительных машинах.

Материал, условия и методика исследований

В статье использованы результаты исследований коллекционных образцов овса в Нарымском отделе ФГБНУ «СибНИИСХиТ» с 2012 по 2014 гг.

Почвы опытных участков дерново-подзолистые супесчаные, кислые, с содержанием гумуса в пахотном горизонте около 2 %. Посев и уборка делянок производились вручную. Сноповой материал обмолачивался на комбайне HEGE-125. Ежегодная учетная площадь де-

лянок – 0,75 м², норма посева – 600 зерен на 1 м². Образцы оценивались согласно Методическим указаниям ВИР [5]. Для оценки экологической пластичности и стабильности изученных сортов мы использовали методику, предложенную В. З. Пакудиным и Л. М. Лопатиной [7]. Согласно этой методике для оценки экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур используется дисперсионный и регрессионный анализы [3; 8]. Вначале проводится оценка значимости различий между сортами методами дисперсионного анализа, затем оцениваются параметры экологической пластичности и стабильности каждого сорта. Под стабильностью сорта понимается показатель устойчивой реализации потенциальной продуктивности определенного генотипа в различных условиях среды, под пластичностью – способность приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Её характеристикой является коэффициент регрессии (b_i), который отображает среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, проявляющуюся в фенотипической изменчивости, и показывает его пластичность, а также дает возможность прогнозировать изменения исследуемого признака в рамках изучаемых условий. Определяется коэффициент регрессии по методике S. F. Eberhart, W. A. Russel:

$$b_i = \frac{\sum (\bar{x}_{ij} l_j)}{\sum l_j^2},$$

где $\bar{x}_{ij}$ – средние значения признака (массы 1000 семян) по сортам (x_i) и по условиям среды (x_j);

l_j – индекс условий испытания $l_j = \bar{x}_j - \bar{x}$.

Колебания фактической урожайности около линии регрессии оцениваются по дисперсии стабильности S_i^2 .

$$S_i^2 = \sum (\bar{x}_{ij} - \widehat{\bar{x}_{ij}})^2 / (c - 2),$$

где c – число условий испытания [3].

Чем больше b_i , тем круче линия регрессии, тем более отзывчив сорт на изменение условий выращивания. Для большинства признаков b_i имеет положительный знак, но может иметь и отрицательный, как, например, снижение урожайности в случае полегания какого-то отдельного сорта (гибрида) или поражения его болезнями и вредителями. Нулевое или близкое к нулю значение b_i говорит о том, что генотип не реагирует на изменение условий среды. Дисперсия стабильности признака (квадратичное отклонение – S_i^2) показывает, насколько надежно сорт соответствует той пластичности, которую оценил коэффициент регрессии b_i . Чем ближе S_i к нулю, тем меньше отличаются эмпирические значения признака от теоретических, расположенных на линии регрессии [3]. Чем меньше квадратичное отклонение (S_i^2), тем более стабильную урожайность показывает генотип в различных условиях среды.

Метеорологические условия, позволившие оценить коллекционные образцы. На первом этапе методами дисперсионного анализа проверили факт наличия взаимодействия «генотип – среда». Для оценки параметров экологической пластичности на втором этапе использовали регрессионный анализ. Математическая обра-

ботка данных проведена по Б. А. Доспехову [3] с использованием пакета программ Snedecor V5.

В 2012 г. угнетающее воздействие в мае – июле жары и засухи на фоне низкого запаса весенней почвенной влаги начало проявляться в конце фазы кущения в виде гибели растений от очагового поражения корневой гнилью. Вегетационный период был очень коротким, восковая спелость отмечена на месяц раньше обычных сроков.

Полевой сезон 2013 г. характеризовался неравномерной обеспеченностью теплом и влажностью в течение всей вегетации. Посев был проведен со значительным опозданием, так как со второй декады мая по третью декаду июня температура воздуха заметно уступала среднесезонной, сопровождаемая при этом значительным выпадением осадков. Превышение температурной нормы при отсутствии осадков в июле ускорило вегетацию среднеранних сортов, а излишнее увлажнение в августе затянуло созревание среднеспелых и среднепоздних.

Особенностью вегетационного периода 2014 г. было раннее наступление весны. Высокие температуры конца апреля и начала мая при низком содержании почвенной влаги способствовали посеву в ранние сроки. Но с середины второй декады мая температура заметно снизилась, что привело к задержке всходов овса. Дальнейшее её повышение в июне позволило растениям овса ликвидировать отставание в развитии.

Результаты и обсуждение

Большинство образцов в условиях засухи 2012 г. сформировали щуплое высокопленчатое зерно. Массу 1000 зерен на уровне стандартного сорта Нарымский 943 и выше имели образцы SW Betania, Корифей, Magne, Дерби, Пегас, Лев, Nugene и Furlong. В последующие годы изучения зерно было значительно крупнее (таблица 1). По крупности зерна превосходили Нарымский 943 сорта Корифей, Пегас, SW Betania, Nugene и Furlong (таблица).

Результаты дисперсионного анализа подтвердили достоверное влияние условий среды и взаимодействия «генотип – условия среды». F-критерий показал, что градации фактора «условия» различаются достоверно. Для оценки параметров экологической пластичности вычисляли коэффициент регрессии (b_i), который характеризует среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, и дисперсию стабильности признака (S_i^2), показывающую надежность показателя пластичности. Наиболее отзывчивым на условия среды показал себя сорт Парламентский ($b_i = 2,06$). Достаточно высоким коэффициент регрессии был также у образцов SW Betania ($b_i = 1,55$), R 8 N/9 3037-3072 ($b_i = 1,44$) и Rozmar ($b_i = 1,41$). Все они отличаются и высокой стабильностью ($S_i^2 = 0,01 - 0,02$). Консервативными по реакции на изменение условий были сорта Дерби, Ханоми 2, Magne, Furlong ($b_i = 0,32 - 0,78$). Стабильность была выше у Magne и Furlong, ниже – у Дерби и Ханоми 2. Средние показатели пластичности были у образцов Marconi, Пегас и Корифей ($b_i = 1,02 - 1,14$), при этом Пегас и Корифей обладали высокой стабильностью ($S_i^2 = 0,0001$), а сорт Marconi значительно уступал по этому показателю ($S_i^2 = 18,06$).

Масса 1000 зерен овса в коллекционном питомнике

Каталог ВИР	Наименование сорта	Масса 1000 зерен, г				b_i	S_i^2
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	средняя		
стандарт	Нарымский 943	35,5	43,4	41,1	40,4	1,29	1,77
15118	Ханоми 2	31,3	35,5	31,2	32,7	0,34	3,72
15169	Marconi	32,7	38,6	38,3	36,5	1,02	18,06
15176	Лев	39,3	41,0	39,7	40,0	-0,04	0,00002
15105	Magne	37,0	41,7	38,5	39,1	0,49	0,02
15114	Пегас	38,1	45,0	43,9	42,3	1,14	0,0001
15127	SW Betania	35,5	45,3	41,0	40,6	1,55	0,02
15134	Rozmar	30,8	38,6	37,7	35,7	1,41	0,02
15113	Корифей	36,4	43,4	41,8	40,5	1,14	0,0001
15103	R 8 N/9 3037-3072	28,5	36,4	35,4	33,4	1,44	0,002
15125	Парламентский	30,8	41,6	40,5	37,6	2,06	0,01
15166	Rossum	35,9	21,2	36,2	37,8	-2,35	394,42
15177	Дерби	36,2	39,1	38,6	38,0	0,32	2,89
15164	Nugene	40,8	41,9	41,3	41,3	-0,13	0,01
15174	Furlong	48,0	54,9	50,3	51,1	0,78	0,03
Среднее		35,8	40,5	39,7	38,7		
НСР ₀₅					2,6		

Заключение

Статистический анализ полученных данных позволил установить, что для целей селекции овса на крупнозерность можно использовать образцы с высо-

кой стабильностью признака и достаточной пластичностью: Лев, Парламентский, SW Betania, R 8 №/9 3037-3072, Rozmar, Magne, Furlong, Пегас и Корифей.

Литература

1. Богачков В. И. Овёс в Сибири и на Дальнем Востоке. М., 1986. 127 с.
2. Бражников П. Н. Селекционная работа с озимой рожью в экстремальных условиях севера Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 10 – 12.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 416 с.
4. Литвинчук О. В. Урожайность селекционных образцов гороха в зависимости от климатических условий // Селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научно-практической конференции (пос. Краснообск, 22 – 25 июля 2014 г.) / Объединенный научный и проблемный совет по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству СО Россельхозакадемии, ГНУ СибНИИРС Россельхозакадемии. Новосибирск, 2014. С. 199 – 208.
5. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. 63 с.
6. Митрофанов А. С., Митрофанова К. С. Овес. М., 1972. 268 с.
7. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109 – 113.
8. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2007. 207 с.
9. Сорокина А. В., Комарова Г. Н. Влияние климатических факторов на развитие и формирование хозяйственно ценных признаков овса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 6. С. 55 – 61.

Информация об авторах:

Сайнакова Анна Борисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая Нарымским отделом селекции и семеноводства ФГБНУ «СибНИИСХиТ», annasaynakova@vtomske.ru.

Anna B. Saynakova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of Narym Division for Selection and Seed Breeding, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Литвинчук Ольга Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук Нарымского отдела селекции и семеноводства ФГБНУ «СибНИИСХиТ», loz1990@mail.ru.

Olga V. Lytvynchuk – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Associate at Narym Division for Selection and Seed Breeding, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 567/569:591.615(571.17)

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ, ВКЛЮЧЁННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ (за 2014 – 2015 гг.)

Н. В. Скалон

MONITORING RESEARCHES OF THE VERTEBRATES INCLUDED IN THE RED BOOK OF KEMEROVO REGION (2014 – 2015)

N. V. Skalon

В статье приводятся новые данные о встречах и распространении редких видов позвоночных животных (млекопитающих, птиц, рептилий, амфибий и рыб), включённых в Красную книгу Кемеровской области, полученные в результате мониторинговых исследований проведённых в 2014 и 2015 гг. в рамках выполнения государственного контракта по ведению Красной книги Кемеровской области.

The paper provides new information about encounters and distribution of rare types of the vertebrates (mammals, birds, reptiles, amphibians and fishes), included in the Red Book of Kemerovo region. These data were got as a result of monitoring researches of conducted in 2014 and 2015 within the framework of realization of the public state on maintaining the Red Book of Kemerovo region.

Ключевые слова: редкие виды, позвоночные животные, млекопитающие, птицы, рептилии, амфибии, рыбы, мониторинговые исследования, ведение Красной книги, Кемеровская область.

Keywords: rare types of vertebrates, mammals, birds, reptiles, amphibians, fishes, monitoring researches, maintaining the Red Book, Kemerovo region.

Мониторинговые исследования состояния редких видов позвоночных животных, занесенных в Красную книгу Кемеровской области, проводились в рамках мероприятия «Ведение Красной книги Кемеровской области», предусмотренного подпрограммой «Охрана окружающей среды» раздела 5 государственной программы Кемеровской области «Экология и природные ресурсы Кузбасса» на 2014 – 2016 гг., утвержденной Постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области от 25.10.2013 г. № 460.

Согласно техническому заданию, основные виды работ текущего года были направлены на мониторинговые исследования состояния редких видов в 2014 г. на территориях Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого и Промышленновского муниципальных районов Кемеровской области, а в 2015 г. – Новокузнецкого, Прокопьевского и Тяжинского районов. Дополнительно проводились наблюдения в Кемеровском, Крапивинском и Чебулинском районах Кемеровской области.

Географически основные исследования были сосредоточены в Кузнецкой котловине, в меньшей степени обследованы среднее течение р. Кии (Чебулинский район) и участки Мариинско-Ачинской лесостепи в пределах юго-западной части Тяжинского района.

Комплексные экспедиционные работы для изучения состояния популяций редких и исчезающих видов животных, растений и грибов проводились в период с 17 июля по 30 сентября 2014 г. и с 15 июля по 20 сентября 2015 г. Вместе с тем работы по отдельным видам птиц захватывали время весенней и осенней миграции (апрель-май, август-октябрь), а по зимующим птицам продолжались с ноября по март.

В Ленинск-Кузнецком районе были детально обследованы бассейны рек Иня, Касьма, Уньга, в том

числе окрестности следующих населенных пунктов: Ариничево, Демьяновка, Драченино, Егозово, Камышино, Красная Горка, Красное, Кокуй, Ленинск-Кузнецкий, Мусохраново, Новопокошьма, Орловский, Панфилово, Чкаловский, Чусовитино, Шабаново.

В Новокузнецком районе были обследованы долина р. Черновой Нарык, низовья р. Верхняя Терсь, долина р. Томь в окрестностях г. Новокузнецка, долина р. Кондома в пределах Новокузнецкого района, окрестности следующих населенных пунктов: Жерново, Калтан, Костенково, Кузедеево, Малиновка, Мыски, Новокузнецк, Осинники, Осинское Плёсо, Осман, Сарбала, Увал, Успенка, Усть-Аскарлы, Усть-Нарык, Чистая Грива, Чистогорский.

В Промышленновском районе были обследованы долины рек Иня, Тарсьма, Исток, Каменка, Сухая, окрестности оз. Танай и Фёдоровское и окрестности следующих населенных пунктов: Абышево, Бормотово, Ваганово, Васьково, Голубево, Денисовка, Журавлево, Восход, Калтышино, Каменка, Краснинское, Лебеди, Озерки, Окунево, Падунская, Пархавка, Плотниково, Пор-Искитим, Прогресс, Промышленная, Пушкино, Пьяново, Уфимцево.

В Чебулинском районе были обследованы окрестности населённых пунктов Дмитриевка и Шестаково.

В Тяжинском районе: Б. Покровка, Валерьяновка, Заря, Камышловка, Листвянка, Нововосточный Новопокровка, Почаевка, Преображенка, Путятинский, Тяжинский, Тяжино-Вершинка.

В Прокопьевском районе были обследованы Караканские горы, долины речек Талда и Кыргай, окрестности населённых пунктов: Евтино, Котино, Лукьяновка, Лучшево, Сметанино, Терентьевское, Тыхта, Шарап, восточные окрестности г. Прокопьевска (район Ясная поляна).

Кроме того, сбор материала по редким видам проводился в Кемеровском районе в окрестностях населённых пунктов: Береговая, Берёзово, Воскресенка, Елыкаево, Городок, Камышная, Кемерово, Ленинградский, Осиновка, Старочервово, Сухая речка, Сухово, Упоровка; в Крапивинском районе на биостанции Кемеровского государственного университета «Ажандарово».

Местонахождения объектов определяли по Garmin eTrex 10 GPS (координатная система WGS-84) с точностью до тысячной доли минуты, с дополнительной привязкой к ближайшему населённому пункту.

Фотосъёмка местообитаний, общего внешнего вида и отдельных фрагментов объектов проводили цифровыми фотокамерами Canon EOS 400D Digital, SONY DSC W610, SAMSUNG NX200 с разрешением от 10,1 Mega pixels и выше.

При кафедре зоологии и экологии создана лаборатория биоэкологии, которая функционирует как центр помощи диким животным, где содержатся живые животные, многих из которых передают в лабораторию жители г. Кемерово и других городов. Нередко в лабораторию поступают редкие животные, в особенности из числа хищных птиц. По мере возможности им оказывается помощь, и если животное способно к самостоятельной жизни, его возвращают в природу. Если животное осталось калеккой, то оно остаётся в лаборатории или, по мере возможности, пристраивается в питомники, зооцентры, грамотным любителям природы.

Всего за время исследований 2014 – 2015 гг. была получена новая информация по 1 виду рыб, амфибий и рептилий, по 20 видам птиц и 2 видам млекопитающих.

Ленок тупорылый – *Brachymystax tumensis* Mori, 1930. Статус. Категория I. Вид включён в Красную книгу Российской Федерации – категория I.

Ленок относится к числу наиболее ценных и редких рыб Кемеровской области. В прошлом обитал по всем рекам горного характера, в 1970-х гг. почти исчез и сохранялся по притокам Томи в Кузнецком Алатау и в верховьях Мрассу в Горной Шории [5]. По сообщениям рыбаков за последние годы ленки стали несколько чаще встречаться в Тайдоне, Нижней и Средней Терсях и их притоках. 24 июня 2015 г. выявлен случай незаконной добычи 3-х ленков размерами 39, 20 и 19 см в Междуреченском районе по р. Уса. Браконьер привлечён к уголовной ответственности.

Тритон обыкновенный – *Lissotriton vulgaris* (L., 1758). Статус. Категория I.

В 2014 г. Л. К. Ваничевой опубликованы новые данные о местах обитания обыкновенного тритона на юге Кемеровской области. Опубликованы результаты учётов численности обыкновенного тритона в окрестностях и в черте г. Новокузнецка в 2008 – 2012 гг., в том числе в Центральном районе у «Водного стадиона», в Заводском районе выше п. Телеуты, в Орджоникидзевском районе в устье р. Абышевка, у п. Аба-

гур и в старице р. Кондома. В 2008 г. в окрестностях г. Новокузнецка численность составляла 1,8 особи на 100 ц/с, к 2012 г. она уменьшилась до 0,3 ц/с [1].

Большую опасность для существования популяций обыкновенного тритона в Кузнецкой котловине представляет вселение в пойменные водоёмы бассейна Томи дальневосточного ротана-головёшки – хищной рыбы, способной поедать не только личинок, но и взрослых тритонов [Скалон]. Так, в окрестностях биостанции КемГУ «Ажандарово» (Крапивинский район) в озёре Ажандаровском ротан появился в 2006 г. В последующие годы отмечено десятикратное снижение попадания тритонов в ловчие канавки, установленные у озера: с 2,0 особи на 100 ц/с в 2005 г. до 0,2 особи на 100 ц/с в 2011 г. После этого в отдельные годы тритоны вообще не попадали в ловушки. Кроме того, продолжается разрушение и уничтожение мест обитания тритона в окрестностях городов Кемерово и Новокузнецк.

Полз узорчатый – *Elaphe dione* Pallas, 1773. Статус. Категория I.

В Кемеровской области узорчатый полз найден на узкой полосе вдоль правого берега Томи от экомузeya «Тюльберский городок» – Старочервово – Елыкаево до г. Кемерово [4]. Учитывая, что северная граница основного ареала проходит по Алтаю, логично ожидать нахождения мест обитания полозов южнее Кемерово по долине Томи и Кондомы. Однако достоверных сведений с этих территорий до настоящего времени нет. В июле 2013 г. змея, по описанию похожая на узорчатого полоза, была встречена студентами на правом берегу Томи выше биостанции «Ажандарово». Однако ни поймать, ни сфотографировать змею не удалось, и встреча осталась не подтвержденной.

На месте стационарных наблюдений на территории «Тюльберского городка» численность полозов сокращается, вероятно, в первую очередь из-за роста количества студентов, школьников и отдыхающих. Так, по нашим исследованиям проводившимся с 29.06 по 11.07.2011 г., отмечен 1 полз, взрослый самец; с 26.06. по 8.07.2012 г. встречено 2 взрослых самца; с 25.06. по 8.07.2013 г. отмечены 2 полоза годовалого возраста, 1 из них был покалечен школьниками из спортивного лагеря; с 4.07 по 14.07.2014 г. встречен 1 полз годовалого возраста, общей длиной 277 мм; с 29.06. по 14.07.2015 г. полозов не отмечено.

По нашим наблюдениям, сделанным на территории экомузeya, места обитания полоза – обрывистые склон поймы Томи южной экспозиции, где имеются подходящие условия для зимовки в норах и других пустотах обрыва. Охотятся полозы на закустаренном обрыве и прилегающей части надпойменной террасы, покрытой разреженным берёзовым лесом паркового типа, не далее 100 – 150 м от берега. Объекты питания – многочисленные здесь прыткие ящерицы, мышевидные грызуны и мелкие воробьиные, как гнездящиеся наземно, так и в дуплах. Полоза охотно лазают по кустарникам и деревьям, поднимаясь на высоту до 10 м.

Черношейная или ушастая поганка – *Podiceps nigricollis* G. L. Brehm, 1831. Статус. Категория III.

По результатам исследования 2014 г. на благоприятных для обитания и гнездования водоёмах вполне обычна. На небольших и средних по размеру прудах держится по 1 – 2 выводка, на самом крупном водоёме – оз. Танаевом – при учёте с западного и восточного подветренного берега одновременно отмечено 25 птиц (6 – 7 выводков), экстраполируя на всё озеро, полностью обследовать которое возможности не было, можно предположить от 50 до 100 особей. Так, черношейные поганки с выводками отмечены: 18.07.1914 г. на оз. Танаевом 4 выводка – 16 особей; 19.07.2014 г. на озере Федоровском (координаты озера 54°48' 90 с. ш. и 85°09' 28 в. д.) держался 1 выводок – 4 особи и на безымянном водоёме северо-западнее Фёдоровского озера 2 особи; 25.07.2014 г. на оз. Танаевом учтено 25 черношейных поганок (6 – 7 выводков); 26.07.2014 г. на пруду у д. Озерки (координаты 54°59' 06 с. ш. и 84° 55' 20 в. д.) учтено 5 черношейных поганок.

На обследованных водоёмах Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого, Прокопьевского районов в июле и августе 2014 г., Чебулинского и Тяжинского районов в июле-августе 2015 г. черношейные поганки не отмечены.

Чомга, или большая поганка – *Podiceps cristatus* (L., 1758). Статус. Категория III.

В 2014 г. чомги отмечены 18.07. на оз. Танаевом 1 выводок – 5 особей у северного берега острова Кучум, 19.07. на оз. Федоровском 1 выводок – 5 особи; 25.07.2014 г. на оз. Танаевом у северного и западного берега одновременно учтено 75 больших поганок. 26.07.2014 г. на пруду у д. Озерки учтено 11 чомг (2 – 3 выводка).

На обследованных водоёмах Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого, Прокопьевского районов в июле и августе 2014 г., Чебулинского и Тяжинского районов в июле-августе 2015 г. чомги не отмечены.

Во время осеннего пролёта молодые чомги достаточно регулярно попадают в руки людей на территории г. Кемерово. 20 и 21 октября 2009 г. молодая чомга была отмечена на Томи возле Притомской набережной, а 30 октября (возможно, она же) была найдена в парке. Птица барахталась в рано выпавшем снегу, её пытались заклевать серые вороны. Несколько дней птицу содержали на юннатской станции, через несколько дней она погибла. В 20 сентября 2013 г. на кафедру зоологии и экологии КемГУ была принесена молодая истощённая чомга, найденная собакой в Рудничном районе г. Кемерово. Птица прожила в неволе 2 месяца, стала ручной, но по неизвестной причине погибла. 8 сентября 2015 г. в г. Кемерово была найдена молодая чомга. Птицу подкормили и выпустили на оз. Красном.

Большая выпь – *Botaurus stellaris* (L., 1758). Статус. Категория III.

2 – 3 мая 2013 г. у д. Окунёво отмечены крики 2-х самцов на отрезке реки в 3 км, 1 самец отмечен по

крику и потом поднят из камышей 8 мая 2013 г. на пруду между д. Окунёво и Уфимцево. 2 – 3.05.2014 г. в окрестностях д. Пор-Искитим на участке реки в 5 км брачных криков самцов не было слышно (выпь ведёт скрытный образ жизни и учитывается по голосу в весеннее время). 19.07. 2014 г. 1 выпь была отмечена в тростниках между островом Кучум и южным берегом озера, ещё 1 поднята из тростников на берегу оз. Фёдоровского.

3 сентября 2015 г. взрослая выпь, сильно истощенная, была принесена на кафедру зоологии, после интенсивного кормления и витаминизации окольцована и возвращена в природу.

Лебедь кликун – *Cygnus cygnus* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория I.

23.04.2015 г. был отмечен лебедь кликун, который пролетел над д. Портнягино Промышленновского района, а 25 апреля вблизи той же деревни на разливе р. Иня была отмечена пара лебедей, которая держалась здесь в течение 2-х дней (сообщение местного охотника и любителя природы В. В. Борисова).

Красная утка, или огарь – *Tadorna ferruginea* (Pallas, 1764). Статус. Категория I.

В Промышленновском районе восточнее с. Окунёво визуально наблюдалась пара красных уток, пролетавшая над разливами р. Иня 2 мая 2014 г. На разливах Ини огари встречаются почти ежегодно.

Осоед обыкновенный, или европейский – *Pernis apivorus* (L., 1758). Статус. Категория III.

За время обследования Новокузнецкого, Ленинск-Кузнецкого и Промышленновского районов в 2014 г. европейский осоед был встречен только однажды, при этом впервые отмечен для Ленинск-Кузнецкого района. Молодая птица охотилась на лугу в долине среднего течения р. Косьма, левого притока Ини у п. Мусохраново.

Осоед хохлатый, или восточный – *Pernis ptilorhynchus* (Temminck, 1821). Статус. Категория IV.

24 августа 2014 г. на кафедру зоологии и экологии КемГУ принесли слетка хохлатого осоеда, найденного в окрестностях г. Кемерово, на правом берегу Томи. Птенец ещё не умел летать и был сильно истощён и ослаблен. В вольере лаборатории осоед окреп, оперился и успешно пережил зиму. К людям изначально относился очень терпимо, выходил из вольера на прогулку. В марте 2015 г. птица неожиданно погибла. Вскрытие показало воспаление и разрушение печени. Примечательно пищевые предпочтения хохлатого осоеда: наиболее охотно поедал тушки однодневных цыплят, затем мышат, затем фрукты, предпочитая сладкие (бананы, виноград, нектарины, зрелые груши, апельсины). Насекомых (сверчки, тараканы, зоофобус) ел неохотно, часто выбрасывал. От рыбы отказывался.

9 сентября 2015 г. молодой хохлатый осоед очень яркой расцветки был найден на дороге у д. Упоровка Кемеровского района – на сидящую птицу нападали

собаки. Нашедшая его женщина в течение недели кормила птицу сосисками, после этого сильно ослабевшего и отощавшего, поражение почек и печени, вероятно с постоянным поносом осоеда передали в лаборатории кафедры зоологии и экологии КемГУ, однако спасти его не удалось. Птица слабела на глазах. В первый день она самостоятельно ходила, клевала мясо цыплят и мышей.

Степной лунь – *Circus macrourus* (Gmelin, 1770). Статус. Категория II. Включен в Красную книгу России (категория II).

За время обследования 2014 и 2015 гг. встречен только однажды 24.07.2014 г. над заболоченным лугом у с. Ваганово на территории Салаирского заказника (координаты встречи 54°42' 33 с. ш. и 85° 12' 04 в. д.). Самец с выраженным гнездовым поведением с криком нападал на двух коршунов.

Луговой лунь – *Circus pygargus* (L., 1758). Статус. Категория II.

В Промышленновском районе самцы лугового луня единично, но достаточно регулярно отмечаются нами в долине р. Иня в окрестностях с. Окунёво в период открытия весенней охоты на водоплавающих птиц. Так, в 2014 г. 1 самец наблюдался нами 3 мая, в 2015 г. – 25 апреля. В последнее издание Красной книги Кемеровской области не вошла информация о встрече выводка луговых луней в составе самки и 3 молодых, которые 10 – 15 июля 2012 г. держались на лугах в 3 – 4 км северо-восточнее экомузeya «Тюльберский городок» (Кемеровский район). В 2014 г. также отмечен 19.07. у оз. Федоровского (Промышленновский район).

Балобан – *Falco cherrug* Gray, JE, 1834. Статус. Категория I. Включен в Красную книгу России (категория II).

Взрослый балобан самец был доставлен на кафедру 25 августа 2014 г. с явными симптомами «вертячки» – нейросоматическим синдромом (судорогами, поворотом головы темечком вниз). Птица барахталась в Томи недалеко от берега воды в районе д. Верхотомка, летать не могла. После длительного лечения (более 2-х месяцев) балобан выздоровел, в августе 2015 г. передан в соколиный питомник г. Барнаула «Алтай Фалькон».

Гнездование пары балобанов отмечено в г. Новокузнецке в районе Ильинки, на крыше многоэтажного дома. Одна из жительниц обратила внимание на громкие крики взрослых птиц, вызвала спасателей, которые 27.07.2015 г. обнаружили на крыше птенца слётка. Птенца сфотографировали, после чего женщина разместила его фото в Интернете.

Сапсан – *Falco peregrines* Gmelin, 1788. Статус. Категория III. Вид включен в Красную книгу России (категория II).

В июле 2015 г., после перерыва в несколько лет, гнездование пары сапсанов отмечено нами на скалах у

экомузeya «Тюльберский городок» (Кемеровский район).

Степная пустельга – *Falco naumanni* Fleischer, 1818. Статус. Категория I. Вид включен в Красную книгу России (категория I).

Пара степных пустелёг (самец и самка) отмечена у с. Беково (Беловский район) 25 августа 2015 г. Одиночный самец степной пустельги наблюдался нами 14.09.2014 г. по южному оstepнённому склону в долине р. Берёзовой в окрестностях п. Ленинградский (Кемеровский район). Там же одиночный самец степной пустельги отмечен нами 6 и 9 сентября 2015 г. Примечательно, что появление степной пустельги отмечается после отлёта обыкновенных пустелёг (последняя обыкновенная пустельга наблюдалась в окрестностях Кемерово 1.09.2015 г.). В весеннее и летнее время здесь наблюдается только обыкновенная пустельга, которая обычно гнездится, и среди хищных птиц по численности уступает только коршуну.

Серая куропатка – *Perdix perdix* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория II.

В марте 2015 г. на трассе Промышленное – Ваганово (Промышленновский район) возле дороги в придорожном бурьяне кормилась стайка серых куропаток – 10 особей (сообщение Ю. А. Манакова).

Белая куропатка – *Lagopus lagopus* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория I. Вид включен в Красную книгу России (категория II).

В январе и феврале 2015 г. пара белых куропаток держалась в долине Томи в окрестностях д. Глубокое и Медынено (Топкинский район). Одна из птиц была незаконно добыта.

Серый журавль – *Grus grus* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория II.

В 2014 г. 30 апреля стая из 16 серых журавлей прилетала в окрестностях п. Пор-Искитим, 2 мая 2014 г. пара серых журавлей летала над разливами вблизи д. Окунёво, 25 и 26 июля 2014 г. утренняя перекличка пары серых журавлей была слышна в долине р. Косьма между с. Красным и Шабаново.

9.06.2015 г. – 4 птицы пролетели у д. Шестаково (Чебулинский район) в восточном направлении в сторону Шестаковских болот.

10.07.2015 г. в окрестностях д. Новый исток и Уфимцево (Промышленновский район) наблюдалась стая серых журавлей в количестве 5 штук. Вероятно, птицы кормились на ячменном поле и их вспугнули машинами. Птицы улетели в сторону д. Уфимцево (сообщение Ю. А. Манакова).

Большой кроншнеп – *Lagopus lagopus* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория III.

9.06.2015 г. 4 птицы кормились на галечном пляже на правом берегу р. Кия напротив д. Дмитриевка, вспугнутые людьми улетели вверх по течению р. Кия.

Большой веретенник – *Limosa limosa* (L., 1758). Статус. Категория II.

В 2014 г. гнездование больших веретенников отмечено на прудах у п. Прогресс в количестве 4-х пар.

Места постоянного колониального гнездования большого веретенника и других видов куликов располагаются на озере Окунёвом и по берегам прудов у п. Прогресс (Промышленновский район).

Филин – *Bubo bubo* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория I. Вид включен в Красную книгу России (категория II).

В первой декаде мая (6 – 9) 2014 и 2015 гг. брачная песня пары филинов отмечена нами в 3 км восточнее д. Воскресенка (Кемеровский район). Можно обоснованно предполагать гнездование филинов в этом районе. Условия благоприятные: глухая черневая тайга местами заболоченная, с просеками и небольшими полянами, для человека труднопроходимая большую часть времени года.

Белая, или полярная сова – *Nyctea scandiaca* (Linnaeus, 1758). Статус. Категория II.

В сентябре – ноябре 2014 г. пара полярных сов (самец и самка) держались в окрестностях взлётно-посадочной полосы Кемеровского аэропорта. На отпугивание птицы реагировали слабо, при попытке их отогнать самка была травмирована и поступила в лабораторию кафедры зоологии КемГУ с переломом крыла. После оперативного вмешательства смогла летать, но полноценный полёт не обрела, по этой причине не могла быть возвращена в природу и весной 2015 г. была передана в вольер Новосибирского «Центра реабилитации хищных птиц». В марте – апреле 2015 г. там же на территории аэропорта держался одиночный самец.

Серый сорокопут – *Lanius excubitor* L., 1758. Статус. Категория III. Европейская популяция серого сорокопута внесена в Красную книгу России.

В 2014 г. серый сорокопут впервые отмечен в гнездовое время в Промышленновском районе 18.07. по реке Каменка (Камысла) – северо-восточнее с. Краснинское. Интересна встреча 27.07.2014 г. северо-западнее д. Абышево в пойме р. Иня, где на протяжении 3 км вдоль левого берега отмечено 3 особи. 14.08.2014 г. серый сорокопут отмечен нами у д. Соболинска (Яйский район); 18.08.2014 г. у д. Златогорка в долине р. Золотой Китат (Ижморский район) [2].

Двухцветный кожан – *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758. Статус. Категория I.

Были продолжены стационарные наблюдения за колонией кожанов на территории экомузея «Тюльберский городок». Большая колония двухцветных кожанов, около 16 – 20 зверьков, обитавшая в морозобойной полости старой берёзы в 2011 – 2012 гг., после беспокойства со стороны студентов покинула убежище. Два года оно пустовало, в 2015 г. там поселились шершни. Колония на чердаке бани уменьшилась с

приблизительно 8 – 10 взрослых зверьков до 4. Хотя на днёвке на чердаке летучих мышей не беспокоили, они попадали в сети для отлова воробьиных птиц.

Отмечено, что в 2012 г. три кормящие самки, попавшие в сети и возвращённые в природу примерно через 10 часов после поимки, бросили трёх своих детёнышей, несмотря на то, что по размерам они уже превышали половину длины тела матери. Поэтому в случае поимки кормящей самки она должна быть отпущена в как можно более короткие сроки.

11.07.2015 г. кормящая самка попала в сеть для отлова птиц в долине р. Кия у с. Шестаково (Чебулинский район). На сегодня это самое северное место поимки на территории Кемеровской области.

Краснощёкий суслик – *Spermophilus eritrogenus*, Brandt 1841. Статус. Категория III.

Летом 2014 и 2015 гг. продолжала существовать колония краснощёких сусликов у с. Берегового Кемеровский район). Поселение располагается на деградированном разнотравном лугу, используемом под выпас крупного рогатого скота.

В 2015 г. в сравнении с 2014 г. площадь, заселяемая сусликами, сократилась в 2 раза, а численность учтённых взрослых зверьков уменьшилась с приблизительно 20 зверьков до 10 – 15. На зверьков активно охотилась стая беспризорных собак.

Весной 2015 г. новая колония краснощёких сусликов в количестве 5 – 6 зверьков появилась между дачным кооперативом и п. Ленинградский в долине речки Берёзовой (Кемеровский район). Однако в течение мая и июня все зверьки были выловлены, вероятно, дачниками. За зверьками также охотилась стая беспризорных собак.

В июле 2015 г. колония краснощёких сусликов (учтено 6 особей) была найдена в окрестностях г. Прокопьевска. За ними также охотилась стая беспризорных собак.

Впервые за последние 25 лет обнаружено поселение краснощёких сусликов в окрестностях г. Прокопьевска восточнее садовых участков района Ясная поляна.

Поселение располагается в 100 м от автомобильной трассы Ленинск-Кузнецкий – Новокузнецк на деградированном разнотравном лугу, используемом под пастбище крупного рогатого скота. Выявлено 6 жилых нор, располагающихся на площади 30х30 м, отмечена активность 4 – 5 зверьков. За сусликами охотилась стая из 4 беспородных собак.

Длиннохвостый суслик – *Spermophilus undulatus* (Pallas, 1778).

В настоящее время не включён в Красную книгу Кемеровской области [3]. Однако в Кемеровской области этот вид беличьих обитает только в восточных районах Кемеровской области, восточнее р. Кия и только у д. Дмитриевка. Его известный ареал имеет точечный характер и занимает восточный край Чебулинского района в долине Кии и юго-восточный край Тяжинского района по Урюпу и Чулым.

Ранее длиннохвостый суслик как уязвимый вид рассматривался в качестве кандидата в Красную книгу Кемеровской области 2012 г., но не был включен, поскольку в сравнении с краснощёким сусликом относительно благополучен. Исследования 2015 г. подтвердили, что местами его численность сократилась. В западной половине Тяжинского района поселений длиннохвостого суслика не встречено. В Чебулинском районе поселения длиннохвостого суслика сохраняются, в том числе на левом берегу Кии на стравленном разнотравно-злаковом лугу у д. Дмитриевка, а также у д. Шестаково. У д. Дмитриевка численность зверьков уменьшилась, помимо естественного пресса хищников суслики подвергаются преследованию со стороны человека и беспризорных собак.

Предлагается исключить длиннохвостого суслика на внесение в следующее издание Красной книги Кемеровской области и включить в список видов, требующих мониторинга наравне с видами Красной книги.

Заключение

За период проведения мониторинговых работ 2014 – 2015 гг. на территориях Ижморского, Кемеровского, Крапивинского, Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого, Прокопьевского, Промышленновского, Топкинского, Чебулинского и Яйского районов были

выявлены места обитания и зафиксированы в системе географических координат местонахождения 25 видов позвоночных животных, занесенных в Красную книгу Кемеровской области [КК].

Внесены предложения по приданию природоохранного статуса ряду мест обитания редких видов позвоночных, внесенных в Красную книгу Кемеровской области:

– озеро Федоровское и участки целинной степи у д. Колтышино (Промышленновский район) – места гнездования водоплавающих и хищных птиц, обитания мышовки степной, редких степных насекомых и растений;

– прудов у п. Прогресс (Промышленновский район) – места колониального гнездования большого веретенника и других видов куликов, а также уток и крачек;

– окрестности экомузeya «Тюльберский городок» – место обитания узорчатого полоза, редких хищных птиц, насекомых и растений.

Необходимы провести комплекс мероприятий по реакклиматизации краснощёкого суслика, включая информационную кампанию в областных и районных СМИ о необходимости охраны сусликов в Кемеровской области.

Литература

1. Ваничева Л. К. Особенности биологии и распространения обыкновенного тритона (*Lissotriton vulgaris* L.) на юге Кемеровской области // Человек и природа – взаимодействие на особо охраняемых природных территориях. Горно-Алтайск, 2014. С. 37 – 43.
2. Ковалевский А. В., Скалон Н. В. Особенности распространения серого сорокопута *Lanius excubitor* L., 1756 в Кемеровской области // Человек и природа – взаимодействие на особо охраняемых природных территориях. Горно-Алтайск, 2014. С. 98 – 101.
3. Красная книга Кемеровской области: в 2-х т. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 2-е изд-е, перераб. и доп. / под ред. Н. В. Скалона. Кемерово: Азия принт, 2012. 192 с.
4. Скалон Н. В. Земноводные и пресмыкающиеся Кемеровской области. Кемерово: СКИФ – Кузбасс, 2005. 128 с.
5. Скалон Н. В. Рыбы Кемеровской области. Кемерово: СКИФ – Кузбасс, 2009. 112 с.

Информация об авторе:

Скалон Николай Васильевич – доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой зоологии и экологии КемГУ, nskalon@kemsu.ru.

Nikolay V. Skalon – Doctor of Pedagogics, Full Professor, Head of the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

**НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО БЕСПОЗВОНОЧНЫМ ЖИВОТНЫМ,
ВКЛЮЧЕННЫМ В КРАСНУЮ КНИГУ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(по результатам мониторинга 2014 – 2015 гг.)**

Н. В. Скалон, Д. В. Суцёв, Д. А. Ефимов, С. Л. Лузянин, К. С. Зубко

**NEW DATA ON INVERTEBRATES INCLUDED IN THE RED BOOK OF KEMEROVO REGION
(based on the results of 2014 – 2015 monitoring)**

N. V. Skalon, D. V. Sushchyov, D. A. Efimov, S. L. Luzyanin, K. S. Zubko

В статье приводятся новые данные по результатам мониторинга редких видов беспозвоночных животных (дождевые черви и насекомые), включённых в Красную книгу Кемеровской области. Исследования были проведены для выполнения государственного контракта по ведению Красной книги Кемеровской области в 2014 и 2015 гг.

The paper presents the new data on the results of monitoring the rare species of invertebrate animals (earthworms and insects) included in the Red Book of Kemerovo region. Researches were conducted for the realization of the public state on maintaining the Red Book of Kemerovo region in 2014 and 2015.

Ключевые слова: редкие виды, мониторинг, охрана природы, беспозвоночные животные, дождевые черви, насекомые, ведение Красной книги, Кемеровская область.

Keywords: rare species, monitoring, conservation, invertebrates, earthworms, insects, maintaining the Red Book, Kemerovo region.

Второе издание Красной книги Кемеровской области было выпущено в 2012 г. В связи с этим возникла необходимость организации мониторинговых исследований, направленных на поиск новых местобитаний редких видов, внесённых в Красную книгу, оценка их численности и состояния популяций.

Целенаправленное изучение беспозвоночных животных (дождевых червей и насекомых) проводилось в рамках мероприятия «Ведение Красной книги Кемеровской области», предусмотренного подпрограммой «Охрана окружающей среды» раздела 5 государственной программы Кемеровской области «Экология и природные ресурсы Кузбасса» на 2014 – 2016 гг., утвержденной постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области от 25.10.2013 г. № 460.

Согласно техническому заданию, разработанному департаментом природопользования и экологии Кемеровской области, курирующим ведение Красной книги, работы в 2014 г. были направлены на мониторинговые исследования состояния редких видов на территориях следующих муниципальных районов Кемеровской области: Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого и Прокопьевского. В 2015 г. работа велась в Новокузнецком, Прокопьевском и Тяжинском районах. Кроме того, сбор материала по редким видам проводился по инициативе авторов в Беловском, Кемеровском, Таштагольском и Чебулинском районах. Таким образом, исследованиями были охвачены, в основном, лесостепи и остатки степей Кузнецко-Салаирской горной области.

Материалы и методы

Полевые работы проводились в мае-августе 2014 и 2015 гг., исследования по люмбрицидам были продолжены в осенний и раннезимний периоды (сентябрь – ноябрь 2014 г.).

При изучении дождевых червей для проведения количественных учетов использовался метод ручной разборки проб. Материал фиксировался в 4 % формалине с добавлением глицерина (1:99) по общепринятой методике фиксации почвообитающих беспозво-

ночных [3]. Определение червей осуществлялась по определителю Т. С. Всеволодовой-Перель (1997). Правильность определения подтверждена Т. С. Всеволодовой-Перель – доктором биологических наук, ведущим специалистом России по кольчатым червям, и М. Л. Сиземской – доктором биологических наук, заведующей лабораторией аридного лесоразведения Института лесоведения (ИЛАН РАН).

Для исследования жуков были использованы стандартные методики. Это ручной сбор на растениях, на почве, под камнями, а также кошение энтомологическим сачком. Разбор материала проводили после 10 взмахов сачком.

Сбор шмелей проводили с последней декады мая до начала сентября. Отлов насекомых осуществлялся по стандартной методике с использованием энтомологического сачка с диаметром обода 35 см [14]. Все особи отлавливались на лету или собирались с кормовых растений, что в полной мере позволяет судить о соотношении видов в составе сообщества.

Чешуекрылые исследовались в основных местобитаниях, сбор осуществлялся стандартными методами на экскурсиях. При изучении численности использовался метод маршрутного учета [15]. Легко определяемые виды бабочек не отлавливались, а отмечались. Полученные результаты пересчитывались на 1 га.

Результаты и обсуждение

За время мониторинга редких видов, включенных в Красную книгу Кемеровской области в 2014 – 2015 гг., были получены новые сведения по 2 видам дождевых червей и 13 видами насекомых.

Класс Малоштитниковые черви (Oligochaeta).

Отряд Хаплитаксидоморфы (Haplitaxidomorpha).

Семейство Люмбрициды (Lumbricidae).

Эйзеня Малевича – *Eisenia malevici* Perel, 1962.

Статус. Категория I. Вид включен в Красную книгу России – категория I.

Эйзеня Малевича – узколокализированный вид, эндемик Северного Алтая и Кузнецко-Салаирской

горной области, находящийся на грани исчезновения. Вид описан в 1962 г. по сборам на территории Кемеровской области из Новокузнецкого района [8], где был найден только в предгорьях Кузнецкого Алатау в одной точке – на левом склоне долины р. Черновой Нарык у д. Жерново, а позже в бассейне р. Катунь от г. Горно-Алтайск до пос. Улус-Черга.

Встречается в пихтарниках и под пологом лиственных лесов. В районе д. Жерново до 2013 г. обитал на западном склоне хребта во вторичном пихтово-осиновом лесу. Относится к червям-норникам, прокладывает ходы в почве на глубину 1 м. Питается лесным опадом и почвенным перегноем [2].

Площадь обитания эйзении Малевича на территории Кемеровской области, вероятно, занимала всего несколько га. В местах обитания вида плотность в 2005 г. и в 2011 г. составляла 4 – 8 экз/м² [7].

По халатности чиновников Росприроднадзора по Кемеровской области была согласована лицензия на проведение угледобычи в местах обитания данного вида, внесённого в Красную книгу Кемеровской области. В течение 2011 – 2013 гг. типовое местообитание эйзении Малевича было полностью уничтожено при строительстве шахты Жерновская-глубокая [5]. По левому склону долины Черновой Нарыка на протяжении более 1 км был сведен лес с полным уничтожением верхнего слоя почвы.

Целенаправленные исследования, проведённые нами в 2014 – 2015 гг. в долине Черновой Нарыка, а также на других территориях Кемеровской области, новых мест обитания эйзении Малевича не выявили. Не исключено, что в Кемеровской области *Eiseniamalevici*, имеющая самую высокую охранную категорию не только в Красной книге Кемеровской области, но и в Красной книге России, была полностью уничтожена.

***Эйзения салаирская* – *Eisenia salairica* Perel, 1968.**

Статус. Категория I.

Узколокализованный вид, эндемик Кузнецко-Салаирской горной области, находящийся на грани исчезновения. *Eisenia salairica* (рис. 1) была описана и достоверно найдена только в одном месте по левому берегу р. Черновой Нарык в окрестностях д. Жерново Новокузнецкого района [2; 9].

Эйзения салаирская встречается позападному склону долины левобережья р. Черновой Нарык, исключительно в средней части склонов южной, юго-западной и западной экспозиции, под пологом пихтово-осинового леса и во вторичном лесу на месте выруб, сохранивших основные характеристики черновой тайги [6]. Вид относится к подстилочным, поверхностно обитающим видам, чаще встречается в подстилке и в слое ризосферы на глубинах не более 10 – 15 см. Питается лесным опадом и почвенным перегноем [7].

В 2014 г. выявлены две новые точки обитания вида северо-восточнее д. Жерново в 2 – 3 км. Первая точка: берёзово-пихтово-осиновый лес высокотравно-папоротниково-снытьевый. Вторая точка: осиново-берёзово-пихтовый лес высокотравно-папоротниковый, высота 303 м над у. м. Максимальные показатели численности не превышают $5,3 \pm 1,1$ экз/м².

Главным фактором резкого сокращения численности вида является сведение лесов, уничтожение лесной подстилки. Места обитания вида потенциально могут быть повреждены в результате лесоразработок или полностью уничтожены в процессе угольных разработок.



Рис. 1. *Эйзения салаирская*

Из-за халатности чиновников Росприроднадзора по Кемеровской области была согласована лицензия на проведение угледобычи в местах обитания вида, внесённого в Красную книгу России. В течение 2011 – 2013 гг. типовое местообитание эйзении салаирской было полностью уничтожено при строительстве шахты Жерновская-глубокая.

В прошлом места обитания вида находились в границах зоологического заказника «Нарыкский», который был закрыт в 2001 г. в интересах развития угледобычи. До конца 2015 г. департаментом по охране объектов животного мира Кемеровской области и дирекцией по особо охраняемым территориям Кемеровской области запланировано создание специализированной ООПТ на площади, примыкающей к той, что отведена под строительство шахты Жерновская-глубокая, где подтверждено обитание эйзении салаирской.

Класс Насекомые (Insecta).

Отряд Стрекозы (Odonata).

Семейство Бабки (Corduliidae).

***Макромия сибирская* – *Macromia amphigena fraenata* Martin, 1906.**

Статус. Категория III.

Реликтовый вид с локальными микроареалами, встречающийся, преимущественно, в бассейне р. Томи в её верхнем течении от Междуреченска до Новокузнецка, по Кондоме и Мрассу и в среднем течении Томи до биостанции КемГУ «Ажандарово» (Крапивинский район) [6].

В 2014 г. подтверждено местообитание макромии сибирской, ранее описанное М. В. Дронзиковой [4], в окрестностях г. Новокузнецка (с. Атаманово), визуально отмечено 3 самца, патрулирующих территорию.

В первой декаде июля 2014 и 2015 гг. самцы, патрулирующие берег Томи, отмечены по 2 – 3 экземпляра на протяжении 1,5 – 2 км севернее у экомузeya «Тюльберский городок» (Кемеровский район).

Отряд Прямокрылые (Orthoptera).

Семейство Триперстовые (Tridactylidae).

Триперст пустынный – *Bruntridactylus tartarus* (Saussure, 1874).

Статус. Категория III.

Малочисленный вид, локально обитающий за пределами основного ареала. В Кемеровской области было известно единственное место обитания в центральной части Кузнецкой котловины по берегам соленоватых озёр. Населяет долины рек и котловины озёр в степи. В Кемеровской области обитает только в степном ядре Кузнецкой котловины в Промышленновском районе. Впервые был найден на берегу Фёдоровского озера [11].

Новое местообитание вида отмечено 18 июля 2014 г. в заболоченной и засоленной долине р. Каменки (Камыслы) между п. Краснинский и п. Каменка (Промышленновский район) (рис. 2, 3).



Рис. 2. Триперст пустынный



Рис. 3. Место обитания триперста пустынного в долине р. Каменка (Камысла)

Ведет наземный околоводный образ жизни. Селится недалеко от воды, роет норки. Питается разными видами полыней. По срокам размножения относится к ранневесенним видам, но личиночное развитие относительно длительное. Первые имаго появляются в первой декаде июля. Численность в Кемеровской области низкая. На берегу оз. Фёдоровского 2 – 3 экз./час [6]. В долине р. Каменушка – 1 экз./час.

Небольшое число пригодных для обитания мест сильно ограничивает возможность сохранения вида в будущем. Уничтожение нескольких соленоватых водоёмов или нарушение их берегов приведёт к исчезновению вида в Кемеровской области. Необходимо создание региональных ООПТ для сохранения солонцов и соленоватых водоёмов в Кузнецкой степи, в первую очередь Фёдоровских озёр, охрана мест обитания в долине р. Каменки.

Семейство Настоящие саранчовые (Acrididae).

Летуныя голубокрылая, или малая – *Epracromius pulverulentus* (Fischervon Waldheim, 1846).

Статус. Категория II.

Транспалеарктический вид с оптимумом ареала в степной зоне [10]. Населяет Южную Европу, Казахстан, Среднюю Азию на юг до Северной Индии, степи и лесостепи Сибири от Алтая до Приморья, Монголию, Китай, Корею. В Западной Сибири была известна на север до г. Омск, курорта Карачи, Бийска, Минусинска [1].

В Кемеровской области встречена севернее известных мест обитания. Найдена в Кузнецкой степи в Промышленновском районе у соленоватых водоёмов. Впервые отмечена в августе 2006 г. в верховьях р. Сухой у с. Пушкино, в августе 2007 г. найдена у озера Фёдоровского [12].

18 июля 2014 г. найдено новое место обитания по заболоченной и засоленной долине р. Каменки (Камыслы) между п. Краснинский и Каменка (Промышленновский район).

Населяет сухие солонцы с редким растительным покровом, берега солёных озёр, встречается на злаковых приречных и приозёрных лугах, охотно заселяет полынные залежи [1]. В условиях Кемеровской области найдена на солонце с зарослями солянки и на берегу соленоватого озера среди полынно-злаковых растительных ассоциаций. Окрыляется поздно. В 2007 г. первая окрылившаяся самка у оз. Фёдоровского отмечена 23 августа [6]. 18 июля 2014 г. в долине р. Каменка найдены 3 личинки третьего возраста.

Численность низкая. На солонце в верховьях р. Сухой достигала 12 ос./час, на берегу озера Фёдоровского – 5 ос./час, в долине р. Каменки – 3 ос./час, при этом площади пригодные для обитания очень маленькие – от нескольких десятков м² до нескольких га.

В настоящее время известно всего три места обитания вида в Кемеровской области. Нарушение солончаков в верховьях р. Сухой, у берегов оз. Фёдоровского и по р. Каменке приведёт к исчезновению вида в Кемеровской области.

На территории Кемеровской области вид не представлен на федеральных и региональных ООПТ. Участки с засоленной почвой имеются только в Кузнецкой степи в основном на территории Промышленновского района, они очень малы по площади, содержат уникальные сообщества маллюбовидных растений и животных и нуждаются в охране.

Отряд Жесткокрылые (Coleoptera).

Семейство Усачи (Cerambycidae).

Корнежил ребристый – *Eodorcadion carinatum* (Fabricius, 1781).

Статус. Категория II.

В Беловском районе в 7 км к западу от Белово в июле 2014 г. найден экземпляр жука в полынно-разнотравной степи.

В июне 2015 г. выявлено новое местообитание этого вида в Беловском районе на Бачатских сопках. Обнаружено 5 экземпляров жуков на участках луговых разнотравных и каменистых степей. Вполне вероятно, что на Бачатских сопках существует относительно крупная популяция усачей, но для подтвер-

ждения этого нужны дальнейшие исследования степных сообществ Беловского района.

Основным фактором, влияющим на распространение и численность, является распашка степей, приводящая к уничтожению мест обитания. Необходимо создание степных микрозаповедников и микрозаказников.

Усач люцерновый – *Echinocerus floralis* (Pallas, 1773).

Статус. Категория III.

Редкий вид. Встречается локально, в Кемеровской области найден только на территории Кузнецкой котловины.

В 2014 г. выявлено новое местообитание в Ленинск-Кузнецком районе в долине р. Сухая. Отмечено 2 самца.

В июле 2015 г. обнаружены новые местообитания этого вида. Жуки были найдены в Беловском и Прокопьевском районах.

В большинстве найденных местообитаний встречается единично. В локальных популяциях *Echinocerus floralis* на Бачатских сопках и в окрестностях с. Лучшево отмечена численность до 1 экз./м². Встречались преимущественно самки (рис. 4).

Уничтожение степных экосистем, как и в случае с *Eodorcadion carinatum*, это главный лимитирующий фактор для усача люцернового. На территории Кузнецкой котловины в местах обитания усача люцернового желателно создание энтомологических микрозаказников с ограничением хозяйственной деятельности.



Рис. 4. Усач люцерновый

Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera).

Семейство Пчелиные (Apidae).

Шмель армянский – *Bombus armeniacus* Radoszkowski, 1877.

Статус. Категория III. Вид включен в Красную книгу Российской Федерации – категория II.

В Кемеровской области впервые найден на юге Кузнецкой котловины в июле 1995 г. на склоне горы Маганак (Караул) возле г. Прокопьевска.

В 2014 г. выявлено новое место обитания вида в Ленинск-Кузнецком районе в окрестностях с. Красное. Отмечен 1 самец (рис. 5). В 2015 г. найден 1 самец в Беловском районе в луговых степях на территории Бачатских сопкок. В окрестности пос. Трудармейский (Прокопьевский район) зарегистрированы 2 самки.

Необходимо отметить, что в 2015 г. были осуществлены повторные сборы шмелей в окрестностях с. Журавлево (Промышленновский район), с. Малая Салаирка (Гурьевский район), пгт. Краснобродский (Краснобродский городской округ), в результате чего

подтверждено обитание шмеля армянского на данных территориях. В то же время на всех обследованных участках численность данного вида очень низкая – от 3 до 5 экз./час на 10 м².

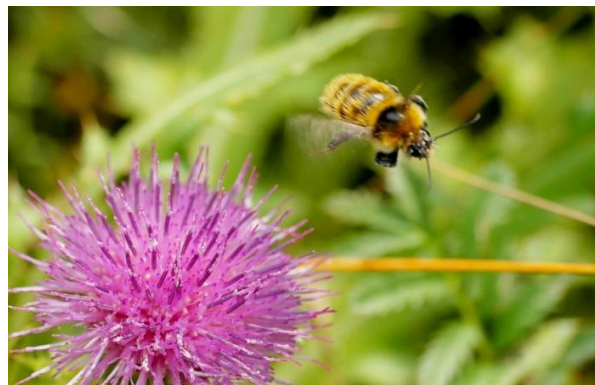


Рис. 5. Шмель армянский

Шмель необычный – *Bombus confusus* Schenk, 1859.

Статус. Категория III. Вид включен в Красную книгу Российской Федерации – категория II.

Постоянные многолетние мониторинговые исследования позволили обнаружить этот вид во многих районах Кемеровской области, расположенных в лесостепном и степном поясах.

В 2014 г. выявлено новое место обитания вида в Ленинск-Кузнецком районе в окрестностях с. Красное. Отмечено 2 самца. В 2015 г. *Bombus confusus* единично обнаружен на территории заказника «Караканский» и в окрестностях с. Лучшево и п. Трудармейский (Прокопьевский район). В окрестностях с. Журавлево (Промышленновский район) зарегистрированы 2 самки, которые кормились на зопнике клубеносном. Численность шмеля необычного очень низкая – от 5 до 7 экз./час на 10 м².

Несмотря на то, что данный вид периодически отмечается на территории области, крайне необходимо проводить ежегодные полевые исследования, направленные на поиск новых мест обитания вида. Кроме того, необходимо усилить контроль над соблюдением запрета на выжигание сухой травы и пресечение весенних палов. Нужно установление охраняемых мер в местах обитания вида.

Шмель моховой – *Bombus muscorum* (Linnaeus, 1758).

Статус. Категория III.

В Кемеровской области данный вид отмечается преимущественно на суходольных и остепненных лугах Кузнецкой котловины.

За период наблюдения (2014 – 2015 гг.) *Bombus muscorum* был зарегистрирован только в степных биотопах Бачатских сопкок в Беловском районе. Отловлен 1 самец на пустырьнике татарском.

Основным лимитирующим фактором, который способствует сокращению численности вида, является уничтожение естественных мест обитания вследствие распашки, интенсивного выпаса скота и изъятия земель для добычи полезных ископаемых.

Отряд Чешуекрылые (Lepidoptera).
Семейство Парусники (Papilionidae).

Аполлон обыкновенный – *Parnassius Apollo* Linnaeus, 1758.

Статус. Категория V. Вид включен в Красную книгу России (категория II).

В Кемеровской области вид отмечен на большей части территории. Предпочитает остепненные склоны южной экспозиции с ксерофильной растительностью, где есть кормовые растения, различные виды очитка (*Sedum* sp.) (рис. 6).



Рис. 6. Аполлон обыкновенный

В 2014 г. выявлено новое местообитание *Parnassius Apollo* в Ленинск-Кузнецком районе в окрестностях с. Красное. Отмечен 1 самец. В Кемеровской области в черте г. Кемерово на опушке соснового бора был встречен 1 самец.

В 2015 г. новые местообитания аполлона обнаружены в Бачатских сопках (Беловский район), в окрестностях с. Костенково (Новокузнецкий район), в окрестностях с. Лучшево (Прокопьевский район), в окрестностях с. Шестаково (Чебулинский район). В указанных пунктах вид отмечен единичными находками.

По долине р. Томи аполлон обыкновенный местами образует стабильные популяции. Устойчивая популяция аполлона отмечается на протяжении 2013 – 2015 гг. на территории заказника «Караканский» [13]. В большинстве отмеченных местообитаний численность низкая и находки единичны. Однако, в окрестностях с. Подъяково (Кемеровский район) и на территории музея-заповедника «Томская писаница» (Яшкинский район) в период лёта численность достигала 5 – 7 экз./га. В последние годы наблюдается тенденция восстановления численности вида и появление его новых популяций.

Семейство Сатириды (Satyridae).

Сенница амариллис – *Coenonympha amaryllis* (Stoll, 1782).

Статус. Категория III.

Редкий степной вид, до недавнего времени отмеченный единичными находками только в двух пунктах Кемеровской области: в окрестностях г. Гурьевск (Гурьевский район) и в окрестностях г. Кемерово (Кемеровский район) [6].

В июле 2015 г. новые местообитания обнаружены в Бачатских сопках (Беловский район) и в окрестностях с. Лучшево (Прокопьевский район). *Coenonympha amaryllis* (рис. 7) была встречена на остепненных разнотравно-злаковых лугах, на участках полынных, ковыльных и луговых степей.



Рис. 7. Сенница амариллис

В Бачатских сопках и окрестностях с. Лучшево встречены локальные популяции с численностью до 2 экз./га.

Для эффективной охраны вида необходимо создание энтомологических микрозаказников с запрещением хозяйственной деятельности.

Бархатница брисеида – *Chazara briseis* (Linnaeus, 1764).

Статус. Категория III.

Редкий степной вид Кемеровской области, отмеченный только в двух пунктах: в окрестностях с. Бекково (Беловский район) и в окрестностях д. Мозжуха (Кемеровский район) [6].

В 2015 г. после большого перерыва брисеида повторно найдена в Беловском районе в степях Бачатских сопек. Встречен 1 самец.

Численность везде крайне низкая – единичные находки. Вероятно, наиболее значимым фактором является деградация и разрушение степных экосистем в местах обитания вида.

Необходимо продолжать работу по выявлению сохранившихся местообитаний вида и создание на этих территориях энтомологических микрозаказников с запрещением хозяйственной деятельности.

Энеис Тарпея или степная – *Oeneis tarpeia* (Pallas, 1771).

Статус. Категория III.

Крайне редкий степной вид, долгое время известный по единственному экземпляру, собранному на каменистой степи вблизи с. Журавлево (Промышленновский район) [6].

В 2015 г. новое местообитание вида обнаружено в окрестностях с. Шестаково (Чебулинский район), где отловлены 3 самца *Oeneis tarpeia*. Бабочка отмечена на луговых, полынных и каменистых степях.

Численность в окрестностях с. Шестаково низкая – до 0,1 – 0,2 экз./га.

Главным лимитирующим фактором, вероятно, является деградация и разрушение степных экосистем в местах обитания вида. Необходимо выявление сохранившихся местообитаний вида и создание на этих территориях энтомологических микрозаказников с запрещением хозяйственной деятельности.

Семейство Голубянки (Lycaenidae).

Голубянка арион – *Maculinea arion* (Linnaeus, 1758).

Статус. Категория III.

В Кемеровской области *Maculinea arion* отмечена, преимущественно, в бассейнах рек Томь и Иня. Этот вид предпочитает степные и остепненные биотопы, разнотравные и разнотравно-злаковые луга, опушки лесов. Как и большинство представителей рода *Maculinea*, голубянка арион трофически связана с муравьями рода *Murgis*, в гнездах которых происходит завершение метаморфоза вида и выход взрослой бабочки.

В 2015 г. новое местообитание вида обнаружено на территории заказника «Караканский» (Прокопьевский район). Отмечено 2 самца.

По всей территории области численность низкая, крупных популяций не зафиксировано, бабочки встречаются единично.

Локальная популяция оседлого вида крайне уязвима при активной хозяйственной деятельности в местах обитания. Необходимо сохранение местообитаний путем создания ООПТ, энтомологических микрозаказников в местах обитания вида.

Голубянка Фальковича – *Neolycaena falcovitchi* Zhdanko et Korschunov, 1985.

Статус. Категория III.

Является эндемиком Кузнецкого нагорья и Алтая. Широко распространена по долине р. Томь и р. Мундыбаш. Обитает на западных склонах Кузнецкого Алатау, в прилегающих районах Кузнецкой котловины и в окрестностях г. Бийска. Вид описан по экземпляру из окрестностей г. Мыски [6]. Населяет сосново-березовые леса с подлеском из караганы, остепненные склоны южной экспозиции, луговые участки пихтово-березовых лесов.

В 2015 г. *Neolycaena falcovitchi* повторно найдена на территории «Липового острова» в окрестностях с. Кузедеево (Новокузнецкий район). Отмечены 1 самец и 1 самка.

В большинстве местообитаний голубянка Фальковича отмечена в небольшом количестве (3 – 5 экз./га) или единично. В 2005 – 2009 гг. на территории музея-заповедника «Томская писаница» в период лёта численность достигала 10 – 20 экз./га [6].

Охраняется на территории и музея-заповедника «Томская писаница» и областного заказника «Писаный». В местах обитания необходимо создание особо охраняемых природных территорий, энтомологических микрозаказников.

Семейство Медведицы (Arctiidae).

Медведица даурская – *Chelis dahurica* (Boisduval, 1843).

Статус. Категория IV.

Редкий, локально распространенный вид в Кемеровской области, до недавнего времени известный по единственному экземпляру, отловленному в 2005 г. на окраине с. Журавлево (Промышленновский район) [6].

В июне 2015 г. *Chelis dahurica* впервые отмечена в окрестностях с. Шестаково (Чебулинский район). На участках луговых и мелкодерновинных степей бабочка охотно летела на свет. Были отмечены 3 самца, привлеченные светоловушкой.

Для сохранения необходимо тщательное выявление и изучение локальных популяций и их охрана

(запрещение хозяйственной деятельности, ведущей к уничтожению степных сообществ).

Заключение

В результате проведения мониторинговых исследований в 2014 – 2015 гг. на территории Кемеровской области были получены новые сведения по 2 видам малощетинковых кольчатых червей и 13 видами насекомых. При этом установлена высокая вероятность исчезновения с территории Кемеровской области 1 вида люмбрицид – эйзения Малевича.

С точки зрения сохранения биологического разнообразия из всего животного мира Кемеровской области самыми уникальными и ценными являются наши эндемики, в первую очередь, это два вида дождевых червей – эйзения салаирская (эндемик Кузнецко-Салаирской горной области) и эйзения Малевича (эндемик Кузнецко-Салаирской области и Северного Алтая), внесённые в Красные книги России и Кемеровской области. Вполне возможно, что эйзения Малевича у нас уже уничтожена. Эйзению салаирскую ещё можно спасти. В 2015 г. должен быть наконец решён вопрос с созданием специализированного заказника на р. Черновой Нарык.

Сохранение биологического разнообразия насекомых, в первую очередь, редких видов, имеет свою специфику по сравнению с наземными позвоночными животными. В частности, охрана насекомых может осуществляться на небольших по площади ООПТ, путём создания микрозаказников площадью всего несколько гектаров, а то и сотен квадратных метров, что для большинства позвоночных животных малоэффективно.

Значительное число насекомых, внесённых в Красную книгу Кемеровской области, являются степными видами, поэтому особое значение приобретает сохранение остатков степных экосистем. Так, для сохранения биологического разнообразия Кемеровской области крайне необходимо создание региональных ООПТ для сбережения солонцов и солончатых водоёмов в Кузнецкой степи в Промышленновском районе. В первую очередь важно сохранить оз. Федоровское, участки степи и солонцов в долинах рек Сухая и Каменка, где произрастают редкие виды растений, гнездятся водоплавающие птицы и встречаются такие редкие виды насекомых, как триперст пустынный и летунья малая.

Авторы выражают благодарность Т. С. Всеволодовой-Перель – доктору биологических наук; М. Л. Сиземской – доктору биологических наук, заведующей лабораторией аридного лесоразведения Института лесоведения (ИЛАН РАН) за помощь в определении люмбрицид; Н. И. Еремеевой – доктору биологических наук, профессору (Кемеровский государственный университет); А. В. Кориуну (Кемеровский государственный университет) за предоставленные материалы по шмелям и чешуекрылым насекомым.

Литература

1. Бережков Р. П. Саранчовые Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1956. 174 с.
2. Всеволодова-Перель Т. С. Дождевые черви фауны России. Кадастр и определитель. М.: Наука, 1997. 102 с.
3. Гиляров М. С. Методы почвенно-зоологических исследований / отв. ред. М. С. Гиляров. М.: Наука, 1975. 281 с.
4. Дронзикова М. В. Материалы по фауне стрекоз (Odonata) бассейна р. Томь // Амурский зоол. журнал. 2011. III (2). С. 107 – 123.
5. Заушинцева А. В., Скалон Н. В., Заушинцен А. С., Зубко К. С. Реакция дождевых червей (Сем. Lumbricidae) на изменение абиотических факторов // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 2(57). Т. 1. С. 7 – 13.
6. Красная книга Кемеровской области: в 2 т. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 2-е изд-е, перераб. и дополн. / под ред. Н. В. Скалона. Кемерово: Азия принт, 2012. 192 с.
7. Красная книга Российской Федерации (животные) / РАН; гл. редкол. В. И. Данилов-Данильян и др. М.: АСТ: Астрель, 2001. 862 с.
8. Перель Т. С. Новый вид дождевого червя из Западной Сибири – *Eisenia malevici* sp. nov. (Lumbricidae, Oligochaeta) // Зоол. ж. 1962. Т. 42. Вып. 3. С. 454 – 456.
9. Перель Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М., 1979. 272 с.
10. Сергеев М. Г. Закономерности распределения прямокрылых насекомых Северной Азии. Новосибирск: Наука, 1986. 238 с.
11. Скалон Н. В., Скалон О. Н., Теплова Н. С. О нахождении обыкновенного мечника и пустынного трипёрста (Orthoptera) в Кузнецко-Салаирской горной области // Тр. Кемеровского отделения РЭО. Вып. 5. Энтомологические исследования в Западной Сибири. Кемерово: Юнити, 2008. С. 116 – 118.
12. Скалон О. Н., Скалон Н. В. Изменения фаунистических комплексов прямокрылых (Orthoptera) Кузнецко-Салаирской горной области под антропогенным воздействием // Энтомологические исследования в Северной Азии: мат. VIII межрегион. совещ. Новосибирск, 2010. С. 192 – 194.
13. Сущёв Д. В., Бабенко А. С., Ефимов Д. А., Лукьянцев С. В. К изучению биоразнообразия беспозвоночных животных заказника «Караганский» (Кемеровская область) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1(61). Т. 2. С. 30 – 35.
14. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа, 1971. 424 с.
15. Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VI, Zool. 1975. Vol. 20. № 1. P. 93 – 116.

Информация об авторах:

Скалон Николай Васильевич – доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и экологии КемГУ, nskalon@kemsu.ru.

Nikolay V. Skalon – Doctor of Pedagogics, Full Professor, Head of the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Сущёв Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, sushev@mail.ru.

Dmitry V. Sushchyov – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Ефимов Дмитрий Анатольевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, efim_d@mail.ru.

Dmitry A. Efimov – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

Лузянин Сергей Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, bombuluz@ngs.ru.

Sergey L. Luzyanin – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Зубко Кирилл Сергеевич – инженер кафедры зоологии и экологии КемГУ, zubko@kemsu.ru.

Kirill S. Zubko – Engineer at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ КОАГУЛЯНТОВ
НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОВЫХ ШЛАМОВ**
Л. Н. Скипин, Д. Л. Скипин, В. С. Петухова, И. Н. Кустышева

THE EFFECTS OF COAGULANTS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF DRILL CUTTINGS
L. N. Skipin, D. L. Skipin, V. S. Petukhova, I. N. Kustysheva

Одно из перспективных решений по охране окружающей среды в нефтяной промышленности – увеличение работ по утилизации и рекультивации буровых шламов. Для них характерны щелочность, солонцеватость, высокая гидрофильность, нарушенная структура и слабая водопроницаемость. Для рекультивации шламов в Тюменской области в качестве технических рекультивантов изучен ряд коагулянтов: кальций сульфат 2-водный ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), железо сернокислое 7 водное ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), серпентин ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), доменный гранулированный шлак, фосфогипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Установлено, что фосфогипс является самым перспективным мелиорантом-коагулянтом. Содержание фосфора в нём достигает до 1,5 %. Потребность фитомелиорантов в фосфоре на начальном этапе будет полностью удовлетворена. Использование фосфогипса превращает буровой шлам в эффективный структурообразующий коллоидный комплекс с достаточным количеством питательных веществ. Фосфогипс в отличие от природного гипса не подвергается цементированию. Его транспортировка и хранение не требует дополнительных затрат. Потребность в коагулянте может быть обеспечена промышленными предприятиями Уральского федерального округа (г. Ревда). Использование фосфогипса позволит решить три задачи: 1) улучшение химических и физических свойств бурового шлама; 2) утилизация непосредственно фосфогипса как отхода промышленности; 3) обеспечение мелиорируемого субстрата фосфором. Это обусловлено доступностью и низкой его стоимостью. Коэффициент корреляции между дозой и объемом фильтрата составил при этом 0,64.

A promising solution for the protection of the environment in the petroleum industry is to increase the work on recycling and reclamation of drill cuttings. They are characterized by alkalinity, high hydrophilicity, disturbed structure and low permeability. For the remediation of sludge in the Tyumen Region several coagulants were studied as technical rekultivators: calcium sulfate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), iron sulfate heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), serpentine ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), granulated blast-furnace slag, phosphogypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). It was established that phosphogypsum is the most promising ameliorant-coagulant. The phosphorus content in it is up to 1.5 %. The phytoameliorants' need for phosphorus at the initial phase will be fully satisfied. Using phosphogypsum converts cuttings into an effective structure-colloidal complex with enough nutrients. Unlike natural gypsum, phosphogypsum is not subjected to cementation. Its transportation and storage does not require additional costs. The need for a coagulant can be provided by industrial enterprises of the Urals Federal District (in the town of Revda). The use of phosphogypsum will solve three problems: 1) improving the chemical and physical properties of the cuttings; 2) direct disposal of phosphogypsum as industry waste; 3) providing the reclaimed substrate with phosphorus. This is due to phosphogypsum availability and low cost. The coefficient of correlation between the dose and the volume of the filtrate was 0.64.

Ключевые слова: фильтрационная способность, коагулянты-мелиоранты, буровой шлам, гипс, фосфогипс, сернокислое железо, доменный шлак, серпентин.

Keywords: filtration capacity, coagulants, ameliorants, drill cuttings, gypsum, phosphogypsum, sulphate iron, blast furnace slag, serpentine.

Результаты исследований свидетельствуют, что буровые шламы имеют высокое содержание катионов натрия, их присутствие обусловлено наличием соды, вносимой в них с реагентом для облегчения процесса бурения. Внесение эффективных коагулянтов устраняет щелочность и солонцеватость, снижает гидрофильность, улучшает структуру и водопроницаемость бурового шлама. Из всех изучаемых коагулянтов наибольший практический интерес для условий Тюменской области представляет фосфогипс – отход промышленного производства.

Одной из актуальных проблем при эксплуатации месторождений является ущерб, наносимый загрязнением и нарушением почв и грунтов. По данным Н. Н. Андреевой [1], на территории среднего промысла Западной Сибири площадь нарушенных земель достигает 20 – 22 % в границах горного отвода. Количество буровых амбаров на территории ХМАО насчи-

тывается более 3000, аналогичная ситуация характерна и для ЯНАО, возрастает их доля на юге Тюменской области. Как известно, буровые амбары, содержащие отходы бурения, являются потенциальными загрязнителями окружающей природной среды, поэтому они должны быть ликвидированы или рекультивированы.

Буровой шлам – измельченная породоразрушающим инструментом и вынесенная на поверхность буровым раствором порода, представляющая собой текучепластичную пастообразную массу, имеющую темно-серый цвет и слабовыраженный, но характерный специфический запах, маслянистую на ощупь. Гидрофильные коллоиды бурового шлама обладают способностью удерживать большое количество воды. Рассматриваемые образцы с наличием гидрофильных коллоидов вязки, пластичны, сильно набухают, при увлажнении очень липки. Физическое состояние коллоидов оксида кремния в буровом шламе в значи-

тельной степени зависит от состава поглощенных катионов. Коллоиды оксида кремния, насыщенные одновалентными катионами, находятся в основном в состоянии золя. При замене одновалентных катионов двух- и трехвалентными они переходят в гель. Так насыщение поглощающего комплекса натрием способствует образованию золя [2]. Источником поступления натрия является каустическая и кальцинированная сода, это явление дополнительно усиливается за счет использования буровых растворов, где присутствуют монтмориллонитовые добавки.

Основные проблемы по охране окружающей среды в нефтяной промышленности сегодня следует решать увеличением работ по утилизации и рекультивации буровых шламов [6]. Одно из перспективных решений этого вопроса – широкое внедрение экологически безопасных элементов системы рекультивации, базирующихся на использовании мелиорантов-коагулянтов [10].

Цель работы: улучшить физические и химические свойства бурового шлама при использовании коагулянтов.

Задачи исследований:

1. Подобрать наиболее эффективный мелиорант.
2. Определить оптимальную дозу применяемых коагулянтов.

Методика исследований. Работа проводилась в «Лаборатории мониторинга окружающей среды ТюмГАСУ». Фильтрационная способность насыпных образцов бурового шлама в сочетании с различными коагулянтами изучалась методом трубок [3]. Данный метод применим при сравнительной оценке способов структурирования и водопроницаемости почв, грунтов и бурового шлама.

В качестве коагулянтов использовались кальций сульфат 2-водный ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), железо сернокислое 7 водное ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), серпентин ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), доменный гранулированный шлак, фосфогипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Водопроницаемость изучаемых образцов изменялась в зависимости от качественного состава и дозы того или иного применяемого коагулянта. Для более наглядного восприятия полученных данных были построены графики, отражающие зависимость количества профильтровавшейся воды от дозы коагулянтов (рис. 1).

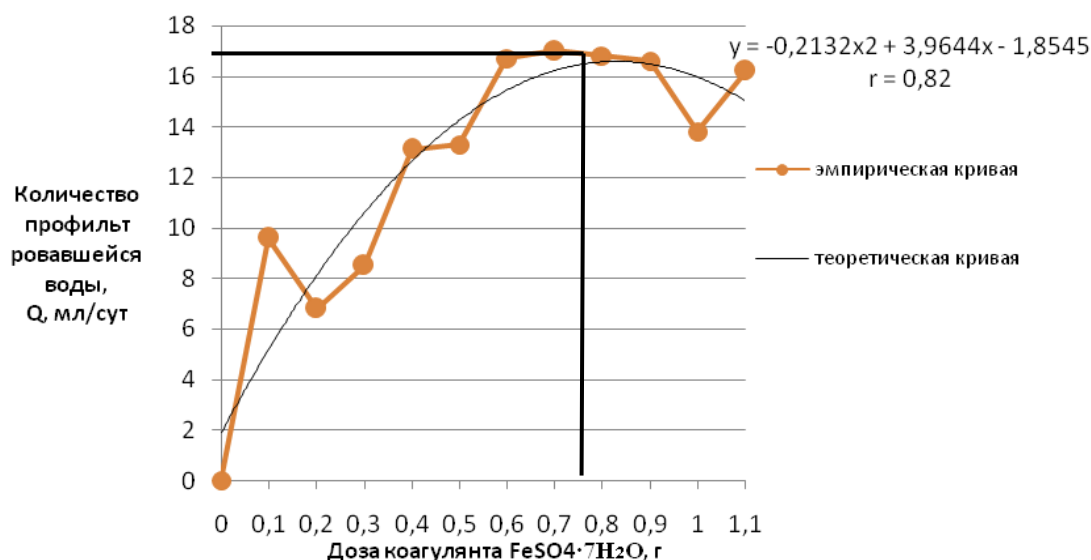


Рис. 1. Влияние $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ на фильтрационную способность бурового шлама

Результаты опытов свидетельствуют, что буровой шлам в естественном состоянии (без добавления коагулянта) обладает абсолютной водонепроницаемостью в течение всего времени проведения эксперимента. Влияние сернокислого железа даже в малых дозах способствует улучшению фильтрационной способности изучаемых образцов. При этом необходимо отметить, что буровой шлам без мелиоранта обладает высокой гидрофильностью, т. е. впитывает и удерживает большое количество воды, но не пропускает ее через себя. Максимум фильтрации проявляется при нейтрализации соды в водной вытяжке и вытеснении активного натрия из поглощающего комплекса, который является основной причиной образования дисперсной среды бурового шлама. Изменение качественного состава поглощающего комплекса приводит к

коренному изменению количественного показателя, выраженного в интенсивности фильтрационного процесса.

Оптимальная доза для $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ составляет 0,8 г физического веса, при этом параметре количество профильтровавшейся воды достигает 16,8 мл/сут. По рисунку видно, что внесение большего количества $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ было неэффективным. Корреляционная связь между дозой коагулянта и количеством фильтрата в опыте была сильной ($r = 0,82$). Коэффициент детерминации ($d = 0,67$) показывает, что внесение коагулянта в форме сернокислого железа на 67 % определяет фильтрационную способность бурового шлама, при этом 33 % приходится на долю других факторов.

В качестве коагулирующего начала при использовании измельченного доменного шлака могут выступать катионы кальция, алюминия, железа, магния и др. Их содержание в форме окислов в доменном шлаке каждого в отдельности колеблется от 0,3 до 49 % по массе. Максимальное содержание приходится на СаО (30 – 49 %) и Al_2O_3 (4,5 – 20 %). Полученные результаты опыта свидетельствуют о весьма слабой коагулирующей способности доменного шлака (рис. 2). Возможная причина этого явления кроется в слабой растворимости химических соединений, низком их процентном содержании, слабой измельченности материала и др.

Данный вопрос требует отдельного изучения при разностороннем использовании доменного шлака с

другими химическими соединениями, в частности, с минеральными кислотами разной концентрации. Это позволит перевести ряд катионов в растворимую и доступную форму. Наибольшая величина фильтрата при добавлении доменного гранулированного шлака составила 3,0 мл/сут, что в 5,6 раз ниже, чем при использовании сернокислого железа. Применение доменного гранулированного шлака было малоэффективным ($r = 0,33$ – связь слабая). Коэффициент детерминации свидетельствует о том, что фильтрационная способность исследуемого образца под действием доменного шлака может зависеть до 11 %, основная ее часть (89 %) сохраняет свои отрицательные свойства практически в полном объеме.



Рис. 2. Влияние доменного гранулированного шлака на фильтрационную способность бурового шлама

По своему влиянию на водопроницаемость действие гипса указывает на целесообразность использования его природных запасов в качестве мелиоранта-коагулянта, так как корреляционная связь между дозами гипса и фильтратом была средней ($r = 0,7$), коэффициент детерминации при этом составил 0,5 (рис. 3).

Слабым звеном использования природного гипса является его способность к цементированию при контакте с водой. Это требует определенных затрат на его хранение и транспортировку в специальной таре. Несоблюдение этих условий в северных регионах приведет к потере требуемых свойств природного гипса, увеличит затраты на его разгрузку.

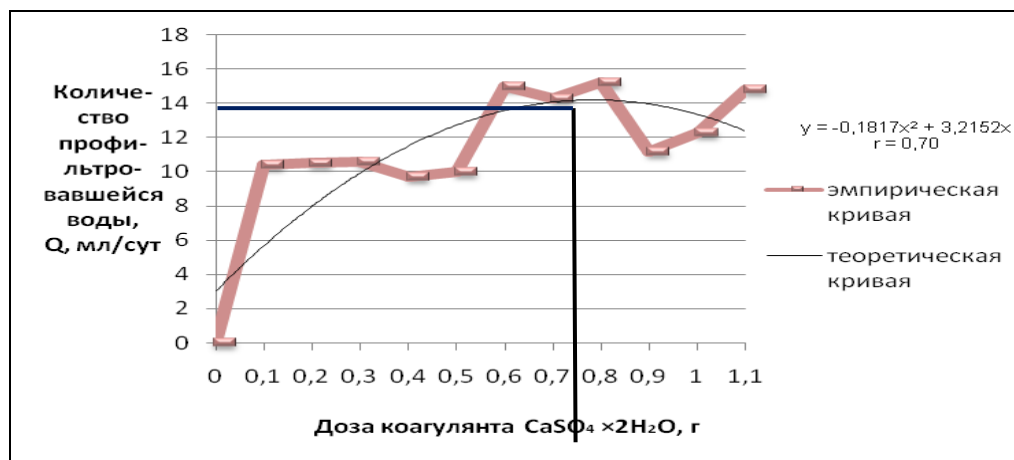


Рис. 3. Влияние $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ на фильтрационную способность бурового шлама

В целом использование кальция сульфата 2-водного ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (гипса) весьма эффективно. Оптимальная доза его составила 0,8 г, при этом величина фильтрата достигала 15,30 мл/сут, это сопоставимо с внесением сернокислого железа. Гипс, в свою очередь, является экологически чистым, довольно распространенным и недорогим природным материалом. Его использование может особенно рассматриваться при наличии мелиоранта в природных месторождениях непосредственно в местах добычи углеводородного сырья (Башкирия, Татарстан, Пермский край).

В качестве действующего коагулирующего элемента в отходе строительного производства серпентине могут выступать катионы Mg^{2+} и Fe^{2+} . Исследования показали, что рассматриваемые отходы по своему мелиоративному эффекту проявлялись слабо. Его применение может рассматриваться также в местах непосредственной близости буровых скважин и образовании серпентиновых отходов. Такое сочетание

присуще на территории промышленного Урала (вблизи Баженовского месторождения, г. Асбест). Его использование в условиях Северных округов Тюменской области практически исключается.

Применение другого мелиоранта-коагулянта отхода химической промышленности – фосфогипса – незначительно уступает по фильтрационной способности чистому гипсу, при этом важно отметить, что в фосфогипсе содержание фосфора достигает до 1,5 %, что является важным условием при последующей рекультивации бурового шлама. В данном случае потребность фитомелиорантов в фосфоре на начальном этапе будет полностью удовлетворена. Важно также отметить, что фосфогипс в отличие от природного гипса не подвергается цементированию. Его транспортировка и хранение не требует дополнительных затрат. Потребность в фосфогипсе может быть полностью снята рядом промышленных предприятий Уральского федерального округа (г. Ревда).

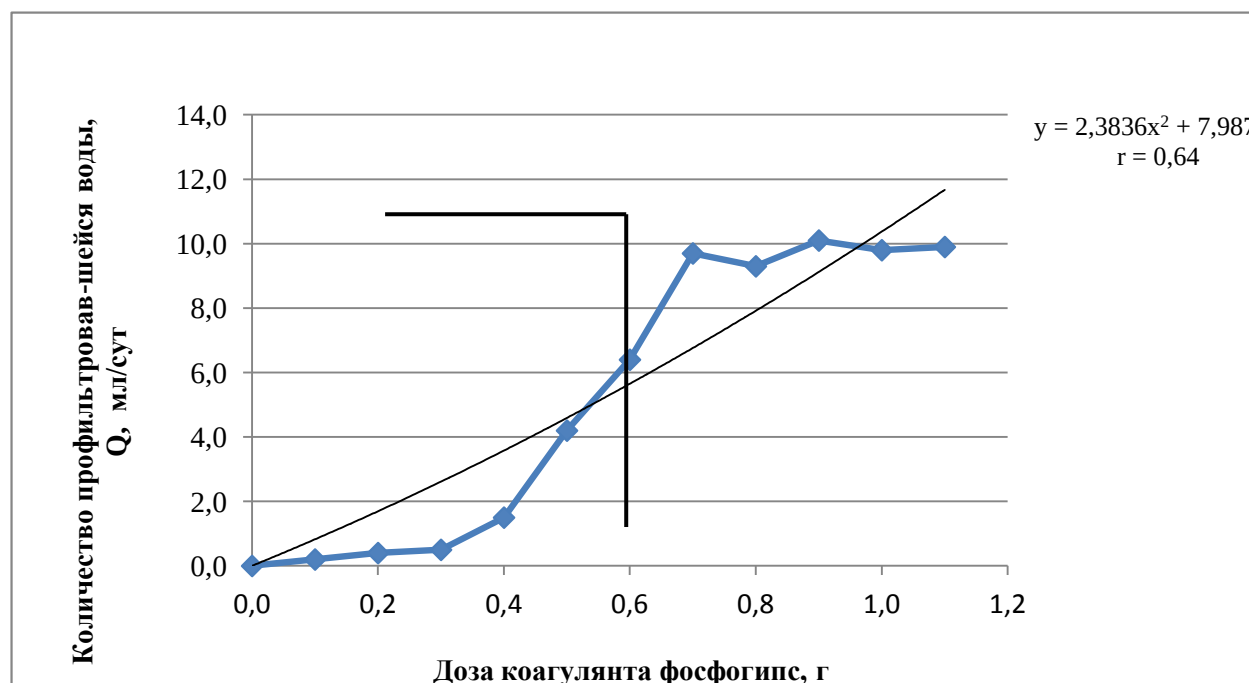


Рис. 4. Влияние дозы фосфогипса на фильтрационную способность бурового шлама

При использовании фосфогипса решаются три задачи – это улучшение химических и физических свойств бурового шлама, утилизация непосредственно самого фосфогипса и обеспечение мелиорируемого субстрата фосфором. С этих позиций фосфогипс является перспективным мелиорантом-коагулянтом при рекультивации бурового шлама. Из всех рассмотренных коагулянтов-мелиорантов использование фосфогипса является наиболее перспективным, это обусловлено доступностью и низкой его стоимостью. Коэффициент корреляции между дозой и объемом фильтрата составил при этом 0,64.

Замещение натрия кальцием, магнием или железом способствует коагуляции и образованию водопропрочной структуры с хорошей фильтрационной способностью. Источником соды в буровом шламе являются химические реагенты – сода каустическая и сода кальцинированная. Необходимо также отметить, что

часть натрия и калия присутствует в исходном материале бурового шлама, т. е. в полевых шпатах. Использование эффективных коагулянтов позволяет вытеснить катионы натрия и калия из поглощающего комплекса и коренным образом улучшить его физические и химические свойства, что явно прослеживается по изменению фильтрационной способности рассматриваемого опытного образца.

Внесение фосфогипса превращает буровой шлам в эффективный структурообразующий коллоидный комплекс с достаточным количеством питательных веществ. Аналогичная закономерность установлена в исследованиях Л. Н. Скипина [9], В. А. Федоткина, Л. Н. Скипина, А. Т. Хусаинова, С. А. Гузеевой [4; 5; 9; 11], Л. Н. Скипина, А. Я. Митриковского, Ю. А. Козиной [7; 8], на солонцовых почвах юга Тюменской области. Положительное последствие фосфогипса на солонцах проявляется более 40 лет.

Заключение

Таким образом, проведенные нами исследования позволили установить эффективность ряда коагулянтов при использовании на буровых шламах. В порядке убывания фильтрационной способности коагулянты можно расположить следующим образом: сернокислое железо, гипс, фосфогипс, доменный шлак, серпентин. По вариантам, где получена полная кривая отклика (с использованием алюминия сернокислого,

железа сернокислого, гипса и частично фосфогипса), можно определить оптимальную дозу мелиоранта по максимальной фильтрации воды в колонке. Этот метод можно условно назвать определением дозы коагулянта по порогу фильтрации. Применительно к условиям Тюменской области наибольший интерес представляет фосфогипс – отход химической промышленности Уральских промышленных предприятий.

Литература

1. Андреева Н. Н. Проблемы охраны окружающей среды при разработке небольших месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2003. 252 с.
2. Белицина Б. Г., Васильевская В. Д., Гришина Л. А., Евдокимова Т. И., Зборишук Н. Г., Иванов В. В., Левин Ф. И., Николаева С. А., Розанов Б. Г., Самойлова Е. М., Тихомиров Ф. А. Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.
3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы определения физических свойств почв и грунтов в поле и лаборатории: учебное пособие для гос. университетов СССР. М.: Высшая школа, 1961. 344 с.
4. Гузеева С. А., Скипин Л. Н. Солонцовые почвы – важный земельный ресурс для последующего освоения (статья) // Материалы Международной научно-практической конференции «Конкурентоспособный Казахстан: проблемы и решения», г. Кокшетау, 2008 г. С. 34 – 37.
5. Гузеева С. А., Хусаинов А. Т. Итоги изучения и освоения солонцов Северного Зауралья // Материалы Международной научно-практической конференции, посвящ. 60-летию А. Т. Хусаинова «Актуальные вопросы устойчивого социально-экономического развития и охраны окружающей среды в республике Казахстан». 2010. С. 87 – 92.
6. Кустышева И. Н., Скипин Л. Н., Ваганов Ю. В., Суслов С. Л. Рекультивация нарушенных земель под нефтегазовыми объектами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 4. С. 27 – 31.
7. Митриковский А. Я., Скипин Л. Н., Козина Ю. А. Влияние различных мелиорантов-коагулянтов на физические свойства нейтральных солонцов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 1681.
8. Митриковский А. Я., Скипин Л. Н., Козина Ю. А. Применение различных мелиорантов для изменения водно-физических свойств солонцов сульфатно-содового засоления // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 1684.
9. Скипин Л. Н. Приемы освоения солонцов в Западной Сибири и параметры симбиотической азотфиксации у бобовых культур – фито-мелиорантов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень: ГГСХА, 1998.
10. Скипин Л. Н., Галямов А. А., Гаева Е. В., Захарова Е. В. Техногенное воздействие шламовых амбаров на окружающую среду полуострова Ямал // Вестник КрасГАУ. 2014. № 11. С. 146 – 150.
11. Федоткин В. А., Скипин Л. Н., Гузеева С. А. Последствие фосфогипса на химические свойства луговых солонцов Тюменской области // Плодородие. 2007. № 2(35). С. 15 – 16.

Информация об авторах:

Скипин Леонид Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой техно-сферной безопасности Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, bgd@tgasu.ru.

Leonid N. Skipin – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Technospheric Security, Tyumen State Architectural University.

Скипин Дмитрий Леонидович – кандидат экономических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой экономической безопасности, учета, анализа и аудита Тюменского государственного университета, DSkipin@mail.ru.

Dmitry L. Skipin – Candidate of Economics, Associate Professor, Acting Head of the Department of Economic Security, Accounting, Analysis and Audit, Tyumen State University.

Петухова Вера Сергеевна – ассистент кафедры техносферной безопасности Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, bgd@tgasu.ru.

Vera S. Petukhova – Assistant Lecturer at the Department of Technospheric Security, Tyumen State Architectural University.

Кустышева Ирина Николаевна – старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастра Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, kzk@tgasu.ru.

Irina N. Kustysheva – Senior Lecturer at the Department of Land Management and Cadastre, Tyumen State Architectural University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ХЛЕБОПЕКАРНАЯ ОЦЕНКА ЗЕРНА ДИПЛОИДНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ

И. А. Старцева, О. Г. Позднякова

BAKING EVALUATION OF THE GRAIN OF DIPLOID WINTER RYE VARIETIES

I. A. Startseva, O. G. Pozdnyakova

Выпеченный хлеб из диплоидных сортов озимой ржи Петровна и Нарымчанка оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям. В результате исследований выявлено, что состояние мякиша хлеба из сорта Нарымчанка за три года «хорошее», из сорта Петровна 2011 г. оценили как «среднее». По вкусу Петровна за три года «хороший», Нарымчанка 2012 г. – «удовлетворительный». По физико-химическим показателям хлеб из сорта Нарымчанка выше Петровна по кислотности, пористости, удельному объему, это влияет на формоустойчивость хлеба.

The bread baked from diploid cultivars of winter rye Petrovna and Narymchanka varieties was evaluated by organoleptic and physico-chemical parameters. The studies revealed that the condition of the crumb of the bread baked from the Narymchanka variety grain over 3 years was assessed as “good”. The bread baked from the Petrovna variety grain of 2011 was assessed as “average”. The bread baked from of the Petrovna variety grain over tasted “good”, that from the Narymchanka variety grain of 2011 tasted “satisfactory”. The physico-chemical parameters of the bread baked from the Narymchanka variety is higher that those of the bread baked from the Petrovna variety in acidity, porosity, specific volume and shape.

Ключевые слова: диплоидная озимая рожь, хлеб ржано-пшеничный, органолептическая оценка, физико-химические показатели.

Keywords: diploid winter rye, rye-wheat bread, organoleptic evaluation, physico-chemical characteristics.

Озимая рожь – одна из важнейших хлебных культур в России. В настоящее время ассортимент хлебобулочных и кондитерских изделий с использованием ржаной муки значительно расширился. Это обусловлено химическим составом зерна ржи, его лечебными и профилактическими свойствами с учетом повышенной питательной ценности, низкой калорийности [1; 8; 12]. Поэтому хлебобулочные и мучные кондитерские изделия на основе ржаной муки можно по праву отнести к изделиям лечебно-профилактического назначения.

В настоящее время питание является одним из важнейших факторов, определяющих качество жизни современного человека – его физического и психического здоровья. Вопросам организации питания населения посвящен ряд международных и национальных программ [19; 20]. Пище принадлежит ведущая роль в обеспечении нормального роста и развития организма,

защите от болезней, большем сопротивлении вредным воздействиям, поддержании активного долголетия.

Зернопродукты и хлебобулочные изделия обеспечивают потребности человека в белках на 25 – 30 %, в углеводах – 30 – 40, в витаминах, минеральных веществах и пищевых волокнах – на 20 – 25 % [14].

Из зерна ржи вырабатывают муку четырех видов: обойную (крупность помола 30 %), обдирную (60 %), сеяную (90 %) и особую (75 %). Она занимает промежуточное положение между обдирной и сеяной [3].

Коэффициент усвояемости хлеба из сеяной муки выше, чем из обдирной и обойной. По питательной ценности ниже, так как обойная и обдирная мука богата белками, жирами, зольными элементами и пищевыми волокнами. Химический состав ржаной муки по сортам представлен в таблице 1 [10].

Таблица 1

Химический состав ржаной муки различных сортов, % (по Н. П. Козьминой)

Сорт муки	Выход муки	Зольность	Белок	Жир	Клетчатка	Сахара	Крахмал
Сеяная	63	0,75	10,30	1,17	0,48	4,45	74,6
Обдирная	87	1,36	11,35	1,64	1,56	5,27	67,8
Обойная	97	2,00	15,60	2,11	2,30	6,29	62,5

Зольность особой муки 1,15 % [3]. Обойная мука характеризуется большим содержанием клетчатки по сравнению с другими сортами ржаной муки, что говорит о её значимости для использования при производстве хлебобулочных изделий диетического и лечебно-профилактического назначения.

Нами проведены пробные лабораторные выпечки из зерна диплоидных сортов озимой ржи. Исследования проводились в лаборатории «Технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Кемеровского государственного сельскохозяйствен-

ного института. Зерно сорта Петровна и Нарымчанка предоставлены Нарымским отделом ГНУ СИБНИ-ИСХиТ Россельхозакадемии в период с 2011 – 2013 гг. селекционером П. Н. Бражниковым.

Цель исследований: оценка органолептических и физико-химических показателей качества хлеба из зерна диплоидных сортов озимой ржи.

Задача исследований: провести оценку органолептических и физико-химических показателей качества хлеба из зерна изучаемых диплоидных сортов озимой ржи за период с 2011 – 2013 гг.

Материалы и методы исследований

Зерно ржи подвергалось однократному сухому помолу в мельнице молоткового типа «Pertem».

Тесто готовили однофазным способом с добавлением пшеничной муки первого сорта в дозировке 40 % от общей массы муки. Расчет воды, необходимой для замеса теста проводили согласно средневзвешенной влажности используемого сырья. Тесто готовили влажностью 50 %. Замес теста осуществляли на лабораторной тестомесильной машине ТМ-1. Брожение теста осуществляли при температуре 32 °С в течение 150 минут. Через каждый час брожения производили обминку. После брожения тесто разделявали и формовали вручную. Тестовым заготовкам придавали круглую форму и укладывали на листы и в формы, предварительно смазанные растительным маслом.

Расстойка проводилась при температуре 35 – 40 °С и относительной влажности воздуха 70 – 75 % (рис. 1). Готовность тестовых заготовок к выпечке определяли органолептически. Выпечку осуществляли в лабораторной печи при температуре 220 – 230 °С в увлажнённой пекарной камере в течение 20 – 25 мин. (рис. 2). Выпеченные изделия анализировали после их остывания.



Рис. 1. Расстойка теста



Рис. 2. Лабораторная печь

Анализ готовых изделий проводили через 16 – 18 часов после выпечки по следующим показателям: органолептическая оценка качества, массовая доля влаги, кислотность мякиша, пористость, удельный объём, формоустойчивость (рис. 3).



Рис. 3. Хлеб из диплоидной озимой ржи

Удельный объём хлеба выражали в см³/100 г. муки. Массу проб определяли взвешиванием, а объём – с помощью объёмометрика по методике, описанной в [15]. Формоустойчивость подового хлеба – это отношение его высоты к диаметру основания изделия (**Н/Дср.**). Определение проводили с помощью линейки с миллиметровыми делениями.

Определение органолептических показателей по ГОСТ 2077-84 [4], физико-химических показателей: массовой доли влаги по ГОСТ 21094-75 [5]; кислотности по ГОСТ 5670-96 [6]; пористости по ГОСТ 5669-96 [7].



Рис. 4. Определение кислотности хлеба

Основными органолептическими показателями качества хлебобулочных изделий являются внешний вид (форма, состояние поверхности, цвет), состояние мякиша (пропеченность, промесс, пористость), вкус и запах.

Для этого проводилась независимая экспертиза в составе 5 человек ФГБУ «Россельхозцентра». Каждому члену комиссии выдан акт, где отражены основные критерии оценки:

1) форма: округлая – 1, овальная – 2, продолговатая-овальная – 3;

2) поверхность: гладкая; неровная; бугристая; с вздутиями и трещинами или с подрывами;

3) **цвет:** светло-коричневый, коричневый, темно-коричневый;

4) **состояние мякиша:** хорошее, среднее, плохое;

5) **вкус:** отличный – 5 баллов, хороший – 4 балла, удовлетворительный – 3 балла, плохой – 2 балла, очень плохой – 1 балл;

6) **запах:** свойственный ржано-пшеничному хлебу, не свойственный.

Результаты и их обсуждение

Средние показатели органолептической оценки хлеба представлены в таблице 2. В группе органолептических критериев ржаного хлеба, прежде всего,

рассматривают форму. Она характеризует гладкость, плоскость или вогнутость. Члены комиссии единогласно остановились на выборе и предложили 1 балл, что отражает гладкую форму поверхности. Поверхность отражает гладкость, неровность, бугристость, трещины и подрывы. Комиссия проголосовала единогласно за гладкую поверхность хлеба. Немаловажное значение имеет цвет ржаного хлеба. Он отражает визуальные предпочтения и косвенно связан со вкусом. Считается, чем темнее хлеб, тем лучше вкус [9; 11]. По среднестатистической оценке хлеб по цвету соответствует светло-коричневому и коричневому.

Таблица 2

Органолептическая оценка ржано-пшеничного подового хлеба

Показатель	Петровна			Нарымчанка		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Внешний вид:						
форма	1	1	1	1	1	1
поверхность	гладкая	гладкая	гладкая	гладкая	гладкая	гладкая
цвет	коричневый	светло-коричневый	светло-коричневый	коричневый	светло-коричневый	коричневый
Состояние мякиша	среднее	хорошее	хорошее	хорошее	хорошее	хорошее
Вкус	хороший	хороший	хороший	хороший	удовлетворительный	хороший
Запах	свойственный	свойственный	свойственный	свойственный	свойственный	свойственный

Цвет хлеба из сорта Нарымчанка за 2011 г. и 2013 г., Петровна в 2011 г. имел коричневую окраску. На цвет ржаного хлеба влияет больший процент отрубей и кислотность. Чем выше эти показатели, тем цвет хлеба темнее [17]. Режим выпечки влияет на цвет хлеба [2; 21].

Состояние мякиша дегустаторы оценили как хорошее, кроме хлеба из зерна сорта Петровна 2011 г. У него оно соответствует среднему показателю. Состояние мякиша (пропеченность) хлеба должно быть вполне пропеченным, не липким и не влажным на ощупь [4].

В процессе сенсорной оценки свойств хлеба воспринимаются ощущения вкуса, аромата. Ощущения вкуса воспринимаются с помощью рецепторов на языке и чувствуются только в процессе разжевывания. Ощущения аромата (запаха) воспринимаются обоня-

тельными рецепторами [2]. По вкусу дегустаторы оценили хлеб из сорта Петровна единогласно хороший, Нарымчанка за 2012 г. – удовлетворительный. Запах все члены комиссии отнесли к свойственному ржаному хлебу.

По органолептическим показателям анализируемый ржано-пшеничный хлеб соответствовал требованиям ГОСТ 2077-84 [4]. Все образцы имели привлекательный внешний вид и были отмечены дегустаторами, как соответствующие стандарту.

Физико-химические показатели качества хлеба характеризуют соблюдение рецептуры и ведение технологического процесса на предприятии. К данной группе относят показатели: влажность, кислотность и пористость хлеба [18]. В таблице 3 представлены физико-химические показатели образцов ржано-пшеничного хлеба.

Таблица 3

Физико-химические показатели ржано-пшеничного хлеба

Показатель	Петровна			Нарымчанка		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Влажность мякиша, %)	48,5 ± 0,35	49,0 ± 0,50	48,8 ± 0,05	48,8 ± 0,10	49,0 ± 0,15	49,0 ± 0,15
Кислотность, °Н	10,3 ± 0,42	10,5 ± 0,27	10,0 ± 0,64	11,0 ± 0,38	11,5 ± 0,79	10,9 ± 0,23
Пористость, %	55,0 ± 2,30	56,0 ± 1,33	56,0 ± 1,30	60,0 ± 2,75	57,0 ± 0,28	60,0 ± 2,68
Удельный объём, см ³ /100 г муки	287 ± 17,3	301 ± 3,3	298 ± 6,3	315 ± 10,7	307 ± 2,7	318 ± 13,6
Формоустойчивость	0,47 ± 0,03	0,41 ± 0,06	0,46 ± 0,01	0,50 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,51 ± 0,04

Влажность мякиша ржано-пшеничного подового и формового хлеба не должна превышать 49 % по ГОСТ 2077-84 [4; 5]. Все образцы имеют показатели влажности 48,5 – 49 %.

Кислотность хлеба выражается в $^{\circ}\text{H}$ (градус Неймана). Под градусом понимают объем в кубических сантиметрах раствора точной молярной концентрации 1 мол/дм³ гидроксида натрия или калия, необходимой для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 г изделия [15; 16]. Кислотность ржано-пшеничного хлеба не должна превышать 11 $^{\circ}\text{H}$ по ГОСТ 2077-84 [4]. Кислотность хлеба у сорта Петровна колеблется от 10,0 до 10,5 $^{\circ}\text{H}$, что соответствует выше названному

ГОСТ. Показатель кислотности хлеба из сорта Нарымчанка в 2012 г. превышает на 0,5 $^{\circ}\text{H}$, в 2011 г. и 2013 г. находится на пределе.

Стандартная пористость ржаного и ржано-пшеничного хлеба различных сортов – 45 – 60 %, пшеничного – 63 – 72 %. Чем выше сорт муки, тем выше норма пористости. Структуру пористости оценивают органолептически с учетом величины пор, равномерности распределения их на поверхности среза мякиша и толщины межпоровых стенок [13; 15].

Пористость хлеба – это объем пор, заключенных в данном объеме мякиша, выраженный в процентах (рис. 5).

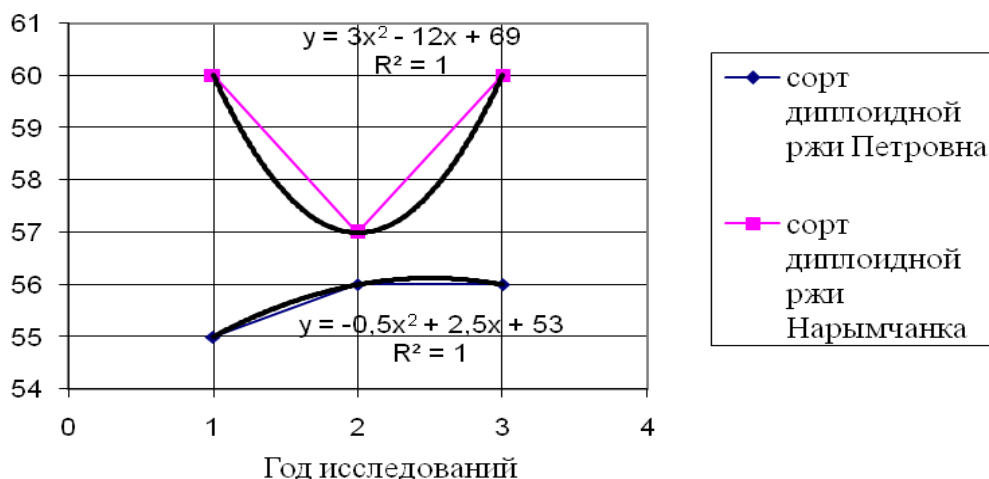


Рис. 5. Пористость хлеба 1 – 2011 г.; 2 – 2012 г.; 3 – 2013 г.

Пористость по ГОСТ 2077-84 [4] ржано-пшеничного подового хлеба должна быть не менее 47 %, а формового – не менее 50 %. Наши исследования формового ржано-пшеничного хлеба показали, что пористость сортов Петровна и Нарымчанка соответствуют норме в 2011 – 2013 гг. Самый высокий показатель пористости у сорта Нарымчанка (60 %) в 2011 и 2013 гг., он превышает пористость Петровны в среднем на 4,5 %.

Важным показателем является формоустойчивость хлеба [15]. Наши исследования показали, что качество хлеба диплоидной озимой ржи по формоустойчивости: 0,46 – 0,51. В 2013 г. формоустойчивость хлеба из сорта Нарымчанка озимой ржи было выше, чем у сорта Петровна. При сравнении по сортам более высокое значение данного показателя было у сорта Нарымчанка (рис. 6).

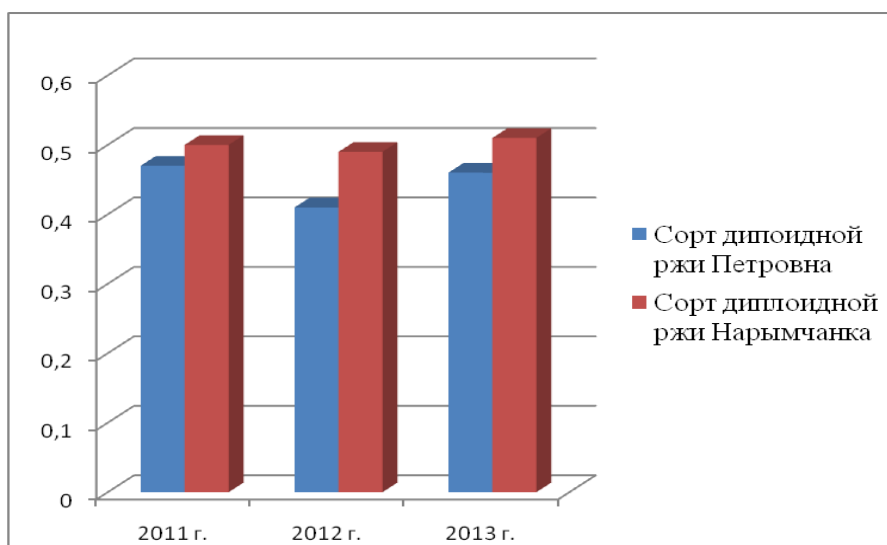


Рис. 6. Формоустойчивость подового хлеба из сортов диплоидной озимой ржи, %

Исследованиями установлено, что диплоидные сорта озимой ржи Нарымчанка и Петровна формируют неодинаковые хлебопекарные показатели качества. По органолептическим показателям, а именно лучшим вкусом и цветом обладает хлеб из сорта Нарымчанка 2011, 2013 гг. Хлеб из зерна 2012 г. обладает удовлетворительным вкусом и светло-коричневым цветом. Хлеб из сорта Петровна 2011 г. имеет состояние мякиша – среднее. По цвету светло-коричневый хлеб 2012 и 2013 гг.

По физико-химическим показателям хлеб из озимой ржи различается между сортами Петровна и Нарымчанка. Кислотность у сорта Нарымчанка выше на 1⁰ Н, чем у сорта Петровна. Пористость выше на 4 % у сорта Нарымчанка. Кислотность и пористость влияют на формоустойчивость. Этот показатель выше у сорта Нарымчанка.

Ржано-пшеничный хлеб из диплоидных сортов озимой ржи обладает хорошими хлебопекарными свойствами. По регламентируемым стандартам показатели качества соответствовали ГОСТ 2077-84.

Литература

1. Асташина С. И. Генетико-селекционное изучение сортов и гибридов озимой диплоидной ржи в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. Омск., 2001. 198 с.
2. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.
3. ГОСТ Р 52809-2007. Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
4. ГОСТ 2077-84. Хлеб ржаной, ржано-пшеничный и пшенично-ржаной. Технические условия. М.: ИПК издательство стандартов, 1986. 7 с.
5. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ, 2006, 4 с.
6. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2006, 8 с.
7. ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения пористости. М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. 5 с.
8. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. С. 131 – 136.
9. Ковалева И. В. Совершенствование процесса выпечки хлеба из ржаной и пшеничной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 17 с.
10. Козьмина Н. П. Зерно и продукты его переработки. М.: Изд. Технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1961. 520 с.
11. Кузнецова Л. И. Научные основы технологий хлеба с использованием ржаной муки на заквасках с улучшенными биотехнологическими свойствами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2010. Эл. версия.
12. Лындина М. И. Разработка критериев оценки качества зерна ржи на основе взаимосвязи мукомольных и хлебопекарных свойств: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 174 с.
13. Пашенко Л. П., Жаркова И. М. Технология хлебобулочных изделий. М.: КолосС, 2006. 389 с.
14. Пашенко Л. П., Санина Т. В., Столярова Л. И. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий). М.: КолосС, 2006. 215 с.
15. Пучкова Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 2004. 259 с.
16. Пучкова Л. И., Поланова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба. СПб.: Гиорд, 2005. 559 с.
17. Сарычев Б. Г. Технология и биохимия ржаного хлеба. 1959.
18. Технология переработки продукции растениеводства / под ред. Н. М. Личко. М.: КолосС, 2008. 616 с.
19. Указ президента РФ от 1 июня 2012 г. № 761 «О национальной стратегии действий в интересах детей на 2012 – 2017 годы». Режим доступа: base.garant.ru
20. Указ Президента Республики Казахстан от 29 ноября 2010 г. № 1113 «О государственной программе развития здравоохранения РК на 2011 – 2015 годы». Режим доступа: dilet.zan.kz
21. Щербатенко В. В., Гогоберидзе Н. И., Зельман Г. С. Влияние режима выпечки на качество хлеба. М.: ЦИНТИПищепрома, 1964. 36 с.

Информация об авторах:

Старцева Ирина Александровна – аспирант кафедры ботаники КемГУ, startsieva_79@mail.ru.

Irina A. Startseva – post-graduate student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

(Научный руководитель: Заушинцева Александра Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники КемГУ, alexaz58@yandex.ru.

Research advisor: Alexandra V. Zaushintsena – Doctor of Biology, Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University).

Позднякова Ольга Георгиевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции КемСХИ, 79502628552@ya.ru.

Olga G. Pozdnyakova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor at the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Kemerovo Agricultural Institute.

Статья поступила в редколлегию 06.04.2015 г.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ НА АДАПТИВНОСТЬ В ВОСТОЧНОСИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, С. А. Герасимов

COMPREHENSIVE BREEDING PATTERNS ASSESSMENT ON ADAPTABILITY IN THE EASTERN SIBERIA REGION IN THE SELECTION OF BARLEY

N. A. Surin, N. E. Lyakhova, S. A. Gerasimov

В статье показаны этапы создания адаптивных сортов ячменя с использованием приспособленных к стрессовым условиям стародавних родительских форм Винер, Донецкий 650, Красноуфимский 95, Омский 13709, Целинный 5. Установлено, что созданный гибридный фонд с их участием и отобранные из него селекционные линии при посеве по непаровым предшественникам имеют преимущество по урожайности в среднем на 19,8 % перед стандартным сортом. Выделенная перспективная линия Е-19-6411 характеризуется более высокими показателями индекса длины корней (1,01) и процентом вставания корней в тестирующую жидкость (94,0 %) на кислом растворе по сравнению с нейтральным контролем, что подтверждает повышенную выносливость к указанному фактору. Дальнейшие полевые испытания данной линии показали превышение по урожайности на 13,5 – 38,2 % на кислой почве при посеве по разным предшественникам и в засушливые годы (2001, 2008 и 2012). Одновременно с этим выявлена его высокая отзывчивость и на повышенный агрофон и достаточную влагообеспеченность. Выносливость указанного образца к проявлению листовых эпифитотий (2002 г.) свидетельствует о его повышенной толерантности. По результатам государственного сортоиспытания данная линия была включена в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону, а также в южных засушливых районах Республик Тува и Хакасия под сортовым названием «Оленек».

The paper reveals the steps involved in creating adaptive barley varieties with old parental forms of *Wiener*, *Donetsk 650*, *Krasnoufimsky 95*, *Omsk 13709* and *Celinsky 5* adapted to stressful conditions. It was found that the hybrid fund created with their participation and the breeding lines selected from it have an average advantage of 19.8 % in terms of yield over the standard variety in sowing after non fallow precursors. The promising line E-19-6411 is characterized by a high rate of root length index (1.01) and the percentage of sprouting roots in the test liquid (94.0 %) in the acidic solution as compared to the neutral control sample, which confirms the increased tolerance to the factor. Further field tests of this line showed the yield excess of 13.5 – 38.2 % on acid soil at sowing after different precursors in dry years (2001, 2008 and 2012). At the same time it revealed its high responsiveness and increased soil fertility and adequate moisture supply. The resistance of the studied sample to the appearance of leaf epiphytotics (2002) testified to its enhanced tolerance. As a result of the state variety trials, this line has been included in the State Register on the East Siberian region, as well as in the southern arid regions of the Republic of Tuva and Khakassia under the varietal name “Olenek”.

Ключевые слова: ячмень, селекция, адаптивность, урожайность, лабораторная оценка, сорт, адаптивные линии.

Keywords: barley, breeding, adaptability, yield, laboratory evaluation, grade, adaptive line.

Восточная Сибирь характеризуется наличием различных контрастных почвенно-климатических зон. В связи с этим подбор сортов зерновых культур, пригодных для возделывания в этих зонах является залогом получения высоких и устойчивых урожаев. К сортам такого типа относятся сорта с широким уровнем адаптивности [8]. В Красноярском крае насчитывается около 1 млн га почв с различной степенью кислотности низкой обеспеченностью питательными веществами. Такие почвы в крае составляют 30 % площади пахотных земель [11]. В отличие от других зерновых культур ячмень менее вынослив к кислым почвам. Тем не менее его скороспелость обуславливает целесообразность расширения посевных площадей в северных подтаежных и таежных районах Красноярского края. Актуальность проблемы создания сортов с повышенными приспособительными свойствами особенно возрастает в связи с глобальным потеплением климата.

Цель исследований: разработка и реализация специальной программы, направленной на создание адаптивных сортов ячменя. Суть этой программы за-

ключается в объединении с помощью гибридизации генетической плазмы сортов ячменя, занимающих в разное время широкие площади и районированные в различных почвенно-климатических зонах страны.

Материала и методы исследований

Для скрещивания были привлечены засухоустойчивые сорта Донецкий 650 (Украина), Целинный 5 (Казахстан), а также приспособленные к сибирским условиям сорта Винер, Омский 13709 и Красноуфимский 95. Работа проведена в 3 этапа. Широкое распространение указанных сортов свидетельствует об их способности формировать стабильные урожаи в различных почвенно-климатических условиях [9, с. 378 – 387].

На первом этапе сорт Винер скрещивали с каждым из указанных сортов. Полученные гибридные семена выращивали в осенне-зимний период при непрерывном освещении на керамзите. Отбор линий осуществляли в полевых условиях в F₃-F₄ на жестком провокационном фоне с низкой влагообеспеченно-

стью и слабой обеспеченностью питательными веществами.

На втором этапе лучшие линии от каждой комбинации первого этапа размножали в полевых условиях и скрещивали между собой в различных сочетаниях.

На третьем этапе линии, отобранные со второго этапа, также размножали в полевых условиях, а лучшие из них скрещивали между собой.

На четвертом этапе лучшие линии, выделенные на 1 – 3 этапах, скрещивали с высокопродуктивными сортами сибирской селекции, которые по своему происхождению могут быть отнесены к сортам, приспособленным к местным условиям.

Размножение и оценку выделенных линий проводили по пару и 3 – 4 зерновой культуре после пара в селекционном севообороте Красноярского НИИСХ (Красноярская лесостепь), на стационарном участке «Зареченский» Тюхтетского района (подтайга) и на опорном пункте «Курагинское» (южная лесостепь) Красноярского края.

Почвы селекционного севооборота и опорного пункта «Курагинское» представлены обыкновенными черноземами, мощными, среднегумусными, тяжело-суглинистыми по механическому составу. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной (рН 7,1 – 7,5).

Почва опытного стационара «Зареченский» дерново-подзолистая с рН 4,2 – 4,5, содержанием гумуса 1,53 %. Обеспеченность почвы фосфором очень низкая (P_2O_5 – 5,7 – 6,6 мг на 100 г почвы), калием низкая (K_2O – 7,6 – 9,1 мг на 100 г почвы по Кирсанову), почти отсутствует азот.

Учетная площадь 1 – 40 м² в 4-х кратной повторности. Стандартный сорт Красноярский 80 высевали через каждые 10 номеров. Норма посева – 5,5 млн всхожих зерен на гектар.

Расчет параметров пластичности и стабильности проводили по S. H. Eberhart и W. A. Russel в изложении В. З. Пакудина [6, с. 178 – 190]. Комплексный показатель уровня и стабильности урожайности линий определяли по методике, предложенной Э. Д. Неттевичем и др. [5, с. 66 – 73].

Результаты исследований и обсуждение

По итогам изучения 50 выделенных лучших линий ячменя с повышенными адаптивными свойствами выявлено, что как по паровому, так и зерновому предшественникам они превысили по урожайности стандартный сорт Красноярский 80, однако этот уровень по фону был различным. По пару средняя прибавка составила 6,6 %, по зерновым – 19,8 % (таблица 1).

Таблица 1

Продуктивность адаптивных линий ячменя (1992 – 1994 гг.)

№ п/п	Сорт, селекционные линии	Число линий, штук	Продуктивность				Отклонение от парового предшественника
			г/м ²		в % к стандарту		
			пар	зерновые	пар	зерновые	
1	Красноярский 80 (стандарт)		641,7	299,0	100,0	100,0	0
2	Адаптивные линии	50	684.6	358.1	106.6	119.8	13.2

Заслуживает внимания тот факт, что отдельные линии, выделенные из комбинаций (Винер×Донецкий 650)×(Винер×Омский 13709), (Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650) при посеве на почвах с рН 4,5 были урожайнее стандартного сорта Красноярский 80 на 62,0 – 119,0 % [7, с. 247 – 255].

Отдельные линии, полученные от скрещивания (Винер×Омский 13709)×(Винер×Целинный 5), (Винер×Целинный 5)×(Винер×Омский 13709), (Винер×Донецкий 650)×(Винер×Целинный 5) и др. по зерновому предшественнику были урожайнее стандарта на 25,8 – 27,9 %.

Одновременно с этим в лабораторных условиях проводили оценку выделенной линии Е-19-6411 из комбинации [(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650)]×Ача, которая на кислых почвах превысила стандарт на 63,0 % по методу «процент вставания корней в тестирующую жидкость» (ПВ), предложенного Е. М. Лисицыным и Г. А. Баталовой [1, с. 6 – 9]. Преимущество данного метода заключается в том, что не учитывается абсолютная длина корней, так как она сама по себе зависит от многих других факторов внешней среды. Для определения показателя «процент вставания» использовали выборку по 200 растений каждого образца ячменя в контрольном и опытных вариантах. Проростки каждого растения в руло-

нах фильтровальной бумаги располагали на одном уровне таким образом, чтобы расстояние от них до растворов было 6 см, при этом сами рулоны были погружены в жидкость на таком же уровне. Кислый раствор меняли каждые сутки в целях постоянного поддержания низкой рН, так как фильтровальная бумага в кислой среде, вступая во взаимодействие с раствором, способствует его подщелачиванию [10]. По окончании опыта подсчитывали процент вставания корней в тестирующую жидкость (ПВ) путем отношения числа растений, корни которых проросли ниже уровня жидкости в кислом растворе, к числу таких же растений в нейтральном растворе.

Кроме этого, у шестидневных проростков ячменя определяли длину развитого корня. Индекс длины корней (ИДК) вычисляли по Э. Л. Климашевскому [3, с. 2 – 4] путем деления длины корней в кислом растворе (опыт) к нейтральному раствору (контроль).

Использование данного метода позволило выделить линию ячменя с повышенной стрессоустойчивостью по показателям длины развитого корня на кислой среде, индекса длины корней и процента вставания корней. Как показано в наших опытах, это связано со способностью данной линии развивать более мощную корневую систему в сравнении с другими сортами и линиями в условиях повышенной кислот-

ности почв при слабой обеспеченности их питательными веществами и в то же время эффективно использовать невысокие дозы минеральных веществ. В свою очередь, это характеризует её адаптивные свой-

ства, привнесенные, прежде всего, от сортов Винер, Красноуфимский 95 и Донецкий 650, и не утратившие эти свойства при скрещивании с сибирским сортом Ача (таблица 2).

Таблица 2

Лабораторная оценка ячменя на ранних стадиях развития в водно-бумажной культуре, 2010 г.

Название образца	pH среды	Лабораторная всхожесть, %	Длина развитого корня, мм	Вариация длины корня, %	Индекс длины корня (ИДК)	Процент вратания (ПВ), %
Ача (стандарт)	6,0 3,5	90,5 82,5	98,1 ± 2,3 67,8 ± 3,1*	22,4 42,4	0,69	69,3
Линия Е-19-6411	6,0 3,5	88,0 79,0	82,2 ± 3,7** 83,3 ± 2,9**	42,4 26,9	1,01**	94,0

Примечание: * – различия между pH среды статистически достоверны ($P \leq 0,05$); ** – различия от стандарта Ача существенны при $P \leq 0,05$; *** – различия между pH и от стандарта Ача достоверны при $P \leq 0,05$.

В качестве одной из родительских форм при получении линии Е-19-6411 [(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650)]×Ача была использована селекционная линия с обозначением У-101-1111, которая показала превышение по урожайности в различных зонах Красноярского края по паровому и зерновому предшественникам на нейтральной (pH = 7,3) и кислой почвах (pH = 4,2). Указанная линия обладает широкой адаптивностью и, как правило, чем жестче фон, тем значительнее она превосходит стандарт по урожайности (таблица 3).

По итогам проведенных исследований селекционная линия Е-19-6411 послужила исходным материалом при создании нового сорта ячменя «Оленек». За годы конкурсного сортоиспытания в 2001 – 2009 гг. данный сорт превысил по урожаю стандартный сорт Красноярский 80 в среднем на 6,9 ц/га (таблица 4).

Преимущество по урожаю новый сорт показал и в засушливые годы, связанные с недостаточным количеством выпавших осадков и неравномерным их выпадением в течение вегетационного периода (таблица 5).

Таблица 3

Результаты оценки экологической пластичности линии ячменя У-101-1111 в подтайге на кислых почвах (1992 – 1994 гг.)

Линии	Происхождение	Урожайность, % к стандарту			Параметры экологической пластичности		
		предшественник		pH 4,5	по Эберхарту		по Неттевичу, % к стандарту
		пар	зерновые		bi	D ² bi	
Превосходят стандарт на кислых почвах							
У-101-1111	(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650)	109	115	163	1,01	55	164

Таблица 4

Урожайность адаптивной линии Е-19-6411 в питомнике конкурсного сортоиспытания, Красноярский НИИСХ (2001 – 2009 гг.)

Сорт, линия	Происхождение	Лет испытаний	Средняя урожайность	Отклонение от стандарта, ц/га	Амплитуда колебаний урожайности, ц/га	Коэффициент вариации, %
Красноярский 80, стандарт*	С-80×Упа	8	31,1	0	21,3	19,4
Линия Е-19-6411	(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650) ×Ача	8	38,0	6,9	17,9	15,6

Примечание: * – являлся стандартным сортом до 2010 г.

**Урожайность адаптивной линии Е-19-6411 в питомнике конкурсного сортоиспытания
в засушливые годы, Красноярский НИИСХ**

<i>Сорт</i>	<i>2001 г.</i>		<i>2008 г.</i>		<i>2012 г.</i>		<i>Средняя, ц/га</i>
	<i>ц/га</i>	<i>%</i>	<i>ц/га</i>	<i>%</i>	<i>ц/га</i>	<i>%</i>	
К-80, стандарт	51,5	100,0	37,2	100,0	31,8	100,0	40,2
Линия Е-19-6411	57,2	110,0	41,4	111,3	35,5	111,6	44,7

За годы государственных испытаний максимальное превышение сорта «Оленек» (Е-19-6411) перед стандартом Ача было получено в благоприятном по условиям увлажнения году и на Назаровском сортоучастке Красноярского края, которое составило 8,1 ц/га. Одновременно с этим результаты государственного и экологического сортоиспытания сорта «Оленек» в благоприятные годы показали высокую его отзывчивость в годы с достаточной обеспеченностью осадками в сочетании с повышенным агрофоном (таблица 6). Эти данные указывают на более интен-

сивную деятельность корневой системы в первоначальный период их развития.

Повышенная выносливость к засухе по зерновому предшественнику определило его районирование в южных засушливых районах Красноярского края, Республик Тыва и Хакасия (таблица 7).

Проведенные нами исследования показали лучшую сохранность растений ячменя сорта «Оленек» на кислой почве, рассчитанную отношением числа сохранившихся растений к уборке к числу всходов в % (таблица 8).

Таблица 6

**Результаты государственного сортоиспытания ячменя сорта «Оленек» на Назаровском ГСУ
Красноярского края (2011 – 2013 гг.)**

<i>Наименование сортов</i>	<i>Назаровский ГСУ. Предшественник – зерновые</i>			
	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>среднее</i>
Ача (стандарт)	59,1	12,7	57,7	43,1
Оленек (Е-19-6411)	74,8	18,3	60,6	51,2
НСР 5 %	3,2	1,8	3,1	2,7

*Примечание:** – различия от стандарта Ача существенны при $P \leq 0,05$.

Таблица 7

**Урожайность ячменя сорта «Оленек» в засушливых районах республик Тыва и Хакасия
по разным предшественникам, ц/га (2011 – 2013 гг.)**

<i>Наименование сортов</i>	<i>Бейский ГСУ (Р. Хакасия)</i>	<i>Ширинский ГСУ (Р. Хакасия)</i>	<i>Пий-Хемский ГСУ (Р. Тува)</i>
	<i>зерновые</i>	<i>зерновые</i>	<i>пар</i>
Ача (стандарт)	15,8	18,5*	12,0
Оленек (Е-19-6411)	17,7	21,5	14,4
НСР ₀₅	0,5	0,9	1,7

*Примечание:** – средние данные по сортоучастку за 2011 – 2012 гг.

Таблица 8

Сохранность растений на кислой почве стационара «Зареченский» (2008 – 2010 гг.)

<i>№ n/n</i>	<i>Название</i>	<i>Происхождение</i>	<i>Процент сохранности при pH = 4,2</i>	
			<i>пар</i>	<i>зерновые</i>
1	Красноярский 80 (стандарт)	(С-80×Una)	58,9	51,9
2	Оленек (Е-19-6411)	[(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650)]×Ача	69,2	64,1

Несмотря на повышенную продуктивность на бедных фонах, эта же линия может формировать высокие урожаи на хорошо обеспеченных питательными веществами предшественниках. По нашему мнению это связано с интенсивным развитием первичных кор-

ней. В специальных опытах лаборатории севооборотов была установлена высокая отзывчивость ячменя Оленек (Е-19-6411) на небольшие дозы минеральных удобрений ($N_{40}P_{30}K_{30}$) при посеве по бессменному чис-

тому пару, а также после зерновых культур, размещаемых по занятому и сидеральному парам (таблица 9).

Испытание сорта «Оленек» показало не только его повышенную полевую устойчивость к стрессовым агроклиматическим факторам, но и к проявлению

листовых болезней, распространение которых особенно сильно проявилось в 2002 г., что свидетельствует о его повышенной толерантности при массовой эпифитотии листовых болезней (таблица 10).

Таблица 9

Урожайность сорта «Оленек» (Е-19-6411) в севооборотах с чистым, занятым и сидеральным паром

<i>Предшественник</i>	<i>Удобрения</i>	<i>Урожайность, ц/га</i>		
		<i>2009 год</i>	<i>2010 год</i>	<i>среднее</i>
Овес после пшеницы по чистому пару	без удобрений	21	32	26,5
	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	35	39	37,0
Овес после пшеницы по занятому (горох+овес) пару	без удобрений	20	19	19,5
	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	35	30	32,5
2-я пшеница после сидерального пара	без удобрений	26	28	27,0
	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	38	39	38,5

Таблица 10

Влияние эпифитотии листовых болезней на урожайность сорта «Оленек» в конкурсном сортоиспытании (2002 г.)

<i>№ n/n</i>	<i>Сорт, линия</i>	<i>Происхождение</i>	<i>Урожайность</i>	
			<i>ц/га</i>	<i>%к стандарту</i>
1	Красноярский 80, стандарт*	С-80×Una	19,8	100,0
2	Оленек (Е-19-6411)	(Винер×Красноуфимский 95)×(Винер×Донецкий 650)×Ача	31,4	158,6

Примечание: * – являлся стандартным сортом до 2010 г.

Для сравнительной оценки нового сорта нами был определен показатель удельная ценотическая продуктивность (УЦП) (таблица 11).

УЦП – это количество биомассы, накапливаемое посевом зерновых культур в единице объема ценоза. Она определяется у хлебных злаков по общей биомассе делением величины биологического урожая с единицы площади на высоту посева, а по зерну – делением величины хозяйственного урожая на высоту посева. Выражаются они в кг/м³ [4, с. 52 – 58]. Иными словами данный показатель отражает плотность объема жизненного пространства, которое занимают растения в посеве. Исследования, проведенные Т. J. Riggs [12, с. 599 – 610] за 100-летний период по-

казали, что в процессе селекции величина удельной ценотической продуктивности резко нарастает от стародавних к новым сортам, т. е. возможность получения высокого биологического и хозяйственного урожая на единице площади достигается за счет распределения той же биомассы, но в меньшем объеме ценоза. Поскольку биомасса одного побега сортов прошлой селекции и короткостебельных сортов практически не изменилась, то повышение удельной зерновой и биологической продуктивности осуществлялось в основном благодаря увеличению количества побегов в расчете на единицу площади, т. е. через повышение плотности продуктивного стеблестоя.

Таблица 11

Удельная ценотическая продуктивность сорта «Оленек», кг/м³

<i>Название сорта</i>	<i>Годы</i>							<i>Среднее</i>
	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	
Красноярский 80*, стандарт	0,469	0,397	0,577	0,267	0,594	0,540	0,427	0,468
Оленек (Е-19-6411)	0,629	0,507	0,632	0,349	0,648	0,560	0,305	0,564

Примечание: * – являлся стандартным сортом до 2010 г.

Требования производства к динамичному росту продуктивности новых сортов вызывают необходимость дальнейшего развития селекции в этом направлении. Полученные данные согласуются с мнением А. А. Жученко [2] о том, что сочетание в одном сорте высокой урожайности и устойчивости к стрессовым факторам на фоне высокого уровня агротехники – задача сложная, но вполне выполнимая. Поэтому соз-

данный в институте генетический фонд адаптивных сортов ячменя можно рассматривать как промежуточный этап и как базисную основу для дальнейшей селекционной работы. В данном случае успех будет во многом зависеть от научно-обоснованного подбора исходного материала в скрещиваниях с адаптивными линиями и сортами.

Заключение

Результаты теоретических исследований с использованием лабораторных методов и подтверждением полевыми испытаниями определили возможность выделить лучшие адаптивные формы, которые в условиях дефицита влаги, питательных веществ и пониженных весенних температур показывают лучшие результаты в сравнении с возделываемыми в Красноярском крае сортами за счет более эффективного использования биоклиматического потенциала Восточно-Сибирского региона. Примером тому явля-

ется сорт «Оленек» и другие адаптивные линии, созданные в процессе селекции. Об этом свидетельствуют результаты государственного сортоиспытания этого сорта в центральных и южных районах Красноярского края, Республик Тува и Хакасия. На сорт «Оленек» получен патент № 7359. В Красноярском научно-исследовательском институте создан гибридный фонд ячменя с повышенной адаптацией к стрессовым факторам среды. Он составляет основу дальнейшей селекционной работы в условиях Восточной Сибири.

Литература

1. Баталова Г. А., Лисицын Е. М. Генотипическая корреляция в селекции овса на кислотоустойчивость // Доклады РАСХН. 2002. № 4. С. 6 – 9.
2. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М., 2004. 1107 с.
3. Климашевский Э. Л. Устойчивость растений к кислотности среды и химическая мелиорация почв // Доклады ВАСХНИЛ. 1982. № 4. С. 2 – 4.
4. Ламан Н. А., Власова Н. Н., Поплавская Р. С., Прохоров В. Н., Стратилова Е. В. Биолого-экологические особенности формирования высокопродуктивных посевов хлебных злаков: селекционные аспекты // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. 1999. № 3. С. 52 – 58.
5. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества зерна // Вестник с.-х. науки. 1985. № 11. С. 66 – 73.
6. Пакудин В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов // Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск, 1976. С. 178 – 190.
7. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Зобова Н. В. Итоги и перспективы селекции ячменя на адаптивность в Восточной Сибири // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири. Красноярск, 2008. С. 247 – 255.
8. Сурин Н. А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). Новосибирск, 2011. 707 с.
9. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 2. Т. 18. С. 378 – 387.
10. Ступко В. Ю. Культура растительных тканей *in vitro* как метод повышения стрессоустойчивости яровой мягкой пшеницы сибирской селекции: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2009. 19 с.
11. Танделов Ю. П., Ерышова О. В. Состояние плодородия кислых почв Приенисейской Сибири, эффективность минеральных удобрений и химических мелиорантов. М., 2001. 115 с.
12. Riggs T. J., Hanson P. R., Start N. D., Miles D. M., Morgan C. L., Ford M. A. Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980 // J. Agric. Sci. 1981. Vol. 97. № 3. P. 599 – 610.

Информация об авторах:

Сурин Николай Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, зам. директора Красноярский НИИСХ, krasniish@yandex.ru.

Nikolay A. Surin – Doctor of Agricultural Science, Full Professor, Academician of the RAS, Deputy Director of Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agriculture.

Герасимов Сергей Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции серых хлебов Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства СО РАСХН, g-s-a2009@yandex.ru.

Sergey A. Gerasimov – Candidate of Agricultural Science, Leading Research Associate at the Laboratory for Breeding Coarse Grain, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agriculture.

Ляхова Надежда Евгеньевна – заведующая лабораторией селекции серых хлебов Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства СО РАСХН, g-s-a2009@yandex.ru.

Nadezhda E. Lyakhova – Head of the Laboratory for Breeding Coarse Grain, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agriculture.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕК ЧЕРЕМШАНКА И МАЛЫЙ КОРЧУГАН
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ООО "ТОПКИНСКИЙ ВОДОКАНАЛ" (г. Топки, Кемеровская область)**

Д. В. Суцёв, А. В. Филиппова, К. В. Быковец, И. В. Тарасова, В. А. Колмыкова

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF WATER ECOSYSTEMS
OF THE CHEREMSHANKA AND THE MALY KORCHUGAN RIVERS
IN THE ZONE OF INFLUENCE OF "TOPKI WATER UTILITY" (Kemerovo region)**

D. V. Sushchikov, A. V. Filippova, K. V. Bykovets, I. V. Tarasova, V. A. Kolmykova

Впервые проведена оценка состояния водных экосистем рек Черемшанка и Малый Корчуган (г. Топки, Кемеровская область) в зоне влияния ООО «Топкинский водоканал» с использованием альгологических и зоологических группировок и с учетом индекса сапробности. Показана зависимость качества воды и состояния водной экосистемы от уровня эвтрофикации. Отмечена санирующая функция прибрежно-водных растений.

The assessment of the condition of water ecosystems of the Cheremshanka and the Maly Korchugan rivers (Topki, Kemerovo region) in zone of influence of "Topki Water Utility" was performed with the use of algological and zoological groups and accounting of the saprobity index. The correlation between the quality of water and the condition of the water ecosystem at level of eutrophication is shown. The sanifying function of coastal and aquatic plants is noted.

Ключевые слова: биоиндикация, мониторинг, водные экосистемы, альгология, зоология, простейшие, эвтрофикация, индекс сапробности.

Keywords: bioindication, monitoring, water ecosystems, algology, zoology, protozoa, eutrophication, saprobity index.

Город в процессе своего развития активно изменяет все компоненты природной среды, формируя мозаику экосистем. Городские экосистемы являются специфическими образованиями, формирующимися на сравнительно небольшой территории под воздействием множества сочетающихся природных и антропогенных факторов.

В городах и урбанизированных районах наблюдается фрагментация естественных местообитаний, упрощение видового состава, нарушение гидрологического режима и изменение потока энергии и круговорота веществ [14; 34].

Значительное влияние город оказывает на водные экосистемы. Исключительная ценность воды состоит в том, что она играет важную роль в жизни биосферы. В отличие от атмосферного воздуха вода локализована в пространстве, что существенно усиливает влияние загрязнения на здоровье человека. Загрязнение воды осуществляется, с одной стороны, в зоне водопотребления, а с другой – за счет городских стоков. В современном городе на одного жителя ежедневно сбрасывается в водотоки около 1 м³ жидких отходов. Следовательно, возникает необходимость в наличии мощных очистных сооружений. Кроме того, необходимо контролировать состояния водных экосистем в зоне влияния коммунальных стоков. Наряду с широко распространенными методами контроля по результатам анализа ПДК (ПДВ, ПДС) загрязняющих веществ все большее значение в развитых странах мира приобретает биотестирование. В России, как и за рубежом, используют один и тот же набор биоиндикаторов-гидробионтов: рыбы (форель, карп, окунь, щука), беспозвоночные (ракообразные, простейшие), растения (одноклеточные и многоклеточные водоросли) [19].

Одним из современных городов, оказывающих серьезное влияние на пресноводные экосистемы, является г. Топки, расположенный в Кемеровской области. Это административный центр Топкинского района, город областного подчинения, расположенный в 35 км юго-западнее г. Кемерово, формирующий Топкинское

городское поселение. Территория города – 51,7 км², из которых 18,1 км² – площадь застроенных земель. Численность населения на 2013 г. составила 28,2 тыс. человек. Город Топки является частью индустриальной агломерации г. Кемерово, представляя собой крупный железнодорожный узел, а также промышленный центр. Промышленность занимает ведущее место в экономике города, этому способствует близкое расположение запасов полезных ископаемых, природных ресурсов: месторождений известняка, угля, суглинков, песков, лесных и земельных ресурсов. Ведущими отраслями являются: производство строительных материалов, машиностроительная, пищевая. Доля строительных материалов (цемент) в объеме промышленного производства – 75 % [7; 9; 15; 32].

Наиболее серьезным загрязнителем речных экосистем Топкинского городского поселения выступает ООО «Топкинский водоканал». Предприятие занимается обеспечением питьевой водой населения города, промышленных предприятий и организаций, а также осуществляет сброс сточных вод с 2008 г. [17]. Очистные сооружения, построенные в 60-е гг., не справляются с современными объемами очистки стоков. Большие объемы загрязняющих веществ сбрасываются в р. Черемшанка и р. Малый Корчуган. По информации управления Следственного комитета РФ по Кемеровской области ООО «Топкинский водоканал» в 2008 – 2013 гг. сбрасывало в р. Малый Корчуган и р. Черемшанка сточные воды без надлежащей очистки. Были значительно превышены ПДК по аммонийному азоту, нитратам, фосфатам, железу, меди, марганцу, никелю и нефтепродуктам, что привело к значительному ухудшению качества воды в реках. Размеры штрафов составили от 60 до 80 млн рублей [22; 33].

Целью нашего исследования являлось проведение оценки состояния водной экосистемы р. Черемшанка и р. Малый Корчуган в зоне влияния ООО «Топкинский водоканал» с использованием альго- и зоогруппировок.

Материалы и методы

Отбор образцов воды и ила осуществлялся в июле-августе 2012, 2014 – 2015 гг. в долинах рек Черемшан-

ка и Малый Корчуган на территории Топкинского городского поселения в его ближайших окрестностях (рис. 1).

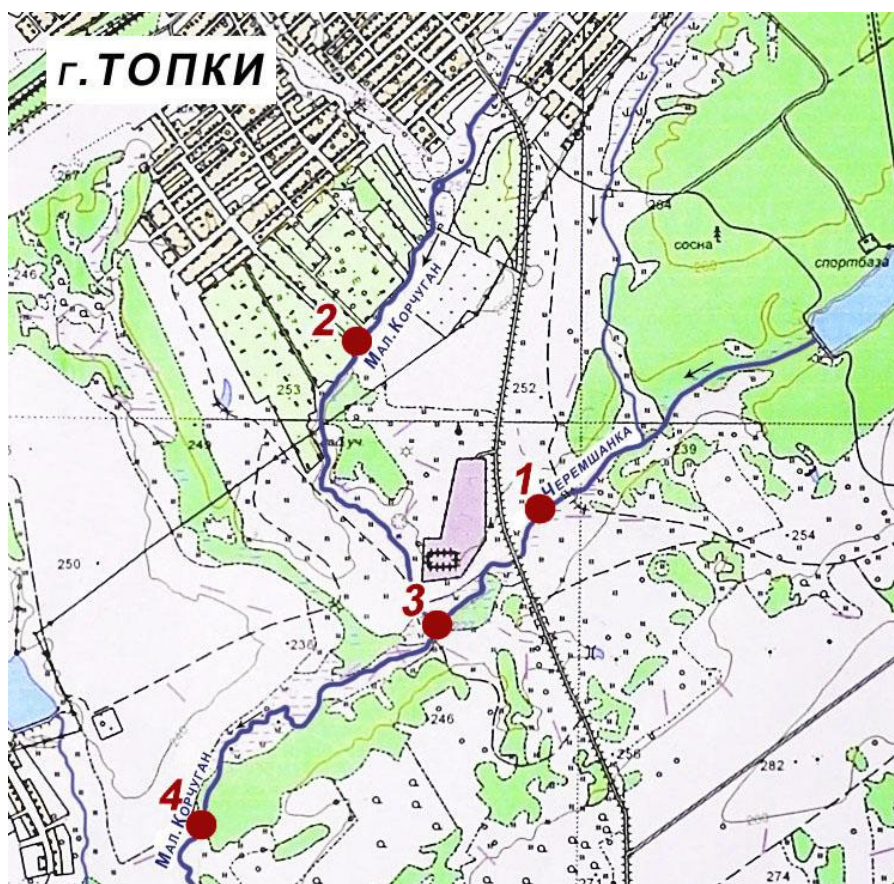


Рис. 1. Карта-схема отбора образцов воды и ила в зоне влияния Топкинского водоканала.

1 – слив № 1, русло р. Черемшанка (55°14'51" с. ш., 85°37'20" в. д.), 2 – слив № 2, русло р. Малый Корчуган (55°15'12" с. ш., 85°36'36" в. д.), 3 – слияние стоков из сливов № 1 и № 2 (55°14'33" с. ш., 85°36'52" в. д.), 4 – русло р. Малый Корчуган (55°14'5" с. ш., 85°35'59" в. д.)

Слив № 1 расположен на р. Черемшанка, в 1,3 км от устья (рис. 2). ООО «Топкинский водоканал» осуществляет сброс смешанных (хозяйственно-бытовых, производственных) неочищенных сточных вод в объеме около 2730 тыс. м³/год (по данным 2012 г.) [28].

Река Черемшанка течет на юго-восточной окраине города, имеет протяженность русла около 7 км, впадает в р. Малый Корчуган. В среднем течении образует пруд. Пойма реки широкая. На коренных берегах расположены березовый лес, сосновые посадки и судоходные луга, которые местами спускаются в пойму (рис. 3). Луга засорены. На границе поймы и коренного берега растут разреженные кусты ивы. В пойме между ивняком и руслом реки образуют заросли прибрежно-водные растения: рогоз широколистный *Typha latifolia* L., двукисточник тростниковый *Phalaroides arundinacea* (L) Rausch., крестовник речной *Senecio fluviatilis* Wallr., череда поникшая *Bidens cernua* L., камыш лесной *Scirpus sylvaticus* L. а также сорный вид – крапива двудомная *Urtica dioica* L. В широкой долине реки Корчуган растут прибрежно-водные растения: осока *Carex* sp., рогоз широколистный *Typha latifolia*, вех ядовитый *Cicuta virosa* L., камыш лесной *Scirpus sylvaticus* L, кипрей мохнатый *Epilobium hirsutum* L. Наряду с этими видами, в пойме

образуют заросли крапива и бодяк щетинистый *Cirsium setosum* (Willd.) Besser. В реке, выше сброса сточных вод (слив № 1), отмечены водные растения: ряска малая *Lemna minor* L. и водокрас обыкновенный *Hydrocharis morsus-ranae* L. (рис. 4). Ниже слива № 1, практически до впадения в р. Малый Корчуган, водные растения не замечены (рис. 5). Органолептически наблюдается сильное загрязнение реки.



Рис. 2. Слив № 1 ООО «Топкинский водоканал» в р. Черемшанка



Рис. 3. Долина р. Черемшанка



Рис. 4. Ряска малая *Lemna minor* L. и водокрас обыкновенный *Hydrocharis morsus-ranae* L. в р. Черемшанка, выше слива № 1



Рис. 5. Река Черемшанка ниже слива № 1, отсутствие водных растений

Слив № 2 расположен на р. Малый Корчуган, в 3 км от устья (рис. 6). Ведётся сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в объеме около 80 тыс. м³/год, по данным 2012 г. [28].

Река Малый Корчуган начинается в центральной части города Топки и течет по направлению к юго-востоку, где впадает в р. Большой Корчуган. Река относиться к водохозяйственному участку р. Ини. Длина водотока р. Малый Корчуган составляет 23 км [21]. В зоне исследования река имеет узкую долину, которая значительно расширяется на выходе из г. Топки. На участке река протекает по лугу, по зарослям ивняка, и возле ее русла отмечены растения, характерные для лугов, лиственных лесов (пырей ползучий *Elytrigia repens* (L.) Nevski, ежа сборная *Dactylis glomerata* L., тимофеевка луговая *Phleum pratense* L., чемерица Лобеля *Veratrum lobelianum* Bernh., герань луговая *Geranium pratense* L., вероника длиннолистная *Veronica longifolia* L., купырь лесной *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., дрема белая *Melandrium album* (Mill.) Garcke., подмаренник настоящий *Galium verum* L. и др.), а также сорные виды (крапива двудомная, лопух войлочный) (рис. 7). Растут здесь растения речных пойм: крестовник речной *Senecio fluviatilis* Wallr, тростник южный *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., двукисточник тростниковый

Phalaroides arundinacea (L) Rausch., лютик ползучий *Ranunculus repens* L. Водные растения до устья р. Черемшанка не отмечены.



Рис. 6. Слив № 2 ООО «Топкинский водоканал» в р. Малый Корчуган



Рис. 7. Долина р. Малый Корчуган

В месте слияния рек Черемшанка и Малый Корчуган и на протяжении более 2-х км наблюдается резкое расширение и заболачивание долины реки Малый Корчуган. Основу пойменных растительных сообществ в этом месте составляют прибрежно-водные растения: осока, рогоз широколистный, вех ядовитый, камыш лесной, кипрей мохнатый. Также присутствуют в виде густых зарослей в пойме крапива и бодяк щетинистый (рис. 8). Органолептически наблюдается сильное загрязнение реки.

Отбор образцов воды и ила осуществлялся общепринятыми методами [5]. В точках сброса сточных вод (слив № 1 и слив № 2) отбор проб осуществлялся в 3 створах: в 150 м выше сброса, в зоне сброса, в 150 м ниже сброса. Изучались планктонные, нектонные, перифитонные и бентосные организмы. Для выявления видового состава гидробионтов применяли метод микроскопирования при 200-, 400-, 1000-кратном увеличении. Обилие оценивали по 6-балльной шкале, учитывали индекс сапробности [1; 2; 4]. По суммарному индексу сапробности с учетом видов-индикаторов оценивали качество воды [6].



Рис. 8. Река Малый Корчуган
ниже устья р. Черемшанки

Определение гидробионтов проводили с использованием определителей [3; 8; 10; 11; 16; 23; 25 – 27; 30; 35; 36 и др.]. Геоботаническое описание проводилось по методике А. В. Куминовой [13] и «Определителю растений Кемеровской области» [18].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что выше уровня сброса вода незначительно мутная, с небольшим количеством осадка, со слабым запахом прелого сена. Цвет воды желтоватый, цвет осадка – темно-серый, почти черный. Насчитывается около 30 видов растений (таблица 1).

По видовому и количественному составу преобладают водоросли из отделов *Euglenophyta* и *Bacillariophyta*.

Встречаются также нефотосинтезирующие микроорганизмы: *Bodo* sp., *Pleuronema coronatum* Kent, *Trinema* sp., *Paramecium caudatum* Ehrenberg, а также *Rotatoria* sp., *Daphnia pulex* Leydig, гнилостные бактерии в небольшом количестве. Из макрозообентоса обнаружены личинки первой стадии *Chironomus* sp., взрослые *Polyphemus* sp.

Преобладают β -мезосапробионты.

Таблица 1

Видовое разнообразие автотрофных организмов выше сброса сточных вод

Отдел	Вид	Сапробность организма
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i> sp.	–
	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	β -мезосапробионт
	<i>Microcystis</i> sp.	–
	<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh ex Gomont	α -мезосапробионт
	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Laut. emend Holerb.	β -мезосапробионт
Bacillariophyta	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	Олиго- β -мезосапробионт
	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory de Saint Vincent) Cleve	Олигосапробионт
	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	β -мезосапробионт
	<i>Gomphonema</i> sp.	–
	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	α -мезосапробионт, эврисароб
	<i>Navicula</i> sp.	–
	<i>Nitzschia pallea</i> (Kützing) W. Smith	α -мезосапробионт
	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	β -мезосапробионт
	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	α - β -мезосапробионт
	<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg	Поли- α -мезосапробионт
Euglenophyta, Euglenozoa	<i>Euglena caudata</i> K. Hübner	–
	<i>Euglena deses</i> Ehrenberg	–
	<i>Euglena pisciformis</i> Klebs	β -мезосапробионт
	<i>Euglena spirogyra</i> Ehrenberg	β -мезосапробионт
	<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky	β -мезосапробионт
	<i>Phacus caudatus</i> Hübner	β -мезосапробионт
	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein	β -мезосапробионт
	<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg	β -мезосапробионт
	<i>Chlamydomonas</i> sp.	–
Chlorophyta	<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann	β -мезосапробионт
	<i>Pandorinamorum</i> Müller	β -мезосапробионт

Индекс сапробности воды составляет 2,4. Вода относится к III классу чистоты и является β - α -мезосапробной, то есть незначительно загрязненной. Наличие бесцветных и фотосинтезирующих жгутиконосцев указывает на незначительную степень загрязнения, присутствие гуминовых веществ, заболачиваемость водоема.

В зоне сброса сточных вод вода мутная, с осадком, с резким хорошо различимым гнилостным запахом канализации. Цвет воды в пробах серо-сине-зелено-беловатый, цвет осадка – темно-серый, почти черный. Видовой состав планктонных и бентосных группировок достаточно беден. Видовое разнообразие – 13 видов водорослей и цианопрокариот (таблица 2).

Видовое разнообразие автотрофных организмов в зоне сброса сточных вод

Отдел	Вид	Сапробность организма
Cyanobacteria	<i>Cyanosarcina</i> sp.	–
	<i>Microcystis</i> sp.	–
	<i>Oscillatoria planctonica</i> Woloszynska	–
	<i>Oscillatoria putrida</i> Schmidle	Полисапробионт
	<i>Phormidium</i> sp.	–
	<i>Pseudoanabaena catenata</i> Lauterb.	α-полисапробионт
	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Laut. emend Holerb.	β-мезосапробионт
Bacillariophyta	<i>Nitzschia pallea</i> (Kützinger) W. Smith	α-мезосапробионт
	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	β-мезосапробионт
	<i>Nitzschia</i> sp.	–
Euglenophyta, Euglenozoa	<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg	Поли-α-мезосапробионт
	<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann	β-мезосапробионт
Chlorophyta	<i>Chlamydomonas</i> sp.	–

По видовому и количественному составу преобладают бактерии из отдела Cyanobacteria (или сине-зеленые водоросли). В сточных водах обитает большое количество гетеротрофных организмов: *Mastigina* sp., *Microthorax similans* (Kahl), *Chilomonas paramecium* Ehrenberg, *Arcella vulgaris* Ehrenberg, *Centropyxis aculeate* (Ehrenberg), *Cytophaga* sp., *P. coronatum*, *Copidium campylum* (Stokes), *Amphileptus* sp., *Mastigamoeba* sp., гнилостные бактерии (*Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, *Sarcina paludosa* Schroeter, *Spirillum undula* (Müller) Ehrenberg), серобактерия *Beggiatoa alba* (Vaucher) Trevisan, протеобактерия *Zooglea zamigera* Itzigsohn. Отмечено значительное количество разлагающихся фрагментов высших растений и беспозвоночных животных.

Преобладают α-полимеzosапробионты и β-мезосапробионты.

Индекс сапробности составляет 3,7. Вода относится к V классу чистоты и является полисапробной, то есть сильно загрязненной. Этот фактор усиливается наличием большого количества гнилостных бактерий и бесцветных жгутиконосцев. Количество бактерий составляет более 100 млн клеток на 1 л воды.

Развитие большого количества гетеротрофных организмов приводит к дефициту кислорода в водоеме, что может стать причиной гибели водных позвоночных. С большой долей вероятности присутствуют такие опасные патогены – *Cytophaga* sp., *Flexibacter* sp. и др. Эти микроорганизмы являются возбудителями инфекционных заболеваний рыбы, приводящих к ее гибели. По бактериологическим показателям качество воды крайне низкое и оценивается как «опасное для здоровья».

Многие из этих микроорганизмов являются токсичными для человека и животных, некоторые штаммы *Microcystis*, *Anabaena*, *Phormidium*. Образцы воды имеют тенденцию к «цветению», что значительно снижает ее качество. Наблюдается практически полное отсутствие водорослей из отделов *Chlorophyta* и *Bacillariophyta*, которые характерны для вод континентальных водоемов в этот период года.

Присутствует большое количество бесцветных, нефотосинтезирующих жгутиконосцев, хищных и полифаговых инфузорий, которые обитают в значительно

загрязненных и сильно загрязненных водоемах и являются показателями воды еще более низкого качества, чем «полисапробная» (изосапробная, метасапробная и гиперсапробная, у которых класс чистоты даже не определяется).

В стоке отсутствуют высшие водные беспозвоночные (личинки веснянок, поденок, олигохеты, водяной ослик и т. п.). Согласно расчетам биотических индексов TBI (Trent Biotic Index), EBI (Extended Biotic Index), ASPT (Average Score Per Taxon Index), BMWP (Biological Monitoring Working Party Index) качество воды оценивается как «очень плохое».

В конце лета 2015 г. в зоне сброса сточных вод отмечалось массовое развитие эвгленовых водорослей – *Euglena viridis* (O. F. Müller) Ehrenberg и *Phacus caudatus* Hübner. Биомасса этих водорослей достигала значительной величины, что привело к цветению воды – вода приобрела зеленый оттенок. Вполне вероятно, что произошло значительное превышение ПДК биогенных элементов.

По мнению Д. Н. Судницыной [29], наиболее чувствительны к наличию биогенных элементов (фосфору, железу, марганцу, аммонийному азоту) в воде эвгленовые водоросли. Эти же элементы, в особенности аммонийный азот, повышают эвтрофикацию (трофность) водоема. Увеличение числа видов эвгленовых в составе биоценозов, в свою очередь, указывает на усиление эвтрофикации водоема. Т. А. Сафонова [26] считает, что это связано с физиологическими особенностями эвгленовых водорослей. Миксотрофное питание объясняет повышенную потребность в органике.

Ниже временного водоема русло реки произошло размывание грунта, в результате чего русло р. Малый Корчуган резко расширилось, что привело к образованию временного водоема, который постепенно заболачивается. По берегам и в русле реки интенсивно разрастаются такие растения, как рогоз, камыш. У тростника обыкновенного и рогоза узколистного отмечается самое активное поглощение биогенных элементов [29]. Активно разросшаяся высшая водная растительность выполняет функцию мощного биологического фильтра.

Ниже временного водоема русло реки вновь сужается. Здесь вода мутная, с осадком, с запахом болота. Цвет воды оливково-желтоватый. Видовое разнообра-

зие водорослей и цианопрокариот по сравнению с зоной сброса сточных вод повышается до 16 видов (таблица 3). Разница незначительна, несколько меняется как качественный, так и количественный состав альго-

и зоогруппировок. Снижается количество и обилие видов цианопрокариот и эвгленовых водорослей, увеличивается видовой состав диатомовых водорослей.

Таблица 3

Видовое разнообразие автотрофных организмов выше сброса сточных вод

<i>Отдел</i>	<i>Вид</i>	<i>Сапробность организма</i>
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Anabaenasp.</i>	—
	<i>Cyanosarcina sp.</i>	—
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	α-β-мезосапробионт
	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	β-мезосапробионт
	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	β-мезосапробионт
	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	α-мезосапробионт, эврисароб
	<i>Navicula sp.</i>	—
	<i>Nitzschia sigmaidea</i> (Nitzsch) W. Smith	β-мезосапробионт
	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	β-мезосапробионт
	<i>Synedra acus</i> Kützing	α-β-мезосапробионт
	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	α-β-мезосапробионт
<i>Euglenophyta, Euglenozoa</i>	<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg	Поли-α-мезосапробионт
	<i>Phacus caudatus</i> Hübner	β-мезосапробионт
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlamydomonas sp.</i>	—
	<i>Pandorinamorum</i> Müller	β-мезосапробионт
<i>Ochrophyta</i>	<i>Anthophysa vegetans</i> (O. F. Müller) Stein	—

Значительно уменьшается количество серобактерии *Beggiatoa alba*, а также *Bodo sp.* Присутствуют мелкие жгутиконосцы.

Также преобладают α-полимеzosапробионты и β-мезосапробионты. Однако их количество снижается. Индекс сапробности составляет 2,8 (против 3,7 в зоне сброса сточных вод). Вода относится к IV классу чистоты и является β-полисапробной, то есть значительно загрязненной. Однако, качество воды в этом месте значительно выше.

Заключение

Значительный объем сброса неочищенных сточных вод ООО «Топкинский водоканал» оказывает серьезное негативное воздействие на водные экосистемы рек Черемшанка и Малый Корчуган. В зоне слива № 1 и № 2 отмечаются признаки сильной эвтрофикации водоемов (индекс сапробности 3,7). Вода такого качества представляет значительную опас-

ность для здоровья человека и водных позвоночных животных.

Несмотря на эффективную санирующую функцию обширных зарослей осоки, рогоза и камыша (около 0,5 км²), даже в 2 км от устья р. Черемшанка в воде р. Малый Корчуган наблюдаются признаки значительной эвтрофикации (индекс сапробности 2,8). Вода такого качества представляет определенную опасность для здоровья человека и водных позвоночных животных. Без специальной очистки использование такой воды не рекомендуется.

В целом по течению р. Малый Корчуган, независимо от сброса сточных вод, оказывается низким количество видов и обилие зеленых и диатомовых водорослей, что не является характерным для водоемов такого типа. Вероятно, что экологические условия на всем протяжении реки не являются оптимальными для водорослей этих групп.

Литература

1. Барина С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности. Российский Дальний Восток. Владивосток, 1996. 364 с.
2. Барина С. С., Медведева Л. А., Анасимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
3. Ветрова З. И. Флора водорослей континентальных водоемов Украины: Эвгленовитовые водоросли. Вып. 2. (*Leptocinclis*, *Phacus*, *Cryptoglana*, *Ascoglana*, *Colacium*, *Khawkinea*, *Euglenopsis*, *Astasia*, *Cyclidiopsis*). Киев, 2004. 272 с.
4. Видовые индексы сапробности и распределение обилия водорослей-индикаторов по зонам самоочищения (Marvan et al., 2005). Режим доступа: <http://herba.msu.ru/algae/materials/book/text/part2/t-2.pdf>
5. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. Водоросли: справочник. Киев, 1989. 608 с.
6. Вольф И. В., Ткаченко Н. И. Химия и микробиология природных и сточных вод. Л., 1973. 239 с.
7. Города России. Энциклопедия / Гл. ред. Г. М. Лаппо. М.: Терра-книжный клуб; Большая Российская энциклопедия, 1998. С. 472.
8. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран (Ископаемые и современные). Т. 2. Вып. 3. СПб., 2002. 193 с.
9. Историческая энциклопедия Сибири / Гл. ред. В. А. Ламин. Новосибирск: Историческое наследие Сибири, 2010. С. 279.

10. Коваленко О. В. Флора водорослей Украины. Т. 1. Синезеленые водоросли. Вып. 1. Порядок хроококковые. Киев, 2009. 397 с.
11. Кондратьева Н. В., Коваленко О. В. Краткий определитель видов токсичных синезеленых водорослей. Киев: Наукова Думка, 1975. 64 с.
12. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М., 2005. 263 с.
13. Куминова А. В. Растительность Кемеровской области. Ботанико-географическое районирование. Зап.-Сиб. филиал АН СССР. Биол. ин-т. Новосибирск, 1949. 169 с.
14. Лихачева, Э. А., Тимофеев Д. А., Жидков М. П. и др. Город – экосистема. М.: Медиа-ПРЕСС, 1996. 336 с.
15. Летопись города Топки и Топкинского района (Администрация муниципального образования «Город Топки и Топкинский район», муниципальное учреждение культуры «Исторический музей»). Топки, 2004. 49 с.
16. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России. М., 2003. 95 с.
17. ООО «Топкинский водоканал». Режим доступа: <http://www.ooovkh.narod.ru/index.htm>
18. Определитель растений Кемеровской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 477 с.
19. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие / сост. О. В. Гагарина. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 199 с.
20. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод. Орех, 2004. 125 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. В. В. Зееберга. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 351 с.
22. Русская планета. Режим доступа: <http://rusplt.ru/region-news/kemerovo/prokuroryi-kuzbassa-oshtrafuyut-vodokanal-za-naruszenie-prav-cheloveka>
23. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М., 2003. 157 с.
24. СанПиН 2.1.4.1074-01. Режим доступа: <http://www.nadegnost.kz/catalog/САНПИН.pdf>
25. Сафонова Т. А. Род *Trachelomonas* Ehr. во флоре водорослей Западной Сибири / Водоросли и грибы Западной Сибири. Ч. 2. Вып. 10 / под ред. Поповой Т. Г., Вернер А. Р. Новосибирск, 1965. 165 с.
26. Сафонова Т. А. Планктонные эвгленовые водоросли // Мониторинг фитопланктона. Новосибирск, 1992. С. 11 – 15.
27. Скабичевский А. П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М., 1960. 350 с.
28. Судебные и нормативные акты РФ. Режим доступа: <http://sudact.ru/regular/doc/GOXRQ4mZlDQ6/>
29. Судницына Д. Н. Экология водорослей Псковской области. Псков: ПГПУ. 2005. 128 с.
30. Тевяшова О. Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоемах. Ростов н/Д., 2009. 84 с.
31. Топки. Режим доступа: <http://monogorod.kemobl.ru/ТОПКИ/01.asp>
32. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2013 года. М.: Федеральная служба государственной статистики Росстат, 2013. 528 с.
33. A42.RU. Режим доступа: <http://news.a42.ru/news/item/264309>
34. Alberti M., Marzluff J. M. Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions // Urban Ecosystems. September 2004. V. 7. Is. 3. P. 241 – 265.
35. Algaebase.org. Website contents © 1996 – 2015 M. D. Guiry. All rights reserved. Режим доступа: <http://algaebase.org>
36. Wilhelmi J. Kompendium der biologischen Beurteilung desWassers. Berlin, 1915. 66 s.

Информация об авторах:

Суцёв Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, sushev@mail.ru.

Dmitry V. Sushchyov – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Филиппова Александра Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, sasha1977@ngs.ru.

Alexandra V. Filippova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Быковец Ксения Викторовна – эколог, руководитель производственной практики КемГУ, ksenia-b-v@ya.ru.

Ksenia V. Bykovets – ecologist, Head of Internship Division, Kemerovo State University.

Тарасова Ирина Викторовна – ведущий инженер кафедры ботаники КемГУ, itarasova14@yandex.ru.

Irina V. Tarasova – Senior Engineer at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Колмыкова Валентина Александровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры зоологии и экологии КемГУ, chirkova2004@rambler.ru.

Valentina A. Kolmykova – Candidate of Pedagogics, Assistant Professor at the Department of Zoology and Ecology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЗАЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА МИКРОБНЫМИ ИЗОЛЯТАМИ ИЗ ВЕРМИКОМПОСТА

Н. Н. Терещенко, А. В. Кравец, А. И. Чиганова, Н. Б. Рогальская, Е. Е. Акимова

EFFICIENCY OF FIBER FLAXBACTERIZATION BY MICROORGANISMS ISOLATED FROMVERMICOMPOST

N. N. Tereshchenko, A. V. Kravets, A. I. Chiganova, N. B. Rogalskaya, E. E. Akimova

Лен-долгунец является одной из наиболее важных технических культур отечественной растениеводческой отрасли, имеющей большое народно-хозяйственное и стратегическое значение. И одновременно лен – это одна из наиболее сложных для возделывания сельскохозяйственных культур. В настоящее время применение биопрепаратов системного действия, сочетающих в себе свойства стимуляторов роста растений и средств защиты, является одним из наиболее эффективных приемов повышения всхожести льна и снижения его поражения возбудителями болезней. Результаты лабораторных и полевых испытаний показали эффективность бактеризации семян льна-долгунца накопительными культурами бактерий, изолированных из копролитов дождевых червей *Eisenia fetida*. Предпосевная обработка семян льна-долгунца (сорт ТОСТ-4 селекции ФГБНУ СибНИИСХиТ) в комплексе с опрыскиванием вегетирующих растений накопительной культурой фосфатмобилизующих бактерий оказали положительное воздействие на сохранность растений в полевом опыте, увеличение высоты растений, прибавку урожайности семян и соломки льна. Бактеризация семян льна *Pseudomonas* sp. снизила степень поражения растений фузариозом, увеличила массу 1000 семян и высоту растений.

Fiber flax is one of the most important industrial crops of the domestic crop sector, which is of great national economic and strategic importance. And at the same time fiber flax is one of the crops most difficult for cultivation. Currently, the use of biological preparations with systemic action, combining the properties of plant growth stimulators and means of protection, is one of the most effective methods to increase germination of fiber flax and its resistance to disease causing agents. The results of laboratory and field tests have shown efficiency of bacterization of fiber flax seeds by enrichment cultures of bacteria isolated from the coprolites of earth worms *Eisenia fetida*. Presowing treatment of fiber flax seeds (TOST-4 variety selectie in the Siberian Research Institute of Agriculture and Peat) along with spraying of vegetating plants with enrichment culture of phosphate bacteria had a positive effect on the plants' preservation in the field experiments, increase in plant height, yield of seed and flax straw. Bacterization of flax seeds by *Pseudomonas* sp. reduced the degree of *Fusarium* infection of plants, increased the weight of 1000 seeds and plant height.

Ключевые слова: лен-долгунец, бактеризация, фосфатмобилизующие бактерии, *Pseudomonas* sp., урожайность льносоломки, качество льноволокна.

Keywords: fiber flax, bacterization, phosphate bacteria, *Pseudomonas* sp., yield of flax straw, flax-fiber quality.

Лен-долгунец является одной из традиционных сельскохозяйственных культур нашей страны, практика возделывания которой в России насчитывает многие десятилетия. Однако, несмотря на большой исторический опыт работы с этой культурой, с точки зрения технологии возделывания и селекции лен по-прежнему остается одной из наиболее сложных культур. Кроме адаптивной селекции, призванной сочетать в одном сорте высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость, для получения стабильно высокого сбора льноволокна необходимо применять комплекс агротехнических приемов, учитывающих почвенные и климатические особенности региона возделывания. Кроме того, для повышения полевой всхожести и снижения пораженности растений возбудителями болезней весьма перспективным является применение биопрепаратов системного действия, сочетающих в себе свойства стимуляторов роста растений и средств защиты. Так, например, в работах Н. Г. Бачило с соавт. [2] и С. Л. Белопухова [3] показана высокая эффективность применения защитно-стимулирующих органических комплексов, включающих смесь гидроксикоричных и тритерпеновых кислот для реализации максимальной про-

дуктивности культуры льна и получения волокна с высокими физико-механическими характеристиками.

Согласно результатам исследований ряда отечественных авторов помимо жидких органоминеральных препаратов весьма перспективным также является применение бактериальных препаратов, оказывающих одновременно целый спектр положительных воздействий как на состояние ризосферы льна, так и на физиологические параметры самих растений [4; 5]. Поиск микробных штаммов, способных формировать устойчивые симбиотические ассоциации с культурой льна-долгунца, и разработка на их основе новых микробных препаратов, способных индуцировать реакции неспецифической устойчивости льна ко многим болезням грибного, бактериального и вирусного происхождения – одна из наиболее актуальных и своевременных задач современной отечественной биотехнологии, а также перспективный ресурс для увеличения урожайности льна-долгунца и качества получаемой на его основе технической продукции. Применение микробных препаратов на основе так называемой PGPR-микрофлоры помимо сокращения рисков поражения льна корневыми гнилями и увеличения сбора льносоломки, также будет способствовать получению оздоровленного семенного материала.

Цель исследований – оценить влияние предпосевной обработки семян льна-долгунца накопительными культурами микроорганизмов, выделенных из вермикомпоста, на динамику роста, сохранность растений, устойчивость льна-долгунца к болезням и продуктивность.

Материалы и методы исследований

Чистые культуры исследуемых микроорганизмов выделяли из копролитов дождевых червей *Eisenia fetida* путем прямого посева из смешанной усредненной пробы копролита на мясопептонный агар, последующей серии пассажей на эту же среду и пересева в пробирки на косой агар. Принадлежность выделенных бактерий к роду *Pseudomonas* определяли в соответствии с морфологическими признаками колоний и клеток, а также биохимическими свойствами микроорганизмов.

В лабораторном эксперименте семена льна обрабатывали накопительной культурой бактерий (титр $10^7 - 10^8$ клеток/мл) из расчета 5 л/т семян (5,38 г семян + 0,4 мл бактериальной культуры). Семена закладывали в рулоны по 100 штук для проведения фитоанализа и измерения длины и массы проростков. В контрольном варианте семена обрабатывали дистиллированной водой. Проращивание осуществляли между слоями увлажненной фильтровальной бумаги при температуре +22...+25 °C в течение 7 дней.

Схема лабораторного опыта: 1) контроль – обработка дистиллированной водой; 2) обработка культурой бактерий *Pseudomonas* sp.; 3) обработка культурой фосфатмобилизирующих бактерий.

Закладку семян между слоями фильтровальной бумаги проводили дважды: сразу после обработки накопительными культурами бактерий и повторно после суточного выдерживания при комнатной температуре для проверки влияния периода хранения на уже обработанные семена.

Полевые исследования проводили на экспериментальных полях Богашевского подразделения ФБГНУ СибНИИСХиТ в 2012 году.

Схема полевого опыта:

1. Контроль (обработка семян водой).
2. Предпосевная обработка семян накопительной культурой *Pseudomonas* sp.
3. Предпосевная обработка семян накопительной культурой фосфатмобилизирующих бактерий.
4. Предпосевная обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений накопительной культурой *Pseudomonas* sp.
5. Предпосевная обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений накопительной культурой фосфатмобилизирующих бактерий.

Площадь делянки – 1,25 м², учетная площадь делянки – 1 м². Ширина междурядий – 10 см. Повторность опыта 3-х кратная.

В полевом опыте использовали семена льна-долгунца сорта ТООСТ-4 оригинальной элиты урожая 2011 г. Посевные качества семян: всхожесть – 97 %, зараженность болезнями – 66 %. Норма высева семян составила 23 млн/га (14 г на учетную делянку). Семе-

на перед посевом бактеризовали путем опрыскивания накопительными микробными культурами с рабочим титром для *Pseudomonas* sp. $10^{10}-10^{11}$ кл/мл, для фосфатмобилизирующих бактерий – 10^9 кл/мл, в дозе 5 л/т семян. В фазу елочка опытные варианты опрыскивали теми же накопительными культурами микроорганизмов в дозе 100 л/га ручным опрыскивателем.

Почва – серая лесная среднеподзоленная, среднесуглинистая. Реакция почвенного раствора слабокислая pH – 5,3, содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,0 – 5,0 %, количество подвижного фосфора P₂O₅ – 39,3 мг/100 г, обменного калия K₂O – 19,6 мг/100 г почвы. Мощность гумусового горизонта составляет 22 – 25 см.

Посев проводили 22 мая 2012 г. вручную. В качестве предшественника использовали чистый пар. Обработка почвы под посев льна включала зяблевую вспашку, весеннюю культивацию, предпосевное рыхление, выравнивание, прикатывание. Уборка делянок и учет урожая был проведен при наступлении физиологической зрелости семян (желтая спелость), обмолот снопов осуществлялся вручную с последующим взвешиванием семян и соломы [1]. Для оценки достоверности результатов данные обрабатывали при помощи пакетов прикладных программ Statistica 6.0 for Windows и Snedecor v.5 [6].

Результаты и обсуждение

Результаты лабораторного модельного эксперимента показали, что обработка накопительными культурами исследованных бактерий способствует снижению лабораторной всхожести семян льна-долгунца (таблица 1). При этом также снижаются показатели длины и массы проростков в варианте с бактериризацией *Pseudomonas* sp. В варианте с обработкой семян накопительной культурой фосфатмобилизирующих бактерий длина проростков была на уровне контроля, а масса проростков незначительно меньше контроля. Несмотря на некоторое снижение морфометрических параметров проростков льна-долгунца под воздействием бактеризации, обработка одновременно снизила количество проростков, пораженных корневыми гнилями: с 12 % в контроле до 8 % в варианте с обработкой семян накопительной культурой *Pseudomonas* sp., и до 5 % в варианте с обработкой накопительной культурой фосфатмобилизирующих бактерий.

Примечательно, что после суточного хранения в лабораторных условиях в варианте с применением *Pseudomonas* sp. было отмечено достоверное повышение всхожести семян льна и увеличение показателя длины проростков. В варианте с бактериризацией семян фосфатмобилизирующими бактериями также наблюдалось увеличение длины проростков льна и их массы. При этом в контрольном варианте спустя сутки после обработки семян водой наблюдалось резкое снижение длины проростков (с 14 см сразу после смачивания до 4 см спустя 1 сутки) (таблица 2). Примечательно также, что суточное хранение свело на нет положительное воздействие бактеризации на снижение степени поражения проростков корневыми гнилями. Необычное изменение характера влияния бактеризации на всхожесть и морфометрические параметры проростков льна требует дальнейших исследований.

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян льна накопительными культурами бактерий на всхожесть, морфометрические показатели и количество больных семян в условиях лабораторного модельного опыта

Вариант	Пораженность корневыми гнилями, %	Длина 1-го проростка, см	Масса 1-го проростка, г	Масса 100 проростков, г	Всхожесть, %
1. Контроль	12	14,99 ± 3,52	0,24	0,36	96
2. <i>Pseudomonas</i> sp.	8	11,41 ± 2,69	0,21	0,36	83*
3. Фосфатмобилизующие бактерии	5	14,71 ± 3,16	0,23	0,34	86

Примечание. * – Здесь и далее различие с контролем достоверно при $p < 0,05$.

Таблица 2

Влияние периода 1-суточного хранения на эффективность предпосевной бактериализации семян льна-долгунца в условиях лабораторного модельного опыта

Вариант	Пораженность корневыми гнилями, %	Длина 1-го проростка, см	Масса 1-го проростка, г	Масса 100 проростков, г	Всхожесть, %
Контроль	7	4,42 ± 1,32	0,17	0,35	88
<i>Pseudomonas</i> sp.	5	13,51 ± 3,60*	0,23	0,38	98*
Фосфатмобилизующие бактерии	7	11,12 ± 3,68	0,24	0,38	84

Поскольку высев семян в полевом опыте был осуществлен спустя сутки после бактериализации, результаты, полученные в выше рассмотренном лабораторном опыте (таблица 2), позволяли надеяться на положительные эффекты от бактериализации семян льна-долгунца в полевых условиях.

По данным метеорологических наблюдений вегетационный период 2012 г. можно охарактеризовать как умеренно засушливый. Гидротермический коэффициент по Селянинову составил 0,93. Высокие температуры воздуха и отсутствие осадков совпали с фазами быстрого роста и цветения льна, когда растения больше всего нуждались в пониженных температурах и осадках.

В полном соответствии с ожидаемыми эффектами результаты полевого опыта показали положительное влияние бактериализации семян льна на динамику роста и развития растений. Предпосевная обработка семян накопительными культурами *Pseudomonas* sp. и фосфатмобилизующих бактерий заметно ускорила прохождение растениями льна-долгунца начальных фаз развития (всходов и елочки) и способствовала увеличению длины растений в данном варианте по сравнению с другими вариантами на 0,8 – 5,6 см. Дополнительная обработка вегетирующих растений, как в случае использования накопительной культуры *Pseudomonas* sp., так и фосфатмобилизующих бактерий, дополнительного положительного воздействия на рост и развитие растений льна не оказала (таблица 3).

Таблица 3

Влияние приема бактериализации семян льна-долгунца на высоту растений в фазу елочки

Вариант опыта	Фаза вегетации	
	елочка	бутионизация
Контроль	38,20 ± 1,89	51,10 ± 2,04
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка)	43,80 ± 1,91	55,96 ± 0,78
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	30,73 ± 0,78	48,50 ± 0,98
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка)	42,50 ± 3,70	54,70 ± 3,70
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	39,00 ± 0,70	50,30 ± 0,70
НСР ₀₅	3,36	4,88

Учет всхожести и количества растений перед уборкой льна показал, что максимальную выживаемость растений обеспечила предпосевная обработка семян льна накопительной культурой фосфатмобилизующих бактерий. При этом наибольшие показатели всхожести льна были отмечены в вариантах с предпосевной обработкой семян накопительной культурой *Pseudomonas* sp., а также двойной обработкой культурой фосфатмобилизующих бактерий (таблица 4).

Анализ корневых гнилей в полевом опыте выявил высокую эффективность обработки вегетирующих растений накопительными культурами бактерий, как *Pseudomonas* sp., так и фосфатмобилизующих бактерий. При этом только предпосевная бактериализация семян оказалась мало эффективной (таблица 4). К сожалению, бактериализация практически не оказала влияния на снижение пораженности растений льна возбудителями бактериозов – одной из основных причин снижения урожайности как зерна льна, так и льносоломы.

**Влияние бактеризации семян на всхожесть и сохранность растений льна,
а также на пораженность посевов фузариозом и бактериозом**

Вариант опыта	Количество растений, шт./м ²		Полевая всхожесть, %	Сохранность растений, %	Фузариоз, %	Бактериоз, %
	всходы	уборка				
Контроль	1370,0	1281,2	59,5	93,0	8,1 ± 2,4	1,0 ± 0,3
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка)	1514,4	1394,4	65,8	92,0	8,4 ± 1,9	1,1 ± 0,3
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	1372,0	1294,4	59,7	94,3	6,5 ± 3,3	1,3 ± 0,3
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка)	1304,0	1297,2	56,6	95,2	10,6 ± 3,3	1,4 ± 0,5
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	1604,0	1516	69,7	94,2	5,1 ± 2,3	1,5 ± 0,3
НСР ₀₅	224,4	276,0	12,8	—	6,8	0,9

Одними из наиболее важных показателей качества льна-долгунца, как технической культуры являются высота растения и масса соломки. Результаты полевого опыта свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян льна-долгунца накопительной культурой фосфатмобилизующих бактерий способствует увеличению длины растений на 2 см. Данный

тип обработки также обеспечил 11 % увеличение массы соломки по сравнению с контролем. При этом, как видно из таблицы 5, дополнительная обработка вегетирующих растений культурой фосфатмобилизующих бактерий прибавки урожайности соломки не обеспечила. Все остальные виды обработки на данный показатель существенного влияния не оказали (таблица 5).

Таблица 5

Влияние бактеризации семян льна-долгунца на урожай соломки и семян

Вариант	Высота стебля, см	Урожайность, г/м ²		Масса 1000 семян, г
		соломки	семян	
Контроль	60,3 ± 1,7	0,274 ± 0,01	48,6 ± 2,7	3,9 ± 0,08
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка)	60,3 ± 1,7	0,282 ± 0,03	48,0 ± 2,3	4,0 ± 0,05
<i>Pseudomonas</i> sp. (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	58,0 ± 0,6	0,254 ± 0,02	39,6 ± 3,8	4,2 ± 0,24
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка)	62,3 ± 1,2	0,304 ± 0,04	55,3 ± 10,5	4,0 ± 0,04
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	58,0 ± 1,5	0,290 ± 0,03	45,3 ± 4,7	4,1 ± 0,02
НСР ₀₅	6,5	0,09	17,8	0,4

Как известно, наряду с количественными показателями урожайности сельскохозяйственных культур, не меньшее значение имеет и качество получаемой продукции. В случае с культурой льна-долгунца речь идет о качестве льноволокна. В рассматриваемом полевом опыте качество полученного волокна и его пригодность к технологической обработке определяли по совокупности внешних признаков: блеск, цвет, шелковистость, степень отделяемости от тресты и хрупкость. По всем вышеуказанным показателям лучшим было волокно растений, полученных в варианте с предпосевной обработкой семян накопительной культурой фосфатмобилизующих бактерий вкупе с повторной обработкой вегетирующих растений, а также волокно растений, полученных в варианте с предпосевной бактеризацией семян *Pseudomonas* sp. (таблица 6).

Таким образом, применение накопительной культуры фосфатмобилизующих бактерий, выделенных из копролитов дождевых червей, для бактеризации семян льна-долгунца сорта ТООТ-4 оказало положительное воздействие на сохранность растений в полевом опыте, высоту растений, урожайность семян и соломки льна. Бактеризация семян льна *Pseudomonas* sp. снизила степень поражения растений фузариозом, увеличила массу 1000 семян и высоту растений.

Влияние бактеризации семян льна-долгунца на качество льноволокна

Вариант	Высота растения, см	Диаметр стебля, мм	Количество на растении, шт.		Масса соломки, г
			коробочек	семян	
Контроль	48,81 ± 0,65	1,32 ± 0,55	5,26 ± 0,56	15,98 ± 4,51	175,0 ± 0,07
<i>Pseudomonas sp.</i> (предпосевная обработка)	49,92 ± 0,85	1,32 ± 0,38	8,21 ± 0,17*	20,40 ± 1,84*	220,0 ± 0,25
<i>Pseudomonas sp.</i> (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	43,50 ± 0,66 *	1,37 ± 0,03	4,53 ± 0,46	13,33 ± 2,58*	176,0 ± 0,25
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка)	49,87 ± 0,74	1,27 ± 0,03	6,41 ± 0,32	17,62 ± 1,34*	150,0 ± 0,25
Фосфатмобилизующие бактерии (предпосевная обработка + обработка вегетирующих растений)	47,72 ± 0,86	1,44 ± 0,03	7,58 ± 1,09*	18,47 ± 2,10*	215,00 ± 0,25
HCP ₀₅	2,15	0,10	1,52	4,72	5,03

Литература

1. Бачило Н. Г. Влияние биопрепаратов на рост и развитие льна-долгунца // Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу: научно-практическая конференция. Торжок, 2010. С. 263 – 269.
2. Белоухов С. Л. Роль защитно-стимулирующих комплексов в повышении качества семян льна-долгунца // Состояние с перспективой развития льноводства в Сибири: материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Томской селекции льна (г. Томск, 27 – 28 июля 2007). Россельхозакадемия. СО СИБНИИСХиТ. Томск: Ветер, 2007. С. 73 – 74.
3. Белоухов С. Л., Крепков В. П. Перспективы применения защитно-стимулирующих комплексов для сортов льна-долгунца, выращиваемого в Сибири // Состояние с перспективой развития льноводства в Сибири: материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Томской селекции льна (г. Томск, 27 – 28 июля 2007). Россельхозакадемия. СО СИБНИИСХиТ. Томск: Ветер, 2007. С. 71 – 73.
4. Кудрявцев Н. А. Агат 25К для защиты льна // Карантин и защита растений. 2001. № 3. С. 29 – 30.
5. Максимов И. В., Абизгильдина Р. Р., Пусенкова Л. И. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов (Обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 4. С. 373 – 385.
6. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.

Информация об авторах:

Тереженко Наталья Николаевна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа, Томск, ternat@mail.ru.

Natalia N. Tereshchenko – Doctor of Biology, Leading Research Associate at Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Кравец Александра Владимировна – старший научный сотрудник Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа, kravets@sibmail.com.

Aleksandra V. Kravets – Senior Research Associate at Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Чиганова Ангелина Игоревна – младший научный сотрудник Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа.

Angelina I. Chiganova – Junior Research Associate at Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Рогальская Нина Борисовна – старший научный сотрудник Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа.

Nina B. Rogalskaya – Senior Research Associate at Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Акимова Елена Евгеньевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа, akimovanell@mail.ru.

Elena E. Akimova – Candidate of Biology, Senior Research Associate at Siberian Research Institute of Agriculture and Peat.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

РЕАКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ АГРОФИТОЦЕНОЗА НА ЦЕНОТИЧЕСКИЙ СТРЕСС

Н. Н. Чуманова, В. В. Гребенникова, И. Г. Кондаурова

THE REACTION OF AGROPHYTOCENOSIS COMPONENTS TO COENOTIC STRESS

N. N. Chumanova, V. V. Grebennikova, I. G. Kondaurova

Выявлены реакции компонентов ячменного агрофитоценоза на ценотический стресс в условиях лесостепи Кемеровской области. Исследования проводились на опытном полигоне кафедры земледелия и растениеводства Кемеровского ГСХИ. Были смоделированы различные ситуации взаимовлияния растений ячменя (сорт Одесский-100, Лука), сорняков и возбудителей корневой гнили за счет плотности культурного компонента: 4,5, 6,5, 8,5 млн всхожих зерен на единицу площади. Гидротермический коэффициент за период вегетации 2012 составил – 1,0, 2011 – 0,7, что оказало влияние на ростовые реакции компонентов и развитие корневых гнилей – *Bipolaris sorokiniana*. Выявлено, что плотность стеблестоя на видовое разнообразие сорной растительности практически не влияет, наблюдается формирование малолетнего типа засоренности с доминированием яровых сорняков (пикульник красивый – *Galeopsis speciosa* Mill, подмаренник цепкий – *Galium aparine* L., марь белая – *Chenopodium album* L.). Плотность посева и этапы онтогенеза влияют на морфологические показатели компонентов (высоту растений, диаметр междоузлий). В фазы кущения и колошения сорняки занимают припочвенный и средние яруса. Более высокой конкурентоспособностью обладает сорт Лука с продуктивностью 640 г/м².

The reaction of barley agrophytocenosis components to coenotic stress in the conditions of forest-steppe in Kemerovo region is determined. The studies were conducted at the experimental test site of the Department of Agriculture and Plant of Kemerovo State Agricultural Institute. The researchers simulated different situations of the mutual influence of barley plants (*Odessa-100* and *Luke* varieties), weeds and root rot pathogens influence due to the density of the cultural component: 4.5, 6.5, 8.5 million germinating grains per area unit. The hydrothermal coefficient (during the growing season of 2012) was 0.99, which had an impact on the growth reaction of the components and the development of root rot – *Bipolaris sorokiniana*. The study revealed that the density of stalks has virtually no effect on the diversity of weeds, a minor type of debris is formed with the dominance of spring weeds (*Galeopsis speciosa* Mill, *Galium aparine* L., *Chenopodium album* L.). Seeding density and stages of ontogeny affect the layering and morphological parameters of the components (plant height, diameter of internodes). At the tillering and earing stages weeds occupy pre-soil and medium tiers. The *Luka* variety has a higher degree of competitiveness with the productivity of 640 g / m².

Ключевые слова: агрофитоценоз, сорный и культурный компоненты, ростовые реакции, линейный рост побега, ярусность, диаметр междоузлий, стресс, продуктивность ценоза, корневые гнили, онтогенез.

Keyword: agrophytocenosis, weed and cultural components, growth reactions, linear growth of the shoot, layering, diameter of the internodes, stress, productivity cenosis, root rot, ontogeny.

Агрофитоценозы в экологии характеризуются определенным флористическим составом, структурой, взаимоотношением компонентов друг с другом и окружающей средой. Агрофитоценозы создаются искусственно и поддерживаются усилиями человека. Они проще по структуре, кратковременны в существовании, чем естественные формации [5].

Сорные растения – естественный компонент агрофитоценоза. Этот компонент может оказаться полезным в силу способности активизировать биохимический оборот с более глубоких слоев почвы, выступать в роли запасников минеральных веществ, формировать полезные связи с почвенной биотой [3]. Сорное сообщество наиболее устойчиво и обладает явлением равновесной биологической массы за счет банка семян и вегетативных зачатков.

Взаимосвязь средообразующих факторов может приводить к изменению темпов роста, площади питания, численности компонента. Взаимоотношения между компонентами ценоза обостряются, когда они сходны по характеру роста и требованиям к условиям окружающей среды [1]. Параметры агрофитоценоза формирует человек, изменяя элементы технологии: системы обработки почвы, подбора культур и сортов, плотности посева [2].

У ячменя отдельные признаки проявляли максимальное варьирование при низкой плотности, другие – при высокой. Исследователь это связывает с тем, что при снижении плотности возрастает вероятность попадания отдельных растений в различные микроклиматические условия, что приводит к увеличению варьирования признаков. Увеличение плотности может приводить к возрастанию варьирования признаков вследствие повышения напряженности конкурентных отношений [6]. А. Ф. Мережко показал влияние популяционной плотности на изменчивость высоты растения [7].

Вопросы о влиянии плотности посева не только на доминирующий компонент агрофитоценоза – культурное растение, но и сорные компоненты, темп их роста, ярусность, численность изучено не достаточно, что и явилось целью наших исследований. Нами были смоделированы различные ситуации взаимоотношений растений ячменя и сорняков.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в 2011 – 2012 гг. на опытном полигоне кафедры земледелия и растениеводства Кемеровского ГСХИ. Почва опытного участка – чернозем оподзоленный; гумус – 8,9 %, содержание подвижного фосфора (P₂O₅) – 109 мг/кг, содержа-

ние калия (K_2O) – 115 мг/кг; pH сол. – 6,5. Содержание структурных агрегатов – 83,2 %. Предшественник – зерновые культуры. Закладка опыта по изучению видового состава и обилию сорняков проводилась мелкоделяночным способом, площадь делянки 1 м^2 , повторность 4-кратная, расположение систематическое. Сроки посева ранние. Погодные условия в годы исследования характеризовались различным гидро-термическим режимом: ГТК (2011) – 1,0; ГТК (2012) – 0,7. Расчет корреляционной зависимости показал, что погодные условия влияют на сорный компонент – коэффициент корреляции от 0,501 до 0,506. Связи сорного компонента по численности к конкретному сорту культурного компонента не установлено, а засоренность агрофитоценоза в большей степени зависит от обеспеченности влагой в период вегетации ($r \pm 0,502$).

Объектами изучения явились:

1) ячменный агрофитоценоз с различной плотностью 4,5; 6,5; 8,5 млн всхожих зерен на га;

2) яровой ячмень (*Hordeum sativum* L.), сорта Одесский 100 и Лука;

3) сеgetальная флора ячменного агрофитоценоза.

В период исследований проводились следующие учеты и наблюдения:

– фенологические наблюдения, анализ зерновой продуктивности и её компонентов, согласно «Методике государственного сортоиспытания полевых культур» (М., 1989);

– учет видового и количественного состава сорняков в гербакритический период ячменя (фаза кущения), ярусность в основные фазы развития, высоту по методике в изложении И. П. Васильева, А. М. Туликова, Г. И. Баздырева [1];

– определение развития корневых гнилей по методики В. А. Чулкиной [11];

– статистическая обработка данных по Доспехову (2011).

Результаты и их обсуждение

Вредоносность сорной растительности в ценозе характеризуется высоким потреблением элементов питания из почвы. Это приводит к угнетению культурных растений и снижению их продуктивности на 25 – 30 % [11]. Известно, что корневая система сорняков выделяет в почву физиологически активные вещества – колины, влияющие на состав почвенной биоты и сдерживающие прорастание семян и рост растений. Биохимическое взаимодействие – аллелопатия – может быть регулятором конкурентных отношений между компонентами агрофитоценоза [13]. Ряд исследователей отмечают стимулирующее влияние на рост длины зародышевых корешков пшеницы, ячменя, овса вытяжек, полученных из мари белой (*Chenopodium album* L.), выюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) [10].

Изучение сорняков в ячменном агрофитоценозе показало, что их сообщество включает 14 видов, принадлежащих 9 семействам. Доля антропохоров и апофитов в сорном компоненте по 50 %.

Обилие сорняков в ценозе сорта Одесский 100 в зависимости от плотности составляет: 4,5 – 6,91 %, 6,5 – 4,35 %, 8,5 – 7,36 % (рис. 1). У сорта Лука обратная зависимость в отношении доли сорняков при плотности посева 8,5 и составляет 4,26 % от общего количества растений на метре квадратном (рис. 2). Таким образом, сорт Лука подтверждает конкурентную способность в отношении биотического фактора.



Рис. 1. Количественное отношение компонентов, сорт Одесский 100

Косвенное взаимодействие между сорными и культурными растениями может выражаться как фитогенным воздействием, так и эдафическим фактором (т. е. взаимодействием растения и почвы). В результате этих изменений меняется отзывчивость компонентов к абиотическим факторам и предрасположенностью к болезням и повреждениям. Реакция компонен-

тов агрофитоценоза на эти факторы не однозначна, что изменяет их конкурентоспособность [3]. Основным звеном в управлении патологическим процессом является устойчивость растений и её повышение корректирующими методами, что обусловлено средообразующей функцией культуры в агрофитоценозе [12].



Рис. 2. Количественное отношение компонентов, сорт Лука

В Западной Сибири наиболее распространенным заболеванием в зерновых ценозах являются корневые гнили. Развитие корневых гнилей связано с перепадом температур и влажности воздуха, которые вызывают частичное отмирание органов растений и активно заселяются патогенами. В условиях провокационного фона таковым выступают ценозы с повышенной плотностью, где развитие корневых гнилей существенно возрастает. Заболеваемость растений ячменя увеличивается от ранних этапов развития (фаза куще-

ния) к созреванию, наиболее поражаемыми органами являются первичные корни и основание стебля. По показателю *распространенность болезни*, отмечена различная реакция сортов и их зависимость от плотности культурного компонента (таблица 1).

К корректирующим мероприятиям по снижению развития и распространенности корневых гнилей на первом месте выступает сорт, в данном случае – Лука, и оптимальная плотность культурного компонента – 4,5 млн всхожих зерен.

Таблица 1

Влияние плотности культурного компонента на развитие и распространенность корневой гнили, %

Плотность ценоза	Развитие болезни, R			Распространенность болезни, P		
	первичные корни	вторичные корни	основание стебля	первичные корни	вторичные корни	основание стебля
<i>Одесский 100</i>						
4,5	11,7	1,0	7,6	72	1,0	22,0
6,5	9,7	0	13,4	79	0	35,0
8,5	12,9	0	8,6	57	0	32,0
<i>Лука</i>						
4,5	14,6	3,0	10,0	47	3,0	37,0
6,5	7,2	0	13,1	79	0	69,0
8,5	18,3	0	16,1	93	0	89,0

Снижение продуктивности агрофитоценоза может быть вызвано и полеганием растений, связанным с чрезмерным увлажнением, избытком азота в почве и плотностью ценоза. Сортоспецифичность при загущении показана в исследованиях Л. Н. Ковригиной, отмечающей изменения в реагировании отдельных фитомеров [4].

Известно, что число укороченных междоузлий может варьироваться под влиянием окружающей среды, в результате чего при измерении соломины в неё могут включаться вытянувшиеся междоузлия базальной зоны. Междоузлия первых четырех листьев входят в базальную зону, последующие – в префлоральную, соцветие – во флоральную. В условиях разреженного ценоза Е. П. Саранчин подтверждает среднюю изменчивость диаметра базального междоузлия [9].

При сравнении морфологических показателей компонентов (высота) наблюдали следующее: при

оптимальном и загущенном посевах сорный компонент склонен удлинять длину растения, особенно в фазу колошения ячменя (таблица 2). По-видимому, это связано с усилением деятельности интеркалярной меристемы междоузлий, в связи с выпадением осадков в этот период. У культурного компонента четкой ответной реакции на загущение не выявлено. Максимальная высота растения у сорта Одесский 100 отмечена в период созревания – 86,7 см, и в этом же агрофитоценозе отмечено обилие сорняков.

Статистическая обработка показала зависимость ростовых процессов компонентов от плотности. На рисунках 3 – ботображены высота растений сорта Одесский 100 и Лука, низкорослых и высокорослых сорняков. Плотность посева и этапы онтогенеза культуры влияют на ярусность сорняков. В фазы кушения и колошения сорняки занимают припочвенный и средние яруса.

Влияние плотности культурного компонента на ростовые показатели

Плотность посева	Высота растений, см	Длина стебля, см	Диаметр 1-го междоузлия, мм	Диаметр 2-го междоузлия, мм	Диаметр последнего междоузлия, мм	Отношение длины стебля к диаметру 2-го междоузлия
<i>Одесский 100</i>						
4,5	69,6	53,6	2,16	2,51	1,66	213
6,5	73,7	60,3	2,20	2,45	1,73	246
8,5	76,9	59,0	2,36	2,56	1,70	230
<i>Лука</i>						
4,5	76,3	60,6	2,56	2,72	1,88	223
6,5	80,1	63,3	2,63	3,08	2,22	206
8,5	85,1	65,9	2,65	2,93	2,21	225

Установлено, что оптимальные ростовые показатели в агрофитоценозе сорта Одесский 100 формируются при плотности посева 6,5. В ценозе сорта Лука зависимости высоты растений культуры и сорняков от плотности посева не выявлено.

На фоне ценотического стресса может быть подтверждена селекционная значимость сорта. За два года исследований сорт Лука характеризовался лучшей конкурентной способностью в отношении вредных объектов.

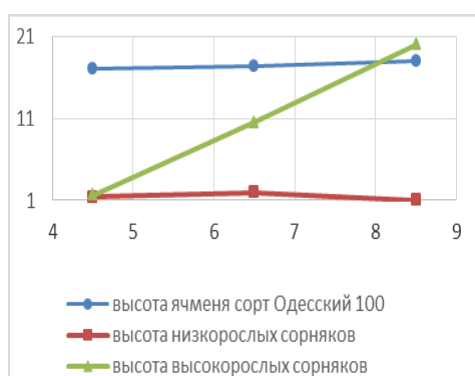


Рис. 3. Ростовые показатели компонентов в фазу кущения

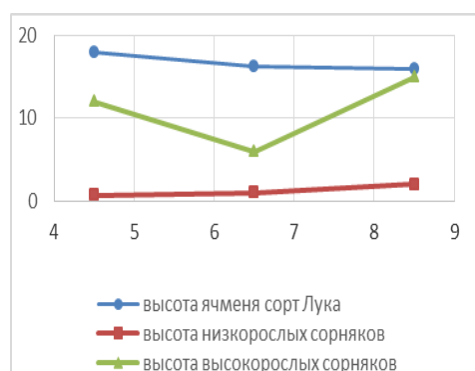


Рис. 4. Ростовые показатели компонентов в фазу созревания

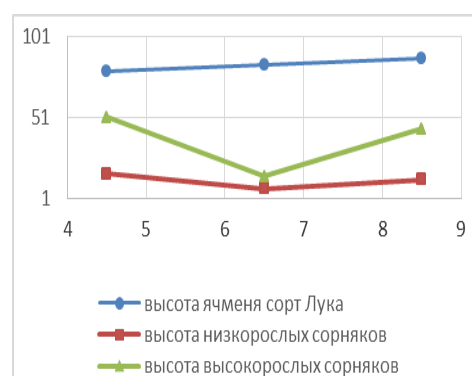


Рис. 5. Ростовые показатели компонентов в фазу кущения

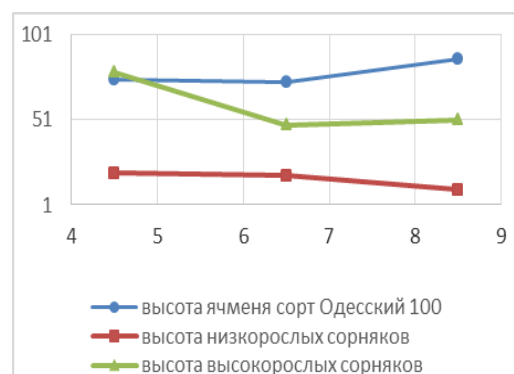


Рис. 6. Ростовые показатели компонентов в фазу созревания

Анализ продуктивности позволил установить, что увеличение плотности посева приводит к снижению продуктивной кустистости и крупности зерна. Четкой корреляции по изменению числа зерен и количества сохранившихся растений на единицу площади в условиях ценотического стресса не выявлено. Максимальную продуктивность оба сорта ячменя формировали при загущенной плотности посева — 6,5 млн всхожих зерен.

Выводы

1. Плотность посева не влияет на видовой состав сорняков. Наблюдается формирование малолетнего типа засоренности.

2. Развитие и распространение корневой гнили зависит от сорта.
3. Выявлена изменчивость морфологических показателей растений ценоза в зависимости от плотности

4. Сорт Лука обладает оптимальным соотношением высоты стебля со стабильностью диаметра. Максимальную продуктивность сорта ячменя формируют при повышенной плотности ценоза.

Литература

1. Васильев И. П., Туликов А. М., Баздырев Г. И., Захаренко А. В. Земледелие: практикум. М.: Инфра-М, 2013. С. 207 – 219.
2. Долотовский И. М. Фитоценотические аспекты формирования количественных признаков растений. М.: Аграрная Россия, 2003. 243 с.
3. Защита растений в устойчивых системах землепользования / под общ. ред. Д. Шпаара. Торжок: Вариант, 2003. Кн. 2. 374 с.
4. Ковригина Л. Н. Сортоспецифичность ростовых реакций ячменя на условия ценотического стресса // Селекция, семеноводство и технология с.-х. культур. Кемерово, 2001. Вып. 1. С. 43 – 48.
5. Красноперова Е. М. Экология сорных растений зерновых агрофитоценозах Приобской лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2006. 24 с.
6. Макаревич В. Н. Изучение внутрисортных и межсортных взаимоотношений ячменей в зависимости от способа посева // Тр. Ботан. Ин-та им. Комарова. 1960. Сер. 3. Вып. 12. С. 181 – 185.
7. Мережко А. Ф. Проблема доноров в селекции растений. СПб.: ВИР, 1994. 128 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. Ч. 2. 194 с.
9. Саранчин Е. П. Морфологические особенности побега, характер изменчивости и наследования признаков у короткостебельных сортов ячменя в связи с устойчивостью к полеганию: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 21 с.
10. Турсумбекова Г. Ш. Эколого-биологический анализ сегетальной флоры агрофитоценозов зерновых культур в условиях Северного Зауралья и Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2009. № 10. С. 14 – 16.
11. Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Чулкин Ю. И., Стецов Г. Я. Агротехнический метод защиты растений. М.: Маркетинг; Новосибирск: ЮКЭА, 2000. 336 с.
12. Шутко А. П., Гаврилов А. А., Передериева В. М. Управление патологическим процессом корневых гнилей озимой пшеницы на Ставрополье // Вестник АПК Ставрополья. 2011. № 3(3). С. 18 – 22.
13. Shaji Md. T. I., Pedersen H. A., Mortensen A. G., Kudsk P., Fomsgaard I. S. J. Phytotoxic effect, uptake, and transformation of biochanin a in selected weed species // Arg. and Food Chem. 2012. 60. № 43. С. 10715 – 10722.

Информация об авторах:

Чуманова Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой земледелия и растениеводства Кемеровского ГСХИ, agriculture@ksai.ru.

Natalia N. Chumanova – Candidate of Agricultural Science, Head of the Department of Agriculture and Plants, Kemerovo State Agricultural Institute.

Гребенникова Валентина Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии Кемеровского ГСХИ, richardfm@mail.ru.

Valentina V. Grebennikova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Botany and Ecology, Kemerovo State Agricultural Institute.

Кондаурова Ирина Геннадьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры общенаучных дисциплин Кемеровского ГСХИ, kondirina08@mail.ru.

Irina G. Kondaurova – Candidate of Pedagogics; Assistant Professor at the Department of Scientific Disciplines, Kemerovo State Agricultural Institute.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

МАТЕМАТИКА

УДК 519.6+004.942

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОДНОТИПНОЙ ПОПУЛЯЦИИ
В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

А. А. Бутлов, А. Г. Егоров

THE MODEL OF ONE-TYPE POPULATION DYNAMICS IN SPACE AND TIME

A. A. Butov, A. G. Egorov

В статье рассматривается математическая модель роста однотипной популяции, развивающейся из исходной популяции во времени и двумерном пространстве. Например, это может быть популяция однополюх бактерий, развивающаяся на плоскости. В качестве области распространения бактерий выбран прямоугольник, поделенный на несколько одинаковых прямоугольников. Для каждой прямоугольной области подсчитывается точное значение количества бактерий, находящихся внутри нее. Время в данной модели является непрерывным. Модель учитывает рождение бактерий и перемещение между соседними областями. Интенсивности перемещений называются случайной средой. В общем случае случайная среда предполагается неоднородной: интенсивность перехода бактерии зависит от текущего положения и выбранного направления. На основе этой модели ставится и решается задача прогнозирования развития бактерий во времени, а также оценивания числа бактерий в ненаблюдаемых областях в момент наблюдения. Для этого был найден аналитический вид условного математического ожидания числа бактерий в каждой области. В конце статьи приводятся результаты работы компьютерной программы, решающей поставленные задачи.

The paper considers the mathematical model of one-type population growth, evolving in time and two-dimensional space, e. g. a population of agamogenetic bacterias on a plane. The area where bacterias grow is a rectangle, which is further divided into several identical rectangles. For each rectangular area the precise value of bacterias number is known. Time in this model is continuous. The model includes birth and moving between adjacent areas. The intensities of the movements are called random environment. In general, the random environment is assumed as inhomogeneous: the intensity of the bacterias' movements depends on the current position and the chosen direction. Based on this model the authors formulated and solved the problem of predicting the growth of bacterias in time and estimating the number of bacterias in unobserved areas based on the known values in several observed areas in the moment of observation. To solve this problem the analytic form of the conditional mathematical expectation of the number of bacterias in each area was found. The paper is concluded with the results of a computer program solving these problems.

Ключевые слова: случайное блуждание, процессы размножения и гибели, семимартингалы.

Keywords: random walk, birth and death processes, semimartingale.

Пусть область распространения бактерий Λ имеет форму прямоугольника. Разобьем ее на одинаковые прямоугольные области $S^{i,j}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$, L и M – натуральные числа, таким образом $\Lambda = \{S^{i,j}\}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$. В каждой области $S^{i,j}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$ может находиться неотрицательное целое число бактерий.

Все случайные процессы, встречающиеся в данной статье, заданы на стохастическом базисе $(\Omega, F, \mathbf{F} = (F_t)_{t \geq 0}, P)$ с обычными условиями Делашери (основные определения и термины для описания семимартингалов см. в [4]). Обозначим $N_t^{i,j}$ – случайный процесс, считающий количество бактерий, находящихся в момент времени t внутри области $S^{i,j}$, а $N_t = \{N_t^{i,j} : 1 \leq i \leq L, 1 \leq j \leq M\}$. Каждая бактерия из области $S^{i,j}$ ($S^{i,j} \in \Lambda$) за время

$h \rightarrow 0, h > 0$ может с вероятностью $\rho \cdot h + o(h)$

($\rho \geq 0$) поделиться на две. Обозначим $B_t^{i,j}$ – случайный процесс, считающий количество появившихся бактерий в результате деления (“рождений”) внутри области $S^{i,j}$. Количество делений прямо пропорционально количеству бактерий в области $S^{i,j}$ в момент времени t , поэтому компенсатор процесса $B_t^{i,j}$ равен:

$$\tilde{B}_t^{i,j} = \int_0^t \rho \cdot N_s^{i,j} ds. \quad (1)$$

За то же время h бактерия может уйти из области $S^{i,j}$ с вероятностью $\delta^{i,j} \cdot h + o(h)$. Обозначим $D_t^{i,j}$ и $A_t^{i,j}$ – случайные процессы, считающие количество уходов из области $S^{i,j}$ и переходов в область $S^{i,j}$ из соседних областей соответственно. Количество

уходов из области $S^{i,j}$ прямо пропорционально количеству бактерий в области $S^{i,j}$, поэтому компенсатор процесса $D_t^{i,j}$ записывается следующим образом:

$$\tilde{D}_t^{i,j} = \int_0^t \delta^{i,j} \cdot N_s^{i,j} ds, \quad (2)$$

где $\delta^{i,j}$ – интенсивность ухода бактерии из области $S^{i,j}$ ($S^{i,j} \in \Lambda$).

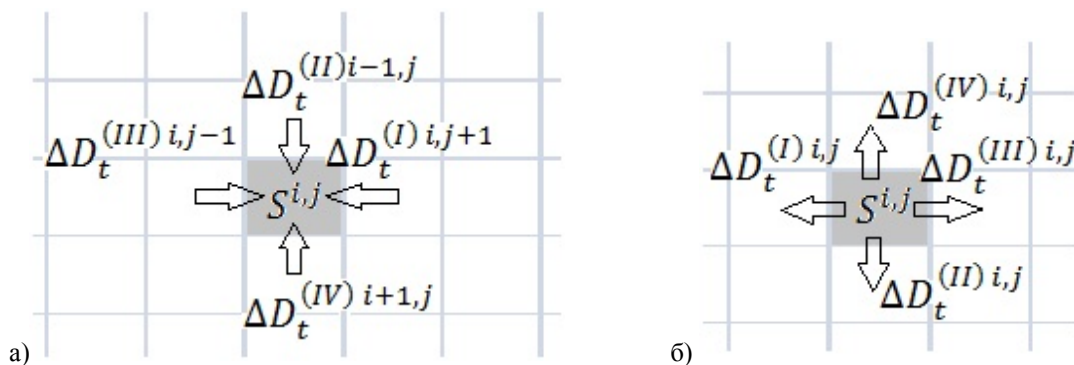


Рис. 1. Переходы бактерий из области $S^{i,j}$ и в область $S^{i,j}$ из соседних областей

Обозначим $\Delta D_t^{(I)i,j}$ – количество бактерий за время $[t-h; t]$, $h \rightarrow 0$, $h > 0$, $t > 0$ перешедших из области $S^{i,j}$ в область $S^{i,j-1}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 < j \leq M$; $\Delta D_t^{(II)i,j}$ – из области $S^{i,j}$ в область $S^{i+1,j}$, $1 \leq i < L$ и $1 \leq j \leq M$; $\Delta D_t^{(III)i,j}$ – из области $S^{i,j}$ в область $S^{i,j+1}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j < M$ и $\Delta D_t^{(IV)i,j}$ – из области $S^{i,j}$ в область $S^{i-1,j}$, $1 \leq i < L$ и $1 \leq j \leq M$, см. рис. 1 (а, б). Пусть на интервале времени от 0 до t бактерии не умирают, тогда выполняется соотношение:

$$\Delta D_t^{i,j} = \Delta D_t^{(I)i,j} + \Delta D_t^{(II)i,j} + \Delta D_t^{(III)i,j} + \Delta D_t^{(IV)i,j}. \quad (3)$$

Предполагается, что бактерия может перейти только в одну область, поэтому выполняется равенство (4):

$$\sum_{\substack{l,s=I, \\ l \neq s}}^{IV} \Delta D_t^{(s)i,j} \cdot \Delta D_t^{(l)i,j} = 0 \quad \text{Р-п. н.} \quad (4)$$

Вероятности переходов равны:

$$\begin{cases} P(\Delta D_t^{(I)i,j}=1|F_{t-h}) = \alpha^{i,j} \cdot N_{t-h}^{i,j} \cdot h + o(h); \\ P(\Delta D_t^{(II)i,j}=1|F_{t-h}) = \beta^{i,j} \cdot N_{t-h}^{i,j} \cdot h + o(h); \\ P(\Delta D_t^{(III)i,j}=1|F_{t-h}) = \kappa^{i,j} \cdot N_{t-h}^{i,j} \cdot h + o(h); \\ P(\Delta D_t^{(IV)i,j}=1|F_{t-h}) = \varepsilon^{i,j} \cdot N_{t-h}^{i,j} \cdot h + o(h); \\ \alpha^{i,j} + \beta^{i,j} + \kappa^{i,j} + \varepsilon^{i,j} = \delta^{i,j} \end{cases} \quad (5)$$

где $h \rightarrow 0$, $h > 0$.

Совокупность случайных величин

$\mathcal{E} = \{(\alpha^{i,j}, \beta^{i,j}, \kappa^{i,j}, \varepsilon^{i,j}), \forall S^{i,j} \in \Lambda\}$ называется случайной средой [1].

С учетом (5) процесс $A_t^{i,j}$ равен:

$$A_t^{i,j} = \lim_{h \rightarrow 0} \int_h^t \left(\Delta D_s^{i,j-1} + \Delta D_s^{i+1,j} + \Delta D_s^{i,j+1} + \Delta D_s^{i-1,j} \right). \quad (6)$$

Объединяя формулы (1) – (3), (6) количество бактерий в области $S^{i,j}$ ($1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$) в момент времени t , равно:

$$N_t^{i,j} = N_0^{i,j} + B_t^{i,j} + A_t^{i,j} - D_t^{i,j}, \quad (7)$$

где $N_0^{i,j}$ – начальное количество бактерий в области $S^{i,j}$ ($1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$).

Предположим, что процесс N_t $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$ является частично-наблюдаемым: в случайные моменты времени τ_k , $k > 0$ скачков пуассоновского процесса π_t с интенсивностью $\lambda > 0$ наблюдаются значения случайного процесса N_t в нескольких произвольных областях $S^{i,j} \in U_k$, $U_k \subset \Lambda$. Обозначим Q_t – процесс наблюдения за процессом N_t . Процесс $Q_t^{i,j}$ определяется уравнением:

$$dQ_t^{i,j} = (N_t^{i,j} - Q_t^{i,j}) \cdot I(S^{i,j} \in U_{\pi_t}) \cdot d\pi_t,$$

где $I(S^{i,j} \in U_{\pi_t})$ – индикаторная функция, равная единице, если условие в скобках выполняется, и нулю – иначе; $U_{\pi_t} = U_k$ при $\pi_t = k$.

Пусть известно распределение бактерий во всей области Λ в начальный момент времени, а также параметры случайной среды $\mathcal{E}$ и интенсивности рождения ρ . Требуется по наблюдениям Q_t предсказать

рост бактерий во времени, а также в моменты наблюдений оценить число бактерий в произвольной области $S^{i,j} \in \Lambda \setminus U_k$.

Пусть $\mathcal{F}_t^{Q,\pi}$ – σ -алгебра, порожденная процессами Q_t и π_t . Тогда оптимальной в среднеквадратическом смысле оценкой прогноза развития бактерий является $E(N_t | \mathcal{F}_t^{Q,\pi})$ при t $0 < t < \tau_1$ [1], где τ_1 – момент первого наблюдения. Сформулируем и докажем следующую вспомогательную лемму.

Лемма. Условное математическое ожидание числа бактерий в момент времени t , $0 < t < \tau_1$ в области $\Lambda = \{S^{i,j}\}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$ при условии $\mathcal{F}_t^{Q,\pi}$ определяются системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} E(N_t^{i,j} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) = & \\ = & (\rho - \delta^{i,j}) \cdot E(N_t^{i,j} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) + \\ & + \alpha^{i,j+1} \cdot E(N_t^{i,j+1} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) + \\ & + \beta^{i-1,j} \cdot E(N_t^{i-1,j} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) + \\ & + \kappa^{i,j-1} \cdot E(N_t^{i,j-1} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) + \\ & + \varepsilon^{i+1,j} \cdot E(N_t^{i+1,j} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) \end{aligned} \quad (8)$$

при известных начальных значениях $N_0^{i,j}$. Слагаемые в формуле (8) с индексами: 0, $L+1$ и $M+1$ равны 0.

Доказательство. Из уравнений (1), (2), (6) и (7) следует, что условное математическое ожидание процесса $N_t^{i,j}$, считающего количество бактерий в области $S^{i,j}$ ($1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$) при условии $\mathcal{F}_t^{Q,\pi}$ равно:

$$\begin{aligned} E(N_t^{i,j} | \mathcal{F}_t^{Q,\pi}) = & N_0^{i,j} + E\left(\int_0^t \rho \cdot N_s^{i,j} ds | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}\right) + \\ & + E\left(\int_0^t (\Delta D_s^{i,j-1} + \Delta D_s^{i+1,j} + \Delta D_s^{i,j+1} + \Delta D_s^{i-1,j}) | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}\right) - \\ & - E\left(\int_0^t \delta^{i,j} \cdot N_s^{i,j} ds | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}\right) = \\ = & N_0^{i,j} + \rho \cdot \int_0^t E(N_s^{i,j} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds + \\ & + \alpha^{i,j+1} \cdot E(N_s^{i,j+1} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \beta^{i-1,j} \cdot \int_0^t E(N_s^{i-1,j} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds + \\ & + \kappa^{i,j-1} \cdot \int_0^t E(N_s^{i,j-1} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds + \\ & + \varepsilon^{i+1,j} \cdot \int_0^t E(N_s^{i+1,j} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds - \\ & - \delta^{i,j} \cdot \int_0^t E(N_s^{i,j} | \mathcal{F}_s^{Q,\pi}) ds, \end{aligned} \quad (9)$$

где $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$; слагаемые с индексами: 0, $L+1$ и $M+1$ равны нулю. Система (9) может быть записана в дифференциальном виде, см. формулу (8).

Получена система $L \times M$ однородных линейных дифференциальных уравнений (8) с $L \times M$ неизвестными и начальными значениями $N_0^{i,j}$. Решение таких систем подробно изложено в работе [5] и здесь не приводится.

Пусть теперь t^* – произвольный момент времени. Обозначим $\tau = \tau_k$, $k = \max\{i: \tau_i < t^*\}$ и рассмотрим процесс N_t , начиная с момента времени τ , сместив начало временной оси в момент τ последнего скачка, предшествующего t^* . Тогда t будет означать время, прошедшее с момента τ . Справедлива следующая теорема.

Теорема. Условное математическое ожидание числа бактерий в момент времени $t^* = \tau + t$ в области $\Lambda = \{S^{i,j}\}$, $1 \leq i \leq L$ и $1 \leq j \leq M$ при условии $\mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}$ определяются системой дифференциальных уравнений (10):

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} E(N_{\tau+t}^{i,j} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) = & \\ = & (\rho - \delta^{i,j}) \cdot E(N_{\tau+t}^{i,j} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) + \\ & + \alpha^{i,j+1} \cdot E(N_{\tau+t}^{i,j+1} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) + \\ & + \beta^{i-1,j} \cdot E(N_{\tau+t}^{i-1,j} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) + \\ & + \kappa^{i,j-1} \cdot E(N_{\tau+t}^{i,j-1} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) + \\ & + \varepsilon^{i+1,j} \cdot E(N_{\tau+t}^{i+1,j} | \mathcal{F}_{\tau+t}^{Q,\pi}) \end{aligned} \quad (10)$$

при известных значениях $N_\tau^{i,j}$. Слагаемые в формуле (10) с индексами: 0, $L+1$ и $M+1$ равны нулю.

Доказательство. Доказательство очевидным образом следует из леммы 3.1, а также из того, что процесс N_t является однородным и марковским.

Таким образом, система (10) позволяет прогнозировать развитие бактерий в любой момент времени $t > 0$ при известных значениях количества бактерий во всей области в момент последнего наблюдения.

Для удобства дальнейших рассуждений удобно перейти от двойного индекса (i, j) в нумерации областей к одинарному k . Перенумеруем все области Λ следующим образом:

$$S^{i,j} \rightarrow S^k = S^{(i-1) \cdot M + j}, \quad \forall S^{i,j} \in \Lambda, \quad (11)$$

где M – количество областей, расположенных в одном ряду прямоугольной области. Оптимальной в среднеквадратическом смысле оценкой числа бактерий в ненаблюдаемых областях $S^i \in \Lambda \setminus U$ в момент наблюдения τ_k , $k > 0$ является $E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})$ [4].

Однако в виду большой размерности получить эту оценку авторам не удалось. Не удастся также получить численную оценку, построенную по нескольким траекториям, так как для этого требуется иметь большое количество траекторий процесса N_t таких, что в момент времени τ_k количество бактерий в наблюдаемых областях $S^i \in U$ совпали. В данной работе представлены два наиболее простых метода оценивания:

– условное математическое ожидание $E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})$;

– линейная модель:

$$\begin{aligned} \hat{N}_{\tau_k}^i - E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) &= \\ &= \sum_{j: S^j \in U} a_j(\tau_k) \cdot (Q_{\tau_k}^j - E(Q_{\tau_k}^j | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})), \end{aligned} \quad (12)$$

где $a_j(\tau_k) \in \Lambda$ – коэффициенты, определяемые при каждом наблюдении.

Рассмотрим линейную модель. Требуется построить такую оценку, чтобы:

$$\begin{aligned} E(N_{\tau_k}^i - \hat{N}_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})^2 &\rightarrow \min_{a(\tau_k)}, \\ E \left(N_{\tau_k}^i - E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) - \right. & \\ \left. - a(\tau_k)^T \cdot (Q_{\tau_k} - E(Q_{\tau_k} | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})) | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi} \right)^2 &\rightarrow \min_{a(\tau_k)}, \\ E \left(N_{\tau_k}^i - E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) - \right. & \\ \left. - a^T(\tau_k) \cdot (Q_{\tau_k} - E(Q_{\tau_k} | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})) | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi} \right)^2 &= \\ &= a(\tau_k)^T \cdot R(\tau_k) \cdot a(\tau_k) - 2 \cdot a(\tau_k)^T \cdot r(\tau_k) + \\ &+ E(N_{\tau_k}^i - E(N_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})^2. \end{aligned}$$

Приравняв к нулю градиент по a этой функции, получим систему уравнений:

$$\begin{aligned} a(\tau_k)^T \cdot R(\tau_k) - r(\tau_k) &= 0 \\ a_{\text{opt}}(\tau_k) &= R(\tau_k)^{-1} \cdot r(\tau_k), \end{aligned} \quad (13)$$

где $a_{\text{opt}}(\tau_k)$ – вектор оптимальных значений коэффициентов $a_i(\tau_k)$, $1 \leq i \leq |U|$; $R(\tau_k)$ – условная

ковариационная матрица размера $|U| \times |U|$ с элементами:

$$R_{i,j}(\tau_k) = \text{cov} \left(Q_{\tau_k}^i - E(Q_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}), Q_{\tau_k}^j - E(Q_{\tau_k}^j | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi} \right);$$

$r(\tau_k)$ – вектор-столбец размера $|U|$ с элементами:

$$\text{cov} \left(N_{\tau_k}^l - E(N_{\tau_k}^l | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}), Q_{\tau_k}^i - E(Q_{\tau_k}^i | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi} \right), \quad 1 \leq i \leq |U|,$$

$S^l \in \Lambda$. Полученное решение называют системой простого кригинга [4].

Таким образом, для использования линейной модели необходимо знать условную ковариацию двух произвольных областей. Аналитически оценить значения условной ковариации для двух произвольных полей автору не удалось, поэтому в работе используется ее эмпирическая оценка. По известным значениям распределения бактерий в предыдущий момент наблюдений $N_{\tau_{k-1}}^i$, $S^i \in \Lambda$, параметрам случайной среды $\mathcal{E}$ и интенсивности рождений ρ строится имитационная модель на отрезке от τ_{k-1} до τ_k ($k > 0$): запускается K случайных траекторий процесса N_{τ_k} , по которым оценивается эмпирическая оценка условной ковариации двух произвольных полей $\forall S^i, S^j \in \Lambda$ по формуле (14):

$$\begin{aligned} \text{cov}(N_{\tau_k}^i, N_{\tau_k}^j | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}) &= \\ &= \frac{1}{K} \cdot \sum_{l=1}^K (N_{\tau_k}^{i,l} - E(N_{\tau_k}^{i,l} | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})) \cdot \\ &\cdot (N_{\tau_k}^{j,l} - E(N_{\tau_k}^{j,l} | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})), \end{aligned} \quad (14)$$

где l – номер случайной траектории. Поскольку $E(N_{\tau_k}^{j,l} | \mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi})$ неизвестно, а численно оценить это значение не представляется возможным в виду большой размерности, вместо условия $\mathcal{F}_{\tau_k}^{Q,\pi}$ в дальнейшем используется условие $\mathcal{F}_{\tau_{k-1}}^{Q,\pi}$.

Полученные оценки ковариации подставляются в формулу (13) и по методу кригинга (12) оценивается число бактерий в неизвестных областях. Эмпирическая условная ковариационная матрица процесса N_t оценивалась на основе 1000 реализаций случайного процесса N_t из заданного начального состояния N_0 , с заданными коэффициентами случайной среды $\mathcal{E}$ и интенсивности рождения ρ .

Было построено несколько эмпирических условных корреляционных и ковариационных матриц из разных начальных состояний и для разных значений случайной среды $\mathcal{E}$. Типичные графики этих матриц

приведены на рис. 2. Максимальный не диагональный элемент эмпирической условной корреляционной матрицы приближенно равен 0.431. С ростом количества процессов, по которым строится матрица, значения вне диагонали уменьшаются, выходя на стационарный уровень. На рис. 3 приведен график изменения максимального недиагонального элемента m матрицы в зависимости от количества процессов:

$$A = \text{corr}(N_t, N_t | F_t)^k - I$$

$$m = \sup_{ij, \forall S^{i,j} \in \Lambda} (a_{ij}), \quad (15)$$

где $\text{corr}(N_t, N_t | F_t)^k$ – экспериментальная условная корреляционная матрица, построенная по k слу-

чайным траекториям; N_t – вектор размера $L \cdot M$; I – единичная матрица; a_{ij} – компоненты матрицы A .

На графике видно, что при $k = 1000$ процессов значение m выходит на стационарный уровень. Поэтому 1000 траекторий достаточно для построения эмпирической условной ковариационной матрицы.

Условное математическое ожидание $E(N_t | F_t)$ было рассчитано численно на языке программирования *Python 3.0* при помощи компоненты *integrate.odeint* библиотеки *scipy v0.14.0* для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. На рис. 4, 5 и 6 представлены примеры решения задачи линейной моделью.

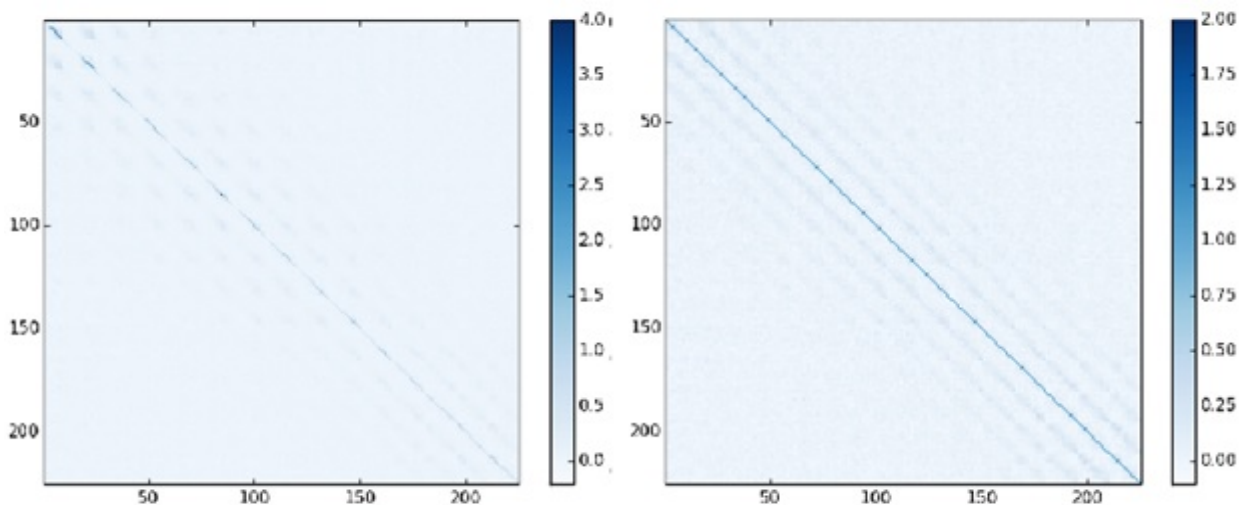


Рис. 2. Эмпирические условные ковариационная (слева) и корреляционная (справа) матрицы для процесса N_t , представленного на рис. 6. Матрицы построены по 1000 случайным траекториям, при $t = 10$

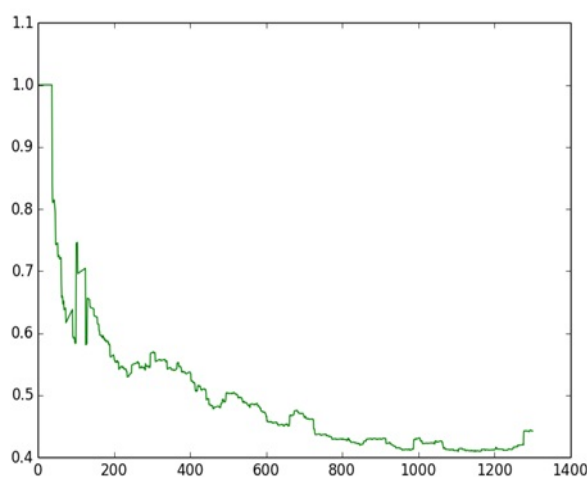


Рис. 3. Изменение максимального недиагонального элемента m (см. формулу (15)) экспериментальной условной корреляционной матрицы с ростом количества траекторий для процесса N_t , представленного на рис. 6. По оси абсцисс – количество траекторий; по ординат – значение m

На рис. 4, 5 и 6 представлены оценки, полученные линейной моделью. Если сравнить средний квадрат ошибки между реальными значениями и их оценкой, построенной линейной моделью, со средним квадратом ошибки между реальными значениями и условным математическим ожиданием $E(N_t | F_{t-})$, то полученные значения очень близки: в зависимости от множества наблюдаемых полей U значения условного математического ожидания могут давать меньшую или большую ошибку. Это означает, что в качестве наилучшей оценки можно выбрать оценку условного математического ожидания как наиболее простую.

Модель, приведенная в данной главе схожа с моделью, описанной в терминах марковских случайных процессов в работах [3; 7]. Данная модель отличается от нее семимартингалным представлением, на основании которого становится возможным построение имитационной компьютерной модели [2]. Задач предсказания развития бактерий, а также оценивания числа бактерий в произвольной области по имеющимся наблюдениям в литературе найдено не было.

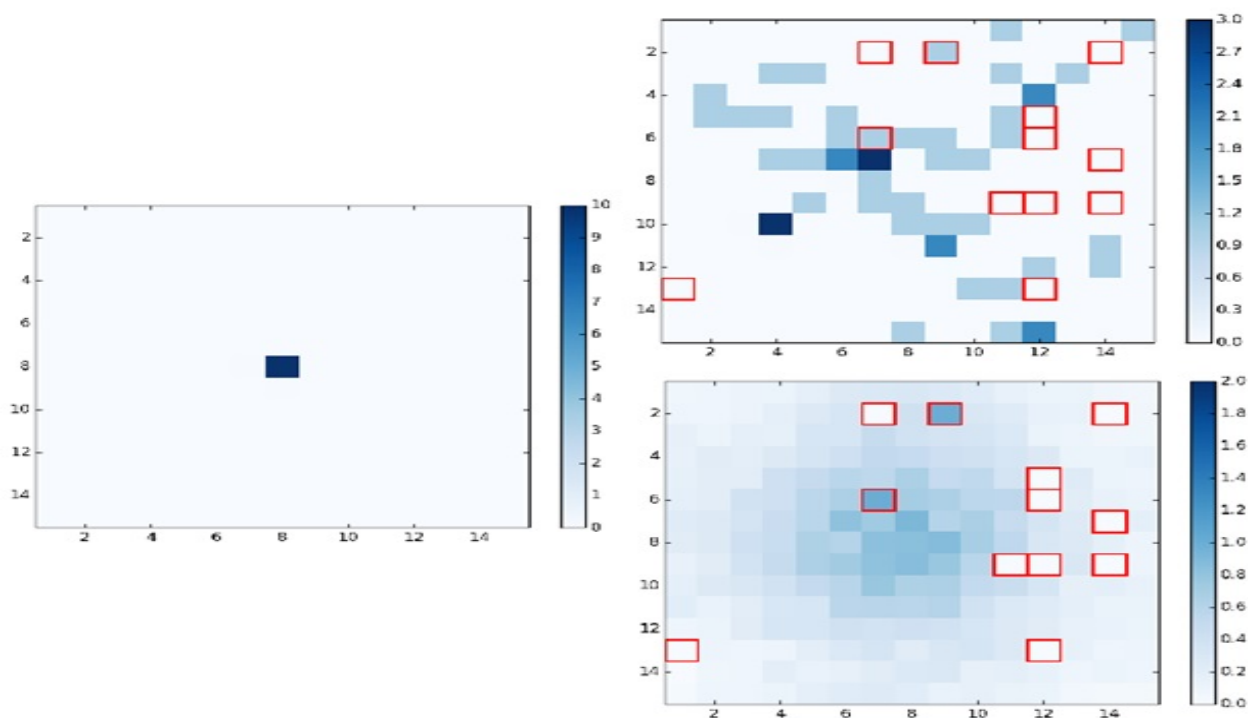


Рис. 4. Слева: начальное размещение числа бактерий по области Λ ; справа сверху: распределение бактерий в момент времени $t = 10$ (на графике наблюдаемые значения выделены красным); справа снизу: оценка числа бактерий области Λ , полученная линейным методом по наблюдаемым значениям; область Λ закрыта; случайная среда однородная ($\lambda \approx 0.691$); $\rho = 0.2$

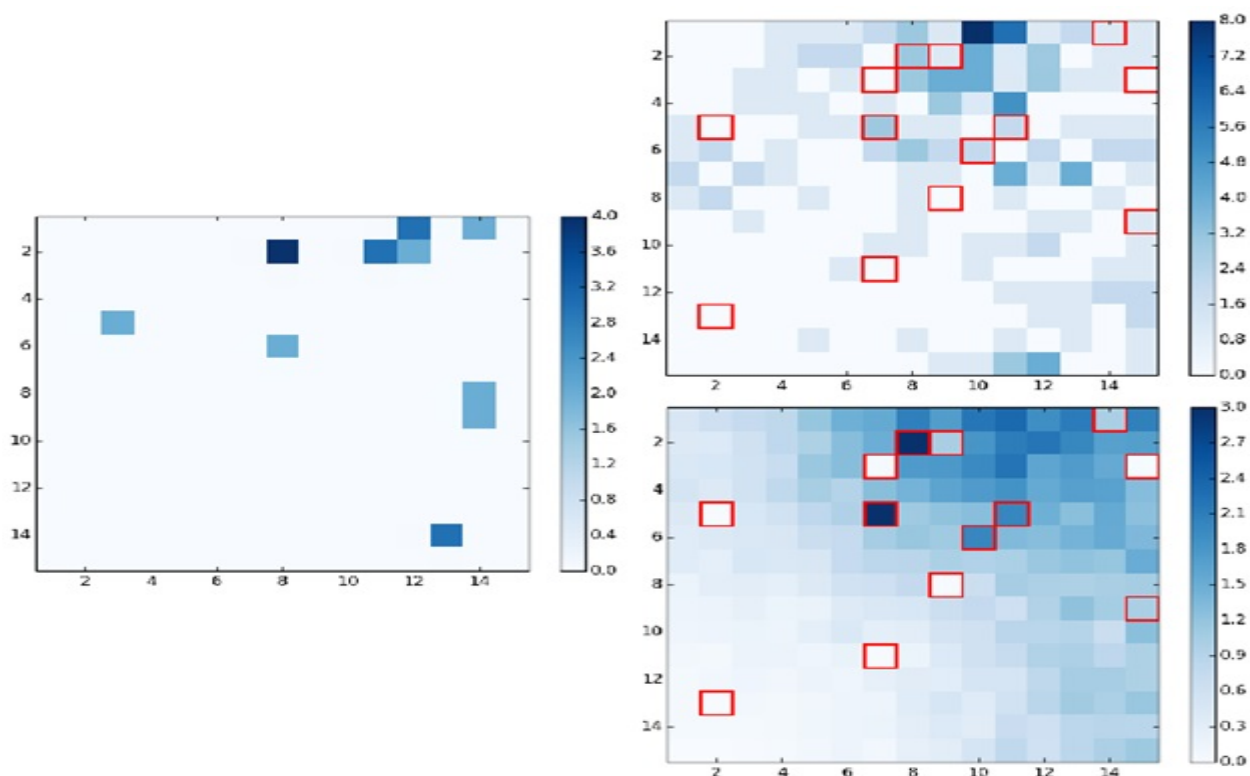


Рис. 5. Слева: начальное размещение числа бактерий по области Λ ; справа сверху: распределение бактерий в момент времени $t = 10$ (на графике наблюдаемые значения выделены красным); справа снизу: оценка числа бактерий области Λ , полученная линейным методом по наблюдаемым значениям; левая граница области Λ открыта; случайная среда однородная ($\lambda \approx 0.691$); $\rho = 0.2$

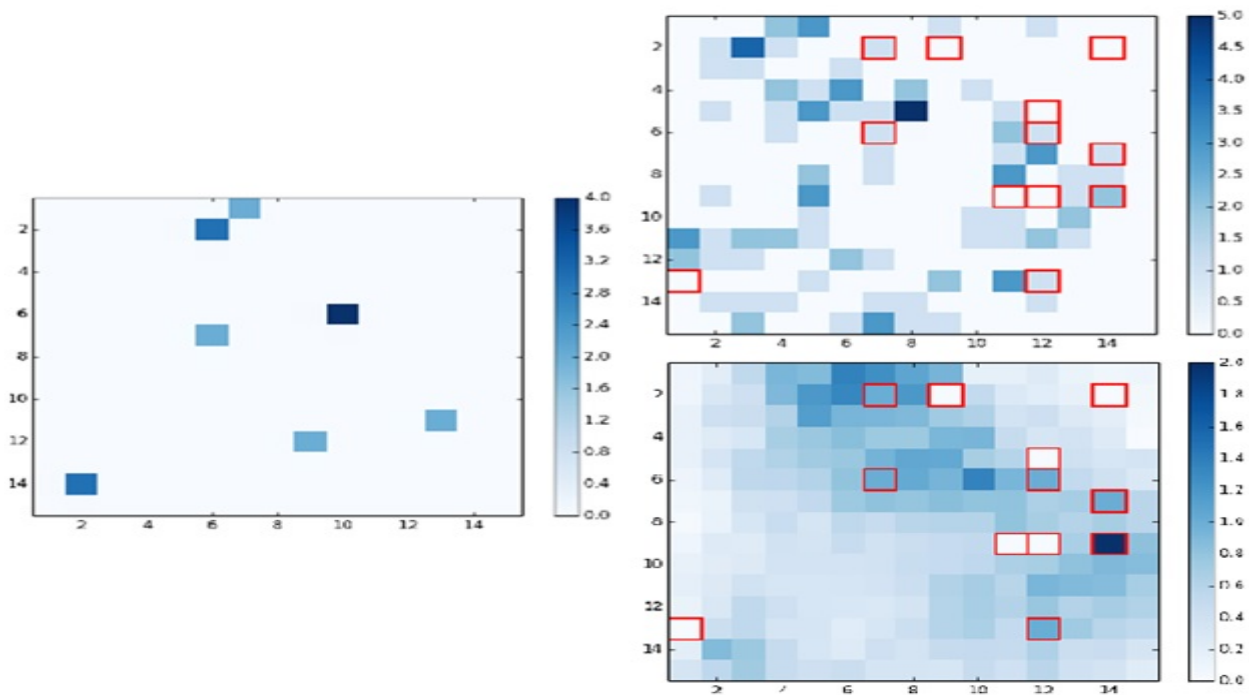


Рис. 6. Слева: начальное размещение числа бактерий по области Λ ; справа сверху: распределение бактерий в момент времени $t = 10$ (на графике наблюдаемые значения выделены красным); справа снизу: оценка числа бактерий области Λ , полученная линейным методом по наблюдаемым значениям. Левая граница области Λ открыта; случайная среда симметричная: $\alpha^{i,j} = \kappa^{i,j-1} = \lambda^j$ при $1 < j \leq M$ и $\beta^{i,j} = \varepsilon^{i+1,j} = \mu^i$ при $1 \leq i < L$. Коэффициенты $\{\lambda^j, \mu^i\}$ сгенерированы из равномерного распределения на отрезке $[0;1]$; $\rho = 0.2$

Литература

1. Бутов А. А. Мартингалные методы изучения случайных блужданий в одномерной случайной среде // Теория вероятностей и ее применения. 1994. 39:4. С. 681 – 698.
2. Бутов А. А., Раводин К. О. Теория случайных процессов: учебно-методическое пособие. Ульяновск: УлГУ, 2009. 62 с.
3. Калинин А. В., Мاستихин А. В. Интегральное представление переходных вероятностей марковского процесса эпидемии Вейса и предельная теорема // Международная конференция "Теория вероятностей и ее приложения", посвященная столетию со дня рождения Б. В. Гнеденко: тезисы докладов. Москва, 26 – 30 июня 2012 г. М.: Изд-во URSS, 2012. С. 45 – 46.
4. Липцер Р. Ш., Ширяев А. Н. Статистика случайных процессов (нелинейная фильтрация и смежные вопросы). М.: Наука, 1974. 696 с.
5. Понтрягин Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. 4 изд. М.: Наука, 1974. 331 с.
6. Савельев А. А., Мухарамова С. С., Пилюгин А. Г., Чижилова Н. А. Геоэкономический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): учебное пособие. Казань: Казанский университет, 2012. 120 с.
7. Яровая Е. Б. Модели ветвящихся блужданий и их применение в теории надежности // Автоматика и телемеханика. 2010. № 7. С. 29 – 46.

Информация об авторах:

Бутов Александр Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Ульяновского государственного университета, pm@ulsu.ru.

Alexander A. Butov – Doctor of Physics and Mathematics, Full Professor, Head of the Department of Applied Mathematics, Ulyanovsk State University.

Егоров Александр Геннадьевич – аспирант кафедры прикладной математики Ульяновского государственного университета, al.g.egorov@gmail.com.

Alexander G. Egorov – post-graduate student at the Department of Applied Mathematics, Ulyanovsk State University. (Научный руководитель – А. А. Бутов). (Academic advisor – A. A. Butov).

Статья поступила в редколлегию 26.03.2015 г.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПЛОТНОСТЬЮ И ВЯЗКОСТЬЮ В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ОТВОДА ДИФфуЗИОННОГО СЛОЯ

Н. М. Вьюнник, Ю. Н. Захаров, А. А. Кириченко, Б. А. Лобасенко, В. В. Рагулин

DEVELOPING THE MODEL OF THE MOTION OF A FLUID WITH VARIABLE DENSITY AND VISCOSITY IN THE DEVICE FOR DIVERSION OF DIFFUSION LAYER

N. M. Vyunnik, Yu. N. Zakharov, A. A. Kirichenko, B. A. Lobasenko, V. V. Ragulin

Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания № 1.630.2014/К.

Предметом исследования является процесс отведения плотных слоев жидкости в устройстве для отвода диффузионного слоя. В статье предлагается математическая модель для описания движения несжимаемой жидкости с переменной вязкостью и плотностью. Предлагаемая модель из-за особенностей расчетной области рассматривается в цилиндрической системе координат. Также приводятся результаты расчетов, проведенных с использованием описанной модели при постоянных значениях вязкости и плотности. Предполагается дальнейшее использование полученной модели для исследования процесса отвода диффузионного слоя при концентрации молока с помощью мембранных фильтров.

The research focuses on the process of exhausting the dense layers of fluid in a device for draining the diffusion layer. The paper studies the mathematical model for describing the motion of an incompressible fluid with variable viscosity and density. The proposed model is considered in a cylindrical coordinate system because of the characteristics of the computational domain. Also, the results of calculations are performed using the described model with constant viscosity and density. The resulting model can further be used for studying the process of removing the diffusion layer at concentrating milk using membrane filters.

Ключевые слова: мембранное концентрирование, неоднородная жидкость, переменная плотность, переменная вязкость, цилиндрическая система координат, математическая модель.

Keywords: membrane concentration, heterogeneous fluid, variable density, variable viscosity, cylindrical coordinate system, mathematical model.

Введение

Математическое моделирование движения жидкости имеет большое значение в развитии различных областей науки и промышленности.

Одной из областей, нуждающихся в математическом моделировании, являются различные технические системы, используемые в пищевой промышленности. При этом важная роль отводится глубокой переработке пищевого сырья. Часто для этого производят разделение сырья на различные компоненты для последующего синтеза на их основе разнообразных пищевых продуктов. Для этих целей целесообразно использовать мембранные технологии, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами разделения. Однако при фильтрации на мембране образуется диффузионный пограничный слой с повышенной концентрацией задерживаемых веществ (явление концентрационной поляризации), который увеличивает гидравлическое сопротивление и снижает производительность процесса. В типовых мембранных аппаратах с ним борются, используя различные способы: механические, гидродинамические, физические, химические. Однако предотвратить полностью это явление невозможно. Кроме того, это требует использования дополнительных средств и трудовых затрат, усложняет конструкцию аппаратов.

Авторами [2] использован иной подход, предусматривающий отвод некоторой части диффузионного пограничного слоя в качестве готового продукта или в качестве исходного раствора в дальнейшем процессе концентрирования. При этом одновременно осуществляется отвод фильтрата. Совместное сочетание этих

способов позволяет значительно увеличить производительность процесса.

Проводимые в последние годы работы в этом направлении привели к созданию ряда конструкций, использующих это явление, отличающихся более высокой производительностью и меньшими энергозатратами, по сравнению с типовыми. Решение прикладных задач потребовало создание соответствующего математического обеспечения, так как известные математические модели трансмембранного переноса не всегда адекватно описывают процессы концентрирования, происходящие в этих аппаратах.

Одна из математических моделей, описывающих течение Пуайзеля для жидкости с переменной вязкостью, приводится в статье [7]. Также в статье [6] приводится математическая модель, описывающая движение жидкости с переменной вязкостью в области с криволинейной границей.

В данной работе предлагается математическая модель процесса концентрирования раствора высокомолекулярных веществ в конструкции с отводом диффузионного слоя [5] как движение вязкой несжимаемой жидкости с переменной плотностью [10; 11; 9].

Математическая модель

Приведем описание устройства, необходимое для построения расчетной области (и построения модели): устройство состоит из цилиндрического корпуса; корпус имеет кольцевые щели; внутри корпуса находится подвижный шток переменной конфигурации.

Переменная конфигурация и подвижность штока будет осуществляться за счет изменения значений параметров, геометрии устройства при расчетах.

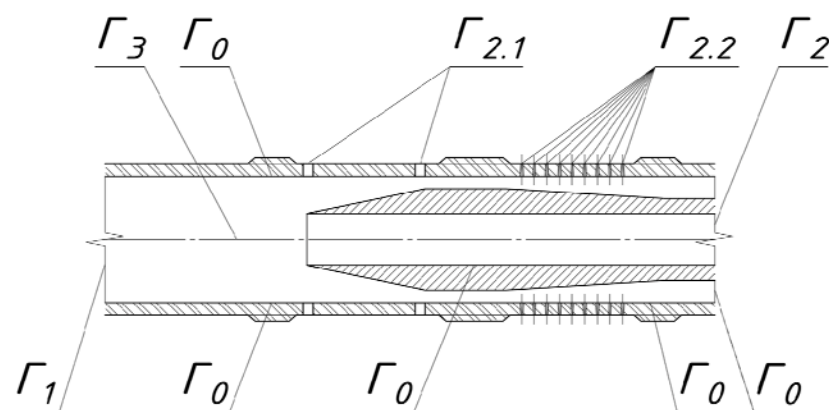


Рис. 1. Аппарат для мембранного концентрирования в разрезе

Из рис. 1 видно, что канал протекания имеет четыре различных вида поверхностей.

- Γ_0 – жесткая стенка;
- Γ_1 – поверхность, через которую смесь поступает внутрь канала;
- Γ_2 , $\Gamma_{2.1}$, $\Gamma_{2.2}$ – отверстия, через которые смесь покидает канал;
- Γ_3 – центр осевой симметрии.

Учитывая принятое описание аппарата, будем считать, что канал образован в результате вращения своего разреза (рис. 1) вокруг своей оси.

Далее будем предполагать осевую симметрию всех процессов в концентраторе.

Нестационарное течение вязкой несжимаемой жидкости будем описывать системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса. В естественных переменных система запишется в виде [3]:

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) = & \\ = -v_i(\rho_2 - \rho_1) D \Delta C - \frac{\partial p}{\partial x_i} + & \\ + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(2\mu \frac{\partial v_i}{\partial x_i} \right) + & \\ + \sum_{j \neq i} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right), & \\ i = 1, 2, 3; \sum_{j=1}^3 \frac{\partial v_j}{\partial x_j} = 0, & \end{aligned} \quad (1)$$

где v_i – i -ый компонент вектора скорости $\vec{V}$ ($i = 1, 2, 3$),
 p – давление, $\mu > 0$ – динамическая вязкость,
 μ_2 – динамическая вязкость примеси (задерживаемых компонентов), μ_1 – динамическая вязкость жидкости без учета примеси, ρ – плотность смеси,
 ρ_2 – плотность примеси, ρ_1 – плотность жидкости

без учета примеси, D – диффузия, C – концентрация примеси.

Для системы (1) поставим следующие краевые условия для скоростей:

$$\begin{aligned} \Gamma_0 : v_1 = 0; v_2 = 0; v_3 = 0; \\ \Gamma_1 : v_1 = 0; v_2 = 0; \frac{\partial v_3}{\partial t} = F_3; \\ \Gamma_2 : v_1 = 0; v_2 = 0; \frac{\partial v_3}{\partial t} = F_3; \\ \Gamma_{2.1} : \frac{\partial v_1}{\partial t} = F_1; \frac{\partial v_2}{\partial t} = F_2; v_3 = 0; \\ \Gamma_{2.2} : \frac{\partial v_1}{\partial t} = F_1; \frac{\partial v_2}{\partial t} = F_2; v_3 = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Для нахождения значений плотности и вязкости смеси используются следующие зависимости от концентраций компонент смеси:

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_2 \cdot C + (1 - C) \rho_1, \\ \mu &= \mu_2 \cdot C + (1 - C) \mu_1. \end{aligned} \quad (3)$$

Краевые условия для давления:

$$\begin{aligned} \Gamma_0 : \frac{\partial p}{\partial n} = 0; \\ \Gamma_1 : p = p_1; \\ \Gamma_2 : p = p_2; \\ \Gamma_{2.1} : p = p_{2.1}; \\ \Gamma_{2.2} : p = p_{2.2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Алгоритм решения

Для решения начально-краевой задачи для системы (1-2) был использован следующий алгоритм.

На первом этапе с учетом известных вектора скорости и распределения концентрации (а значит и значений плотности и вязкости) совершается шаг по времени для гидродинамической части системы уравнений (1), для этого используется схема расщепления по физическим факторам. В цилиндрической системе координат эта схема выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} + \tilde{u} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} + \tilde{w} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) &= -\tilde{u} \cdot (\rho_2 - \rho_1) D\Delta C + \frac{\partial}{\partial r} \left(2\mu \frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) \right) + \\ &+ \frac{2 \cdot \mu}{r} \left(\frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} - \frac{\tilde{u}}{r} \right), \quad \rho \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial t} + \tilde{u} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \tilde{w} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right) = -\tilde{w} \cdot (\rho_2 - \rho_1) D\Delta C + \\ &+ \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(2\mu \frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} \right) + \frac{\mu}{r} \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right), \quad \Delta \equiv \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнение для нахождения давления:

$$\tilde{A}p = f,$$

$$\begin{aligned} f = \rho^2 \left(\left(\frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tilde{u}}{r} \right)^2 + 2 \frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) - 2\rho \left(\frac{\partial \mu}{\partial r} (\Delta \tilde{u}) + \frac{\partial \mu}{\partial z} (\Delta \tilde{w}) + \frac{\partial^2 \mu}{\partial r^2} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial z^2} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right) + \\ + \frac{\partial \rho}{\partial r} \left(2 \frac{\partial \mu}{\partial r} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial r} + \frac{\partial \mu}{\partial z} \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) + \mu \left(\Delta \tilde{u} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right) \right) + \frac{\partial \rho}{\partial z} \left(\frac{\partial \mu}{\partial r} \left(\frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \frac{\partial \tilde{u}}{\partial z} \right) + 2 \frac{\partial \mu}{\partial z} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} + \mu (\Delta \tilde{w}) \right); \end{aligned} \quad (6)$$

$$\tilde{A} = -\rho \Delta + KC \cdot \tilde{u} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial r} \frac{\partial}{\partial r} + KC \cdot \tilde{w} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}; \quad \Delta \equiv \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Уравнение для нахождения итоговых скоростей:

$$\frac{\vec{V}^{n+1} - \vec{V}}{\tau} = - \left(\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial p}{\partial z} \right).$$

Уравнение переноса концентрации:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \vec{V} \cdot \left(\frac{\partial C}{\partial r} + \frac{\partial C}{\partial z} \right) = \\ = D \cdot \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Для численного решения уравнений (5) – (7) с соответствующими краевыми условиями (2), (4) используется метод сеток с использованием неравномерной сетки по пространственным переменным. На этой сетке решаемые уравнения аппроксимировались разностными схемами, удовлетворяющими законам сохранения [4].

Для решения системы уравнений (5) используется схема стабилизирующих поправок [8].

Для решения системы линейных алгебраических уравнений, получающихся после аппроксимации за-

дачи (4), (6) разностной схемой второго порядка аппроксимации использовался итерационный метод неполной аппроксимации [1].

Для решения уравнения переноса концентрации (7) использовалась схема продольно-поперечной прогонки [8].

Движение вязкой несжимаемой жидкости с переменной плотностью

В качестве примера использования модели ниже приведены скриншоты проведенного расчета (см. рис. 2 – 5) с входными параметрами: N – номер шага по времени; Nz – количество узлов по оси z ; Nr – количество узлов по оси r ; τ – шаг по времени; $\mu > 0$ – динамическая вязкость; ρ – плотность смеси; D – диффузия; C – концентрация примеси; p_1 , p_2 , p_{21} , p_{22} – значения давления на соответствующих границах Γ_1 , Γ_2 , Γ_{21} , Γ_{22} .

На рис. 2 приведена визуализация расчета с параметрами $Nz=150$, $Nr=20$, $\tau=0.000005$, $\mu=0.000001$, $\rho=1$, $D=0.01$, $C=0.9$, $p_1=0.001$, $p_2=0$, $p_{21}=0.0004$, $p_{22}=0$.

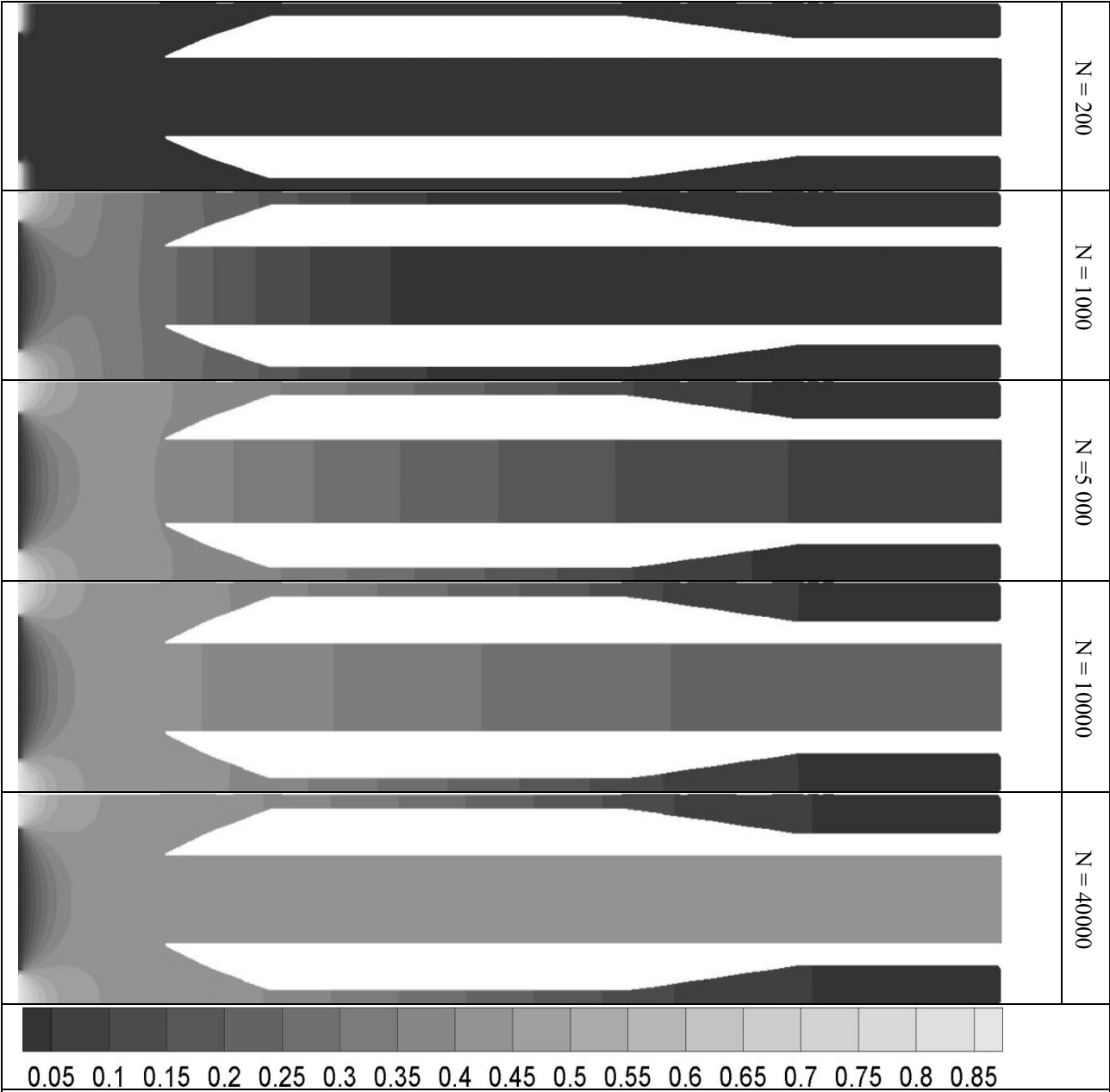


Рис. 2а. Распространение концентрации примеси

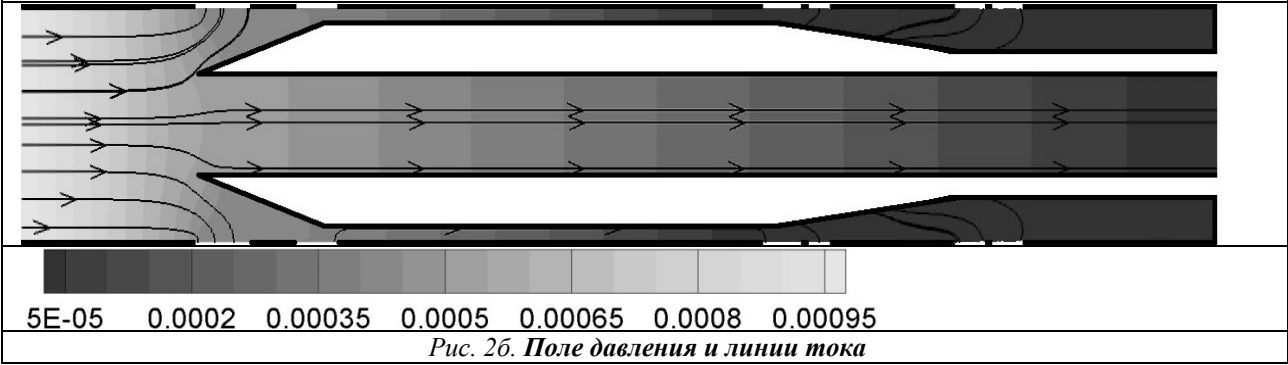
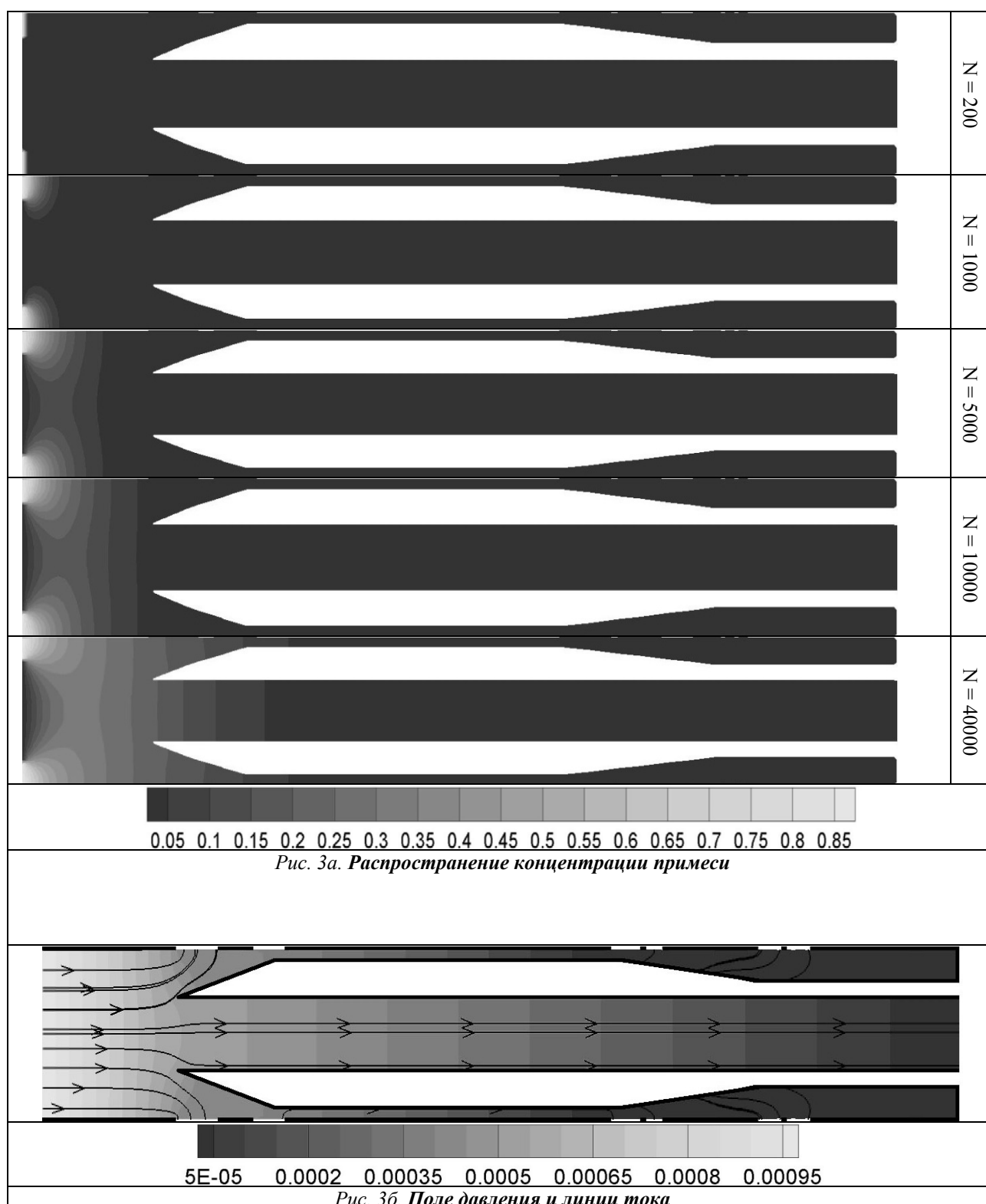
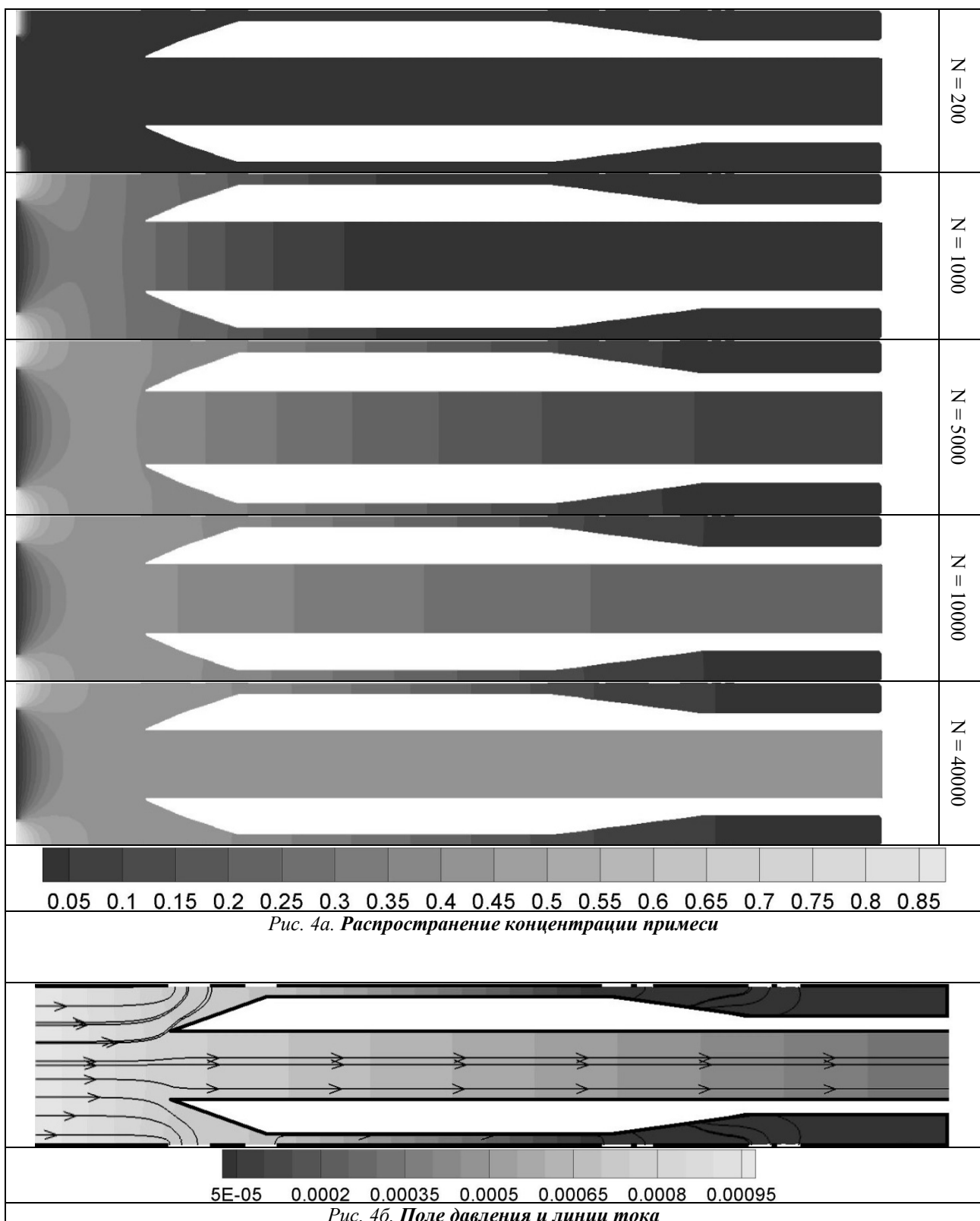


Рис. 2б. Поле давления и линии тока

На рис. 3 приведена визуализация расчета с параметрами $N_z = 150$, $N_r = 20$, $\tau = 0.000005$, $\mu = 0.000001$, $\rho = 1$, $D = 0.0001$, $C = 0.9$, $p_1 = 0.001$, $p_2 = 0$, $p_{21} = 0.0004$, $p_{22} = 0$.



На рис. 4 приведена визуализация расчета с параметрами $N_z=150$, $N_r=20$, $\tau=0.000005$, $\mu=0.000001$, $\rho=1$, $D=0.01$, $C=0.9$, $p_1=0.001$, $p_2=0.0003$, $p_{21}=0.0007$, $p_{22}=0$.



На рис. 5 приведена визуализация расчета с параметрами $N_z = 150$, $N_r = 20$, $\tau = 0.000005$, $\mu = 0.000001$, $\rho = 1$, $D = 0.0001$, $C = 0.9$, $p_1 = 0.001$, $p_2 = 0.0003$, $p_{21} = 0.0007$, $p_{22} = 0$.

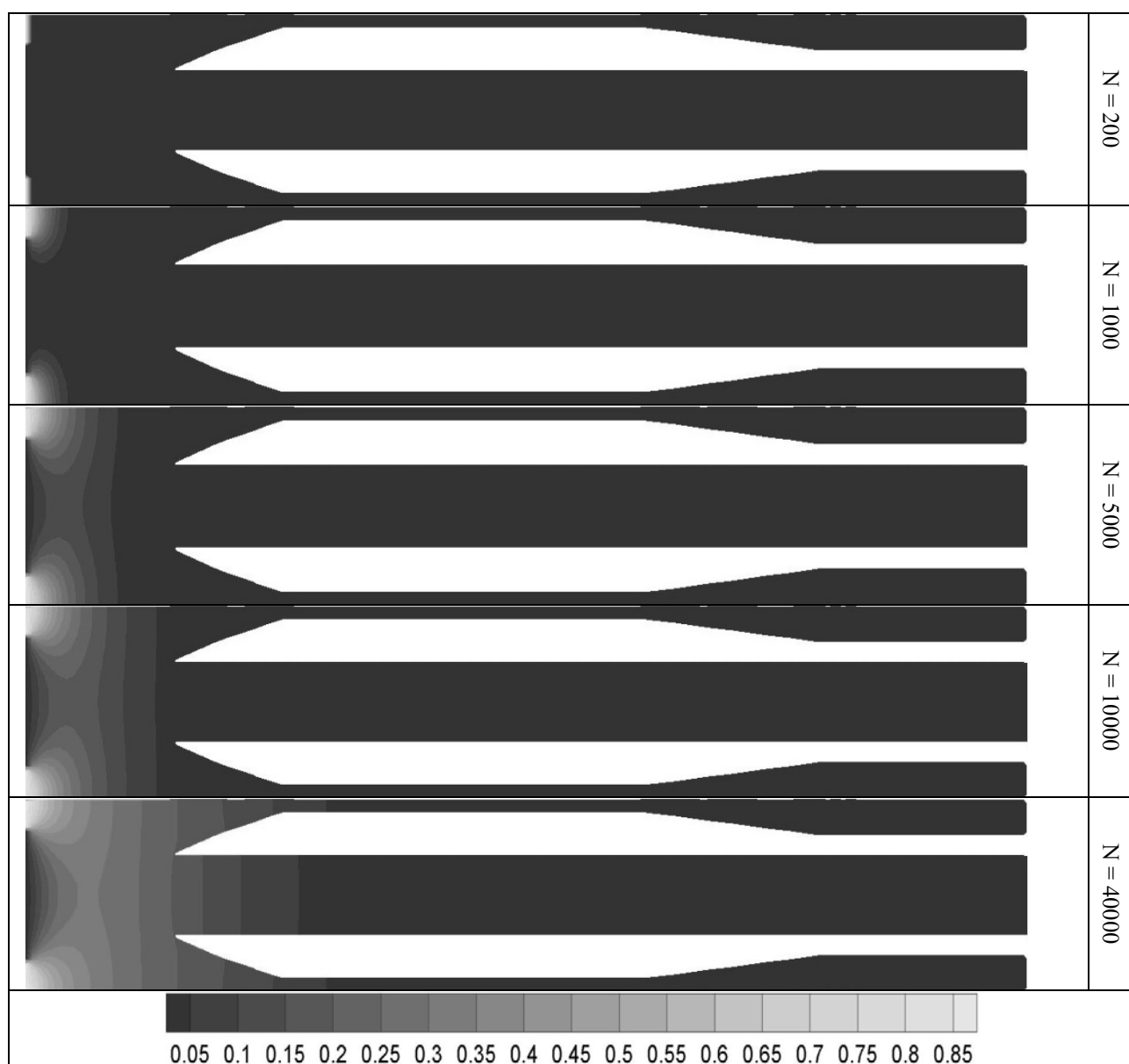


Рис. 5а. Распространение концентрации примеси

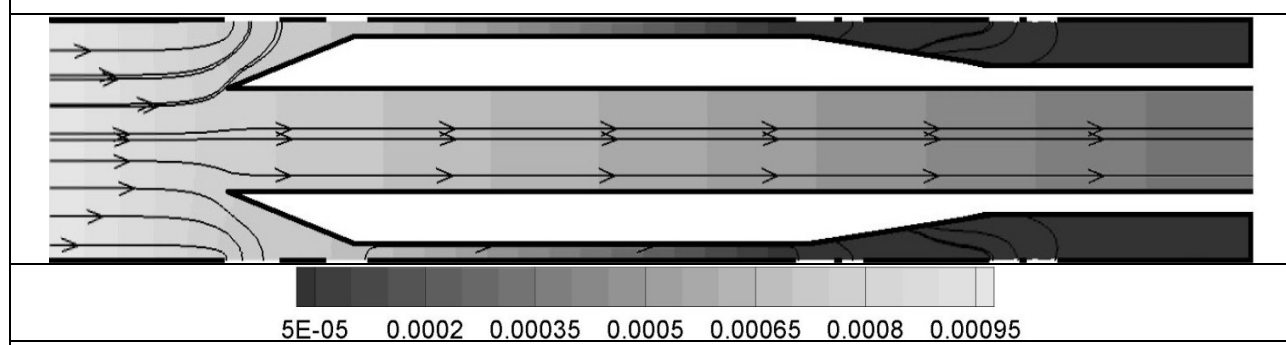


Рис. 5б. Поле давления и линии тока

Описание

Приведенные расчеты показывают, что данная математическая модель действительно позволяет моделировать процесс отвода диффузионного слоя. Несмотря на то, что в произведенных расчетах используются не все возможности модели, на рисунках видно, что поступающая в устройство жидкость с различной плотностью отводится через отверстия так,

что в центре устройства остается менее плотная часть жидкости.

Предложенная в статье модель позволяет изучить характер распространения примеси в устройстве для отвода диффузионного слоя. При проведении соответствующих расчетов модель позволит прогнозировать геометрические параметры устройства с целью интенсификации производительности.

Литература

1. Захаров Ю. Н. Градиентные итерационные методы решения задач гидродинамики. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 2004. 239 с.
2. Лобасенко Б. А., Лобасенко Р. Б. Ультрафильтрация молока и молочных продуктов: монография. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2006. 117 с.
3. Милошевич Х., Захаров Ю. Н., Контрец Н., Зимин А. И., Нуднер И. С., Рагулин В. В. Об одной модели размыва связного грунта и движения поверхностных волн // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 2(62). Т. 1. С. 35 – 40.
4. Патанкар С. Численные методы решения задач тепломеханики и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 149 с.
5. Пат. № 2506991. Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 63/06. Аппарат для мембранного концентрирования / Лобасенко Б. А., Шушпанников А. С., Семенов А. Г., Захаров Ю. Н.; заявитель и патентообладатель Лобасенко Б. А. №2012138966/05; заявл. 11.09.2012; опубл. 20.02.14. Бюл. 5 (2014 г.). 4 с.
6. Пивоваров Ю. В. Расчет движения жидкости с переменной вязкостью в области с криволинейной границей // Вычислительные технологии. 2005. № 3(10). С. 87 – 107.
7. Хайрисламов К. З. Течение Пуазейля для жидкости с переменной // Вестник Южно-Уральского государственного университета. (Серия: Математика. Механика. Физика). 2013. № 2(5). С. 170 – 173.
8. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск, 1967. 197 с.
9. Geidarov N. A., Zakharov Yu. N., Shokin Yi. I. Solution of the problem of viscous fluid flow with a given pressure differential (2011) Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling 26. 1. P. 39 – 48.
10. Gummel E. E., Milosevic H., Ragulin V. V., Zakharov Yu. N., Zimin A. I. Motion of viscous inhomogeneous incompressible fluid of variable viscosity (2014) Zbornik radova konferencije MIT 2013. P. 267 – 274.
11. Milosevic H., Geydarov N. A., Zakharov Yu. N. Model of incompressible viscous fluid flow driven by pressure difference in a given channel (2013) International Journal of Heat and Mass Transfer. 62. P. 242 – 246.

Информация об авторах:

Вьюнник Наталья Михайловна – аспирант КемГУ, kot.gerasim@yandex.ru.

Natalia M. Vyunnik – post-graduate student at Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **Ю. Н. Захаров**). (Academic advisor – **Yu. N. Zakharov**).

Захаров Юрий Николаевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям КемГУ, zakharovyn@rambler.ru.

Yury N. Zakharov – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department for Information Computing Technology, Kemerovo State University.

Кириченко Александр Алексеевич – аспирант Кемеровского технологического института пищевой промышленности, reysonk@gmail.com.

Alexander A. Kirichenko – post-graduate student at the Kemerovo Institute of Food Science and Technology.

(Научный руководитель – **Б. А. Лобасенко**). (Academic advisor – **B. A. Lobasenko**).

Лобасенко Борис Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, lobasenko@mail.ru.

Boris A. Lobasenko – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology.

Рагулин Владимир Васильевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной математики КемГУ, ragulin@ngs.ru.

Vladimir V. Ragulin – Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor at the Department of Fundamental Mathematics, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ ПОДГРУППЫ В ГРУППЕ ХАРАКТЕРОВ

М. И. Тулина*, О. А. Чуешева

CYCLIC SUBGROUPS IN THE CHARACTER GROUP

M. I. Tulina, O. A. Chuesheva

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-01-31109 мол-а).

В работах [1 – 3] начато построение общей теории мультипликативных функций и дифференциалов Прима на компактной римановой поверхности для произвольных характеров. Цель настоящей работы дать явное описание циклических подгрупп в группе характеров для компактной римановой поверхности рода $g > 1$. Это описание позволяет получить новые приложения в теории мультипликативных функций, дифференциалов Прима и мультипликативных точек Вейерштрасса на таких поверхностях.

V. V. Chueshev began building the general theory of multiplicative functions and Prym differentials on compact Riemann surfaces for arbitrary characters. The paper provides an explicit description of cyclic subgroups in the characters group for compact Riemann surfaces of the genus $g > 1$. This description allows acquiring new applications in the theory of multiplicative functions, Prym differentials and in the theory of multiplicative Weierstrass points on such surfaces.

Ключевые слова: компактная риманова поверхность, мультипликативные функции, дифференциалы Прима и мультипликативные точки Вейерштрасса.

Keywords: compact Riemann surface, multiplicative functions, Prym differentials and multiplicative Weierstrass points.

§ 1. Предварительные сведения

Пусть F – компактная риманова поверхность рода $g \geq 2$, с отмечанием $\{a_k, b_k\}_{k=1}^g$, т. е. упорядоченным набором канонических образующих для первой фундаментальной группы $\pi_1(F)$ поверхности F . По теореме униформизации существует конечно порожденная фуксова группа Γ первого рода, инвариантно действующая на единичном круге $U = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 1\}$ такая, что U/Γ конформно эквивалентна F и Γ изоморфна $\pi_1(F)$. Эта группа имеет алгебраическое представление:

$$\Gamma = \left\langle A_1, \dots, A_g, B_1, \dots, B_g : \prod_{j=1}^g A_j B_j A_j^{-1} B_j^{-1} = I \right\rangle,$$

где I – тождественное отображение [4; 1].

Характером ρ для F называется любой гомоморфизм $\rho : (\pi_1(F), \cdot) \rightarrow (C^*, \cdot)$, $C^* = \mathbb{C} \setminus \{0\}$. Характер единственным образом задается упорядоченным набором

$$(\rho(a_1), \rho(b_1), \dots, \rho(a_g), \rho(b_g)) \in (C^*)^{2g}.$$

Мультипликативной функцией f на F для характера ρ назовем мероморфную на U функцию f такую, что $f(Tz) = \rho(T)f(z)$, $z \in U$, $T \in \Gamma$.

Затем m -дифференциалом Прима относительно фуксовой группы Γ для ρ называется дифференциал $\phi = \phi(z)dz^m$ такой, что

$$\phi(Tz)(T'z)^m = \rho(T)\phi(z), z \in U, T \in \Gamma.$$

В работе Л. Берса [1, с. 99] построены голоморфные на F абелевы дифференциалы $\zeta_1, \dots, \zeta_g$, которые образуют канонический базис на F двойственный к каноническому гомотопическому базису $\{a_k, b_k\}_{k=1}^g$ на F . Кроме того, матрица b – периодов $(\pi_{jk})_{j,k=1}^g$ на F состоит из комплексных чисел

$$\pi_{jk} = \int_{\xi}^{B_k(\xi)} \zeta_j(w) dw, \xi \in U.$$

Если f_0 – мультипликативная функция на F для ρ без нулей и полюсов, то

$$\frac{df_0}{f_0} = 2\pi i \sum_{j=1}^g c_j(\rho) \zeta_j$$

$$\text{и } f_0(P) = f_0(P_0) \exp \int_{P_0}^P 2\pi i \sum_{j=1}^g c_j(\rho) \zeta_j,$$

$c_j(P) \in \mathbb{C}$, $j = 1, \dots, g$, c_j зависят голоморфно от ρ . При этом интегрирование ведется от фиксированной точки P_0 до текущей точки P на поверхности F .

Характер ρ для f_0 имеет вид:

$$\rho(a_k) = \exp 2\pi i c_k(\rho),$$

$$\rho(b_k) = \exp \left(2\pi i \sum_{j=1}^g c_j(\rho) \pi_{jk} \right), k = 1, \dots, g,$$

где c_j – комплексные числа $0 \leq \operatorname{Re} c_j < 1, j = 1, \dots, g$ [4]. Будем называть такие характеры ρ *несущественными*.

Характеры, которые не являются несущественными, будем называть *существенными* на $\pi_1(F)$.

Обозначим через $\operatorname{Hom}(\Gamma, C^*)$ группу всех характеров на Γ с естественным умножением. Несущественные характеры образуют подгруппу L_g в группе $\operatorname{Hom}(\Gamma, C^*)$.

Обозначим через $[S^1]^{2g}$ подгруппу, состоящую из всех нормированных характеров, т. е. все свои значения они принимают на единичной окружности с центром в нуле.

Точка P называется мультипликативной точкой Вейерштрасса для несущественного (существенного) характера ρ на F , если для P существует мультипликативный непробел

$$j, 1 < j \leq g, (1 < j \leq g-1),$$

т. е. существует мультипликативная функция f для ρ на F с единственным полюсом в P точно порядка $j, j \leq g (j \leq g-1)$ [3; 2].

Если характеры принадлежат циклическим подгруппам в группе характеров, то мультипликативные функции, дифференциалы Прима и мультипликативные точки Вейерштрасса для таких характеров должны обладать дополнительными свойствами. Если функция f для существенного характера ρ на компактной римановой поверхности F рода $g \geq 3$ имеет единственный полюс P точно порядка l , где l – мультипликативный непробел Вейерштрасса для ρ в P на F , то все $n = kl$ будут тоже мультипликативные непробелы Вейерштрасса для f^k с ρ^k в точке P . В частности, если $\rho^m = 1, \rho \neq 1$, то $n = ml$ – классический непробел Вейерштрасса для однозначной функции f^m . Таким образом, в некоторых случаях мультипликативные точки Вейерштрасса для ρ будут также и классическими точками Вейерштрасса на F [2].

Кроме того, циклические подгруппы играют большую роль в формулировке и доказательстве аналога теоремы Нетера о q – кратных произведениях для голоморфных 1-дифференциалов Прима на компактной римановой поверхности рода $g > 1$ [4, с. 159].

§ 2. Циклические группы в группе $\operatorname{Hom}(\Gamma, C^*)$

Найдем условия на характер ρ , при которых $\rho^m = 1, m \in \mathbb{N}$. Возьмем представление любого характера ρ в виде:

$$\rho(a_k) = \exp 2\pi i c_k, \rho(b_k) = \exp 2\pi i \left(\sum_{j=1}^g c_j \pi_{jk} + d_k \right),$$

$$k = 1, \dots, g,$$

где c_j, d_j – комплексные числа,

$$0 \leq \operatorname{Re} c_j < 1, 0 \leq \operatorname{Re} d_j < 1, j = 1, \dots, g \text{ [4, с. 129].}$$

Отметим, что если ρ – существенный характер, то хотя бы одно число $d_j \notin \mathbb{Z}$.

Рассмотрим характер ρ^m и его представление при $m > 1$: $\rho^m(A_j) = \exp 2\pi i c_j m$,

$$\rho^m(B_j) = \exp 2\pi i \left(\sum_{k=1}^g c_k \pi_{jk} m + d_j m \right),$$

$$j = 1, \dots, g.$$

Найдем необходимые и достаточные условия на параметры c_j и d_j для того, чтобы $\rho^m = 1$ при некотором фиксированном $m > 1$. Такие характеры будут образовывать конечные подгруппы изоморфные $Z_m \cong \{\rho : \rho^m = 1\} < \operatorname{Hom}(\Gamma, C^*)$. Это будут абелевы циклические группы порядка m .

Существование характеров с условием, что $\rho^m = 1, m > 1$, показывает пример.

Если все $c_j = 0$, то имеем $\rho^m(A_j) = 1$ и $\rho^m(B_j) = \exp 2\pi i d_j m, j = 1, \dots, g$.

$$\text{При } d_j = \frac{p_j}{m}, p_j = 0, 1, \dots, m-1$$

и $c_j = 0, j = 1, \dots, g$ получаем, что $\rho^m = 1$.

Отсюда легко видеть, что верна лемма.

Лемма 1. Пусть заданы число $m \in \mathbb{N}$ и характер ρ такой, что все числа $c_j = 0, j = 1, \dots, g$. Тогда характер $\rho^m = 1$, если и только если все $d_j m \in \mathbb{Z}, j = 1, \dots, g$.

Замечание 1. [4; 3]. 1) если $\rho \in L_g$, то $\rho^m \in L_g$ и $\rho^{-1} \in L_g$, так как L_g является подгруппой в группе характеров;

$$2) \text{ если } \rho \in \operatorname{Hom}(\Gamma, C^* \setminus L_g), \text{ то } \frac{1}{\rho} \text{ тоже}$$

принадлежит $\operatorname{Hom}(\Gamma, C^* \setminus L_g)$.

Теорема 1. Для любого характера ρ на компактной римановой поверхности F рода $g \geq 2$ и для любого $m \in \mathbb{N}$ верно, что $\rho^m = 1$, если и только если выполняются два условия:

$$1) c_j = 0, j = 1, \dots, g;$$

2) $d_j m \in Z, j = 1, \dots, g$.

Доказательство. Воспользуемся разложением Фаркаша-Кра [4, с. 130]: для любого характера ρ имеется единственное представление

$$\rho = \rho_0 \rho_1 \in L_g \times [S^1]^{2g}.$$

Равенство $\rho^m = 1$ равносильно равенству $\rho_0^{-m} = \rho_1^m$.

Рассмотрим характер $\tilde{\rho} = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^m = \rho_1^m = \rho_0^{-m}$.

Характер $\tilde{\rho}$ является одновременно и несущественным и нормированным. По следствию к теореме Фаркаша-Кра [4, с. 130] $\tilde{\rho} = 1$.

Отсюда следует, что $\rho^m = 1$ тогда и только тогда, когда: 1) $\rho_0^m = 1$ и 2) $\rho_1^m = 1$.

Сначала найдем условия на числа c_j , при которых $\rho_0^m = 1$.

Для несущественного характера ρ_0 и для некоторого $m > 1$ имеем систему равенств:

$$\begin{cases} \rho_0^m(A_j) = \exp 2\pi i c_j m = 1, \\ \rho_0^m(B_j) = \exp 2\pi i \sum_{k=1}^g m c_k \pi_{kj} = 1, \\ j = 1, \dots, g. \end{cases}$$

Отсюда следует, что $\exp 2\pi i m (\operatorname{Re} c_j + i \operatorname{Im} c_j) = 1$ и $\exp m 2\pi i \operatorname{Re} c_j \cdot \exp(-2\pi i (\operatorname{Im} c_j) m) = 1$. Поэтому $\operatorname{Im} c_j = 0$ для любого j , а значит все c_j — вещественные числа. Кроме того, из первых g равенств получаем, что $c_j = \frac{q_j}{m}, q_j \in Z, j = 1, \dots, g$.

Из вторых g равенств следует, что

$$\begin{aligned} \exp 2\pi i \sum_{k=1}^g m \frac{q_k}{m} \pi_{jk} &= 1 \text{ для любого } j \\ \text{и } 1 &= \exp 2\pi i \left(\operatorname{Re} \sum_{k=1}^g q_k \pi_{kj} + i \operatorname{Im} \sum_{k=1}^g q_k \pi_{kj} \right) = \\ &= \exp 2\pi i \left(\operatorname{Re} \sum_{k=1}^g q_k \pi_{kj} \right) \cdot \\ &\cdot \exp \left(-2\pi i \sum_{k=1}^g q_k \operatorname{Im} \pi_{kj} \right), j = 1, \dots, g. \end{aligned}$$

Отсюда получаем систему из g линейных уравнений с g неизвестными:

$$q_k : \left\{ 2\pi \sum_{k=1}^g q_k \operatorname{Im} \pi_{kj} = 0, j = 1, \dots, g \right\}.$$

Запишем эту систему в матричном виде:

$$(\operatorname{Im} \pi_{kj}) \begin{pmatrix} q_1 \\ \dots \\ q_g \end{pmatrix} = 0.$$

Так как матрица $\operatorname{Im} \pi_{kj}$ положительно определена, т. е. $\operatorname{Im} \pi_{kj} > 0$ [1], то она невырожденная. Отсюда следует, что $q_1 = \dots = q_g = 0$

$$\text{и } c_j = \frac{0}{m} = 0, j = 1, \dots, g.$$

Необходимость второго условия следует из леммы 1.

Обратное утверждение следует из леммы 1. Теорема доказана.

Следствие 1. 1) В группе $[S^1]^{2g}$ существуют циклические подгруппы любого порядка m , порожденные характером ρ , который задан условиями:

$$\begin{aligned} 1) \quad &c_j = 0, j = 1, \dots, g; \quad 2) \quad d_j = \frac{p_j}{m}, \\ &p_j = 0, 1, \dots, m-1, j = 1, \dots, g; \end{aligned}$$

2) в группе L_g не существует нетривиальных циклических подгрупп любого порядка $m > 1$, и подгруппа, порожденная любым $\rho_0 \in L_g \setminus 1$ будет бесконечной циклической группой;

3) для любого $\rho \in (\operatorname{Hom}(\Gamma, C^*) \setminus L_g, \rho \in [S^1]^{2g}$ подгруппа, порожденная ρ будет бесконечной циклической группой;

4) если $\rho = \rho_0 \rho_1 \in (\operatorname{Hom}(\Gamma, C^*) \setminus L_g)$ и $\rho^m \in L_g$ для некоторого $m \in \mathbb{N}$, то это равно-

$$\text{сильно системе } \begin{cases} \rho_1 \neq 1 \\ \rho_1^m = 1 \\ \rho_0^m \in L_g. \end{cases}$$

Доказательство. Утверждение 1) сразу следует из леммы 1.

Для доказательства утверждения 2) заметим, что $\rho = \rho_0 \in L_g$ т. е. $\rho_1 = 1$. Если $\rho^m = \rho_0^m = 1$, то

по теореме 1 необходимо чтобы $c_j = 0, j = 1, \dots, g$, а значит $\rho_0 = 1$.

Докажем утверждение 3).

Если $\rho \in (Hom(\Gamma, C^*) \setminus L_g) \setminus [S^1]^{2g}$,

то $\rho = \rho_0 \rho_1$, где $\rho_1 \neq 1, \rho_0 \neq 1$.

Докажем от противного. Предположим, что $1 = \rho^m = \rho_0^m \rho_1^m$ для некоторого $m > 1$. Тогда, как в доказательстве теоремы 1, получим, что

$$\tilde{\rho} = \left(\frac{1}{\rho_0} \right)^m = \rho_1^m \Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{\rho_0} \right)^m = 1 \\ \rho_1^m = 1. \end{cases}$$

Из первого равенства системы следует, что либо $\rho_0 = 1$ (а это невозможно по условию), либо $\rho_0^m = 1, \rho_0 \neq 1$ (что невозможно по утверждению 2). Поэтому предыдущая система не имеет решений. Получили противоречие.

Для доказательства утверждения 4) заметим, что так как $\rho = \rho_0 \rho_1 \in (Hom(\Gamma, C^*) \setminus L_g)$, то $\rho_1 \neq 1$.

Литература

1. Альфорс Л. В., Берс Л. Пространства римановых поверхностей и квазиконформные отображения. М.: ИЛ, 1961. 175 с.
2. Чуешев В. В. Мультипликативные точки Вейерштрасса и многообразия Якоби компактной римановой поверхности // Математические заметки. 2003. Т. 74. № 4. С. 629 – 636.
3. Чуешев В. В. Мультипликативные функции и дифференциалы Прима на переменной компактной римановой поверхности: учебное пособие. Ч. 2. Кемерово, 2003.
4. Farkas H. M., Kra I. Riemann surfaces. Grad. Text's Math. V. 71. Springer, New-York, 1992.
5. Gunning R. C. On the period classes of Prym differentials. J. Reine Angew. Math., 319 (1980). P. 153 – 171.

Информация об авторах:

Тулина Марина Ивановна – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры математического анализа Горно-Алтайского государственного университета, aniram.ru@googlegmail.com.

Marina I. Tulina – Candidate of Physics and Mathematics, Senior Lecturer at the Department of the Mathematical Analysis, Gorno-Altai State University.

Чуешева Ольга Александровна – старший преподаватель кафедры фундаментальной математики КемГУ, simran@mail.ru.

Olga A. Chuesheva – Senior Lecturer at the Department of Fundamental Mathematics, Kemerovo State University.

Если существует $m > 1$, для которого $\rho^m = \rho_0^m \rho_1^m \in L_g$, то $\rho_0^m \rho_1^m = \tilde{\rho}_0 \in L_g$. От-

сюда $\frac{\rho_0}{\rho_0^m} = \rho_1^m$. По следствию к теореме Фаркаша-

Кра [4, с. 130] последнее равенство равносильно сис-

$$\text{теме } \begin{cases} \rho_1 \neq 1 \\ \rho_1^m = 1 \\ \tilde{\rho}_0 = \rho_0^m \in L_g. \end{cases}$$

Следствие 1 доказано.

Замечание 2. Первое и второе условия в предыдущей системе выполняются тогда и только тогда, когда $\rho_1 \in [S^1]^{2g} \setminus 1$. Третье условие автоматически выполняется в группе L_g при наличии второго.

Таким образом, значения $\rho_1(A_j), \rho_1(B_j)$ лежат на единичной окружности, но одновременно не обращаются в 1. Следовательно, в этом случае ρ_1 принадлежит $[S^1]^{2g} \setminus \{(1, 1, \dots, 1)\}$ [2].

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ОБ ИНВАРИАНТНОСТИ ОБОБЩЕННЫХ УСЛОВИЙ КОШИ-РИМАНА

Н. А. Швемлер, Т. Г. Латфуллин

ON INVARIANCE OF THE GENERALIZED CAUCHY-RIEMANN EQUATIONS

N. A. Shvemler, T. G. Latfullin

Рассматриваются отображения класса C^1 областей пространства R^2 , удовлетворяющие обобщенной системе уравнений Коши-Римана. Найдены достаточные условия замкнутости класса таких отображений относительно операций сложения, суперпозиции и обратного отображения. Во второй части статьи найдены условия, при которых существуют отображения, удовлетворяющие обобщенным условиям Коши-Римана с наперед заданной матрицей коэффициентов системы.

The C^1 class of mappings domains in R^2 , satisfying the system of generalized Cauchy-Riemann equations is considered. Sufficient conditions for the closure of this class relative to the operations of addition, superposition and reverse mapping were found. The second part of the paper introduces the found conditions for which there are maps that satisfy the generalized Cauchy-Riemann system with a given coefficient matrix of the system.

Ключевые слова: условия Коши-Римана, обобщенная система Коши-Римана, свойства решений обобщенной системы Коши-Римана.

Keywords: Cauchy-Riemann equations, generalized Cauchy-Riemann equations, properties of generalized Cauchy-Riemann equations.

Введение

Пусть G – область в R^2 . Для заданной матрицы

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & a_{p3} & a_{p4} \end{pmatrix} \quad (1)$$

обозначим через $CR_p^2 = CR_p^2(A)$ класс непрерывно дифференцируемых отображений

$$f: G \rightarrow R^2, f(x, y) = (u(x, y), v(x, y)),$$

частные производные координатных функций которых удовлетворяют обобщенным условиям Коши-Римана:

$$\begin{aligned} a_{11}u_x + a_{12}u_y + a_{13}v_x + a_{14}v_y &= 0 \\ a_{21}u_x + a_{22}u_y + a_{23}v_x + a_{24}v_y &= 0 \\ &\dots \\ a_{p1}u_x + a_{p2}u_y + a_{p3}v_x + a_{p4}v_y &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь a_{ij} – действительные постоянные, p – количество уравнений, u_x, u_y, v_x, v_y – частные производные по соответствующим переменным. Имеет смысл рассматривать обобщенные условия Коши-Римана лишь в том случае, когда ранг матрицы (1) равен количеству строк и $p < 4$, иначе единственное решение системы (2) будет нулевым.

Предметом исследования в статье служат отображения, удовлетворяющие обобщенной системе уравнений Коши-Римана. Ранние работы по этой тематике восходят к авторам [1; 4 – 6]. В статьях [2; 3] найдены ответы на вопросы: когда такие отображения являются отображениями с ограниченным искажением; какими свойствами должна обладать матрица коэффици-

циентов, чтобы обобщенная система уравнений Коши-Римана имела только линейные решения.

1. Условия замкнутости класса CR_2^2

В этой части всюду будем считать, что

$$f(x, y) = (u(x, y), v(x, y))$$

$$\text{и } g(x, y) = (p(x, y), q(x, y))$$

из класса $CR_2^2 = CR_2^2(B)$ с матрицей коэффициентов:

$$B = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \beta_4 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Утверждение 1. При любых значениях элементов матрицы B алгебраическая сумма $f(x, y) + g(x, y)$ отображений $f(x, y)$ и $g(x, y)$ принадлежит классу $CR_2^2(B)$.

► Так как отображения $f(x, y)$ и $g(x, y)$ удовлетворяют одной и той же обобщенной системе Коши-Римана, то

$$\alpha_1 u_x + \alpha_2 u_y + \alpha_3 v_x + \alpha_4 v_y = 0,$$

$$\beta_1 u_x + \beta_2 u_y + \beta_3 v_x + \beta_4 v_y = 0$$

и

$$\alpha_1 p_x + \alpha_2 p_y + \alpha_3 q_x + \alpha_4 q_y = 0,$$

$$\beta_1 p_x + \beta_2 p_y + \beta_3 q_x + \beta_4 q_y = 0.$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} f(x, y) + g(x, y) &= \\ &= (u(x, y) + p(x, y), v(x, y) + q(x, y)) \end{aligned} \quad (4)$$

будет удовлетворять следующей системе:

$$\begin{aligned} & \alpha_1 u_x + \alpha_2 u_y + \alpha_3 v_x + \alpha_4 v_y + \\ & + \alpha_1 p_x + \alpha_2 p_y + \alpha_3 q_x + \alpha_4 q_y = 0, \\ & \beta_1 u_x + \beta_2 u_y + \beta_3 v_x + \beta_4 v_y + \\ & + \beta_1 p_x + \beta_2 p_y + \beta_3 q_x + \beta_4 q_y = 0. \end{aligned}$$

После перегруппировки слагаемых

$$\begin{aligned} & \alpha_1 (u + p)_x + \alpha_2 (u + p)_y + \\ & + \alpha_3 (v + q)_x + \alpha_4 (v + q)_y = 0, \\ & \beta_1 (u + p)_x + \beta_2 (u + p)_y + \\ & + \beta_3 (v + q)_x + \beta_4 (v + q)_y = 0 \end{aligned}$$

получим систему Коши-Римана для отображения (4). ◀

Утверждение 2. Если выполнено одно из следующих условий на коэффициенты:

$$1. \quad \alpha_1 = 1, \quad \alpha_2 = 0, \quad \alpha_3 = 0, \quad \alpha_4 = -1, \\ \beta_1 = 0, \quad \beta_2 = 1, \quad \beta_3 = \beta_3, \quad \beta_4 = 0;$$

$$2. \quad \alpha_1 = 1, \quad \alpha_2 = 0, \quad \alpha_3 = \alpha_3, \quad \alpha_4 = -1, \\ \beta_1 = 0, \quad \beta_2 = 1, \quad \beta_3 = -1, \quad \beta_4 = 0;$$

тогда суперпозиция $f \circ g$ отображений f и g принадлежит классу $CR_2^2(B)$.

► После преобразования методом Гаусса матрицы коэффициентов (3) можно прийти к одному из трех возможных вариантов:

$$\begin{aligned} \text{a)} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & m_3 & m_4 \\ 0 & 1 & n_3 & n_4 \end{pmatrix}; \\ \text{b)} & \begin{pmatrix} m_1 & 1 & 0 & m_4 \\ n_1 & 0 & 1 & n_4 \end{pmatrix}; \\ \text{c)} & \begin{pmatrix} 1 & m_2 & 0 & m_4 \\ 0 & n_2 & 1 & n_4 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Остальные случаи, с учетом равноправия координатных функций и с точностью до перестановки строк, будут равносильными.

Координатные функции U и V отображения $f \circ g$ примут вид:

$$\begin{aligned} U(x, y) &= u(p(x, y), q(x, y)), \\ V(x, y) &= v(p(x, y), q(x, y)). \end{aligned}$$

Значит,

$$\begin{aligned} U_x &= u_x p_x + u_y q_x \\ U_y &= u_x p_y + u_y q_y \\ V_x &= v_x p_x + v_y q_x \\ V_y &= v_x p_y + v_y q_y. \end{aligned} \quad (5)$$

Рассмотрим случай (а), которому соответствуют равенства:

$$\begin{aligned} p_x &= -m_3 q_x - m_4 q_y, \\ p_y &= -n_3 q_x - n_4 q_y. \end{aligned} \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5) получим:

$$\begin{aligned} U_x &= -m_3 u_x q_x - m_4 u_x q_y + u_y q_x, \\ U_y &= -n_3 u_x q_x - n_4 u_x q_y + u_y q_y, \\ V_x &= -m_3 v_x q_x - m_4 v_x q_y + v_y q_x, \\ V_y &= -n_3 v_x q_x - n_4 v_x q_y + v_y q_y. \end{aligned} \quad (7)$$

Учитывая (а), получим систему, которая после перегруппировки слагаемых примет вид:

$$\begin{aligned} & q_x (-m_3 u_x + u_y + (-m_3^2 - m_4 n_3) v_x + m_3 v_y) + \\ & + q_y (-m_4 u_x + (-m_3 m_4 - m_4 n_4) v_x + n_4 v_y) = 0, \\ & q_x (-n_3 u_x + (-n_3 m_3 - n_4 n_3) v_x + n_3 v_y) + \\ & + q_y (-n_4 u_x + u_y + (-n_3 m_4 - n_4^2) v_x + n_4 v_y) = 0. \end{aligned}$$

Приравнявая коэффициенты при частных производных координатных функций отображения f к соответствующим коэффициентам матрицы (а), приходим к двум системам:

$$\begin{cases} -m_3 = 0 \\ -m_3^2 - m_4 n_3 = n_3 \\ m_3 = n_4 \\ -m_4 = 1 \\ -m_3 m_4 - m_4 n_4 = n_3 \\ n_4 = n_4 \end{cases} \quad \begin{cases} -n_3 = 1 \\ -n_3 m_3 - n_4 n_3 = m_3 \\ n_3 = m_4 \\ -n_4 = 0 \\ -n_3 m_4 - n_4^2 = n_3 \\ n_4 = n_4 \end{cases}$$

разрешая которые находим коэффициенты соответствующие условиям 1, 2 доказываемого утверждения.

В случае (b), проделав аналогичные действия, получим уравнения:

$$\mathbf{m}_3 = 0, \quad \mathbf{m}_4 = -1, \quad \mathbf{n}_3 = \mathbf{n}_3, \quad \mathbf{n}_4 = 0, \quad (8.1)$$

$$\mathbf{m}_3 = \mathbf{m}_3, \quad \mathbf{m}_4 = -1, \quad \mathbf{n}_3 = -1, \quad \mathbf{n}_4 = 0. \quad (8.2)$$

$$\begin{aligned} & p_x (-m_1 n_1 u_y - m_1 m_4 v_x) + \\ & + q_y (-m_4 u_x + (1 - m_1 n_4) u_y - m_4^2 v_x + m_4 v_y) = 0, \\ & p_x (n_1 u_x - n_1^2 u_y + (1 - m_1 n_4) v_x - n_1 v_y) + \\ & + q_y (-n_1 n_4 u_y - m_4 n_4 v_x) = 0 \end{aligned}$$

и соответствующие им условия на коэффициенты:

$$\begin{cases} m_1 n_1 = -1 \\ m_1 m_4 = 0 \\ m_4 = -n_1 \\ m_1 n_4 = 1 \\ m_4^2 = -1 \\ m_4 = n_4 \end{cases} \quad \begin{cases} m_1 n_1 = 0 \\ m_1 m_4 = -1 \\ m_4 = -m_1 \\ m_1 n_4 = 0 \\ m_4^2 = 0 \\ m_4 = n_4 \end{cases} \quad \begin{cases} m_1 = n_1 \\ n_1^2 = -1 \\ m_1 n_4 = 1 \\ n_1 = -m_4 \\ n_1 n_4 = 0 \\ m_4 n_4 = -1 \end{cases} \quad \begin{cases} n_1 = n_1 \\ n_1^2 = 0 \\ m_1 n_4 = 0 \\ n_1 = -n_4 \\ n_1 n_4 = -1 \\ m_4 n_4 = 0 \end{cases}$$

Нетрудно показать, что ни одна из этих систем не имеет действительных корней.

В последнем случае (с) суперпозиция $f \circ g$ удовлетворяет системе:

$$\begin{aligned} & p_y (-n_2 u_y + m_4 v_x) + \\ & + q_y (-m_4 u_x + (m_2 - n_4) u_y + m_4 v_y) = 0, \\ & p_y (n_2 u_x + (n_4 - m_2) v_x - n_2 v_y) + \\ & + q_y (n_2 u_y + (n_4 - m_4) v_x) = 0. \end{aligned}$$

Приравнявая, как и выше, коэффициенты при частных производных, получим следующие условия:

$$\begin{cases} n_2 = -n_2 \\ m_4 = 1 \\ m_4 = -1 \\ m_2 - n_4 = m_2 \\ m_4 = n_4 \end{cases} \quad \begin{cases} n_2 = 1 \\ n_4 = m_2 \\ n_2 = -m_4 \\ n_2 = n_2 \\ n_4 - m_4 = 1 \end{cases}$$

Первая из представленных систем не имеет действительных корней, а решение второй системы: $m_2 = 0$, $m_4 = -1$, $n_2 = 1$, $n_4 = 0$ – приводит нас к частному случаю (8.1). ◀

Утверждение 3. Если $\alpha_1 = -\alpha_4$, $\beta_1 = -\beta_4$ и отображение $f(x, y)$ имеет обратное $f^{-1}(x, y)$, то последнее также принадлежит классу $CR_2^2(B)$.

► Из существования обратного отображения вытекает условие:

$$u_x v_y - u_y v_x \neq 0. \quad (9)$$

Обозначим через U, V и p, q координатные функции тождественного $f(f^{-1}(x, y)) = (x, y)$ и обратного f^{-1} отображений соответственно, тогда из определения обратного отображения вытекают соотношения:

$$U_x = 1 \quad U_y = 0$$

$$V_x = 0 \quad V_y = 1.$$

Используя тот же прием, что и в доказательстве утверждения 2, и с учетом условия (9), получим требуемые соотношения:

$$\alpha_1 = \alpha_1, \alpha_2 = \alpha_2, \alpha_3 = \alpha_3, \alpha_4 = -\alpha_1,$$

$$\beta_1 = \beta_1, \beta_2 = \beta_2, \beta_3 = \beta_3, \beta_4 = -\beta_1. \quad \blacktriangleleft$$

Утверждение 4. Обозначим через φ линейное отображение $\varphi(x, y) = (p\xi + q\eta, r\xi + s\eta)$, где p, q, r, s – постоянные. Тогда композиция $f \circ \varphi$ принадлежит классу $CR_2^2(C)$, где

$$C = \begin{pmatrix} a_1 s - a_2 q & a_2 p - a_1 r & a_3 s - a_4 q & a_4 p - a_3 r \\ b_1 s - b_2 q & b_2 p - b_1 r & b_3 s - b_4 q & b_4 p - b_3 r \end{pmatrix}.$$

► Координатные функции отображения $F = f \circ \varphi$ обозначим как U и V , тогда

$$U(\xi, \eta) = u(x(\xi, \eta), y(\xi, \eta)),$$

$$V(\xi, \eta) = v(x(\xi, \eta), y(\xi, \eta)).$$

Значит

$$U_\xi = u_x x_\xi + u_y y_\xi, \quad U_\eta = u_x x_\eta + u_y y_\eta,$$

$$V_\xi = v_x x_\xi + v_y y_\xi, \quad V_\eta = v_x x_\eta + v_y y_\eta.$$

Откуда

$$\begin{cases} pu_x + ru_y = U_\xi \\ qu_x + su_y = U_\eta \end{cases}, \quad \begin{cases} pv_x + rv_y = V_\xi \\ qv_x + sv_y = V_\eta \end{cases}$$

Решив полученные системы, находим:

$$\begin{aligned} u_x &= \frac{sU_\xi - rU_\eta}{ps - rq}, \quad u_y = \frac{pU_\eta - qU_\xi}{ps - rq}, \\ v_x &= \frac{sV_\xi - rV_\eta}{ps - rq}, \quad v_y = \frac{pV_\eta - qV_\xi}{ps - rq}. \end{aligned} \quad (10)$$

Используя выражения (10), получим условия Коши-Римана для пары функций U, V переменных ξ, η :

$$\begin{aligned} & (a_1 s - a_2 q)U_\xi + (a_2 p - a_1 r)U_\eta + \\ & + (a_3 s - a_4 q)V_\xi + (a_4 p - a_3 r)V_\eta = 0, \\ & (b_1 s - b_2 q)U_\xi + (b_2 p - b_1 r)U_\eta + \\ & + (b_3 s - b_4 q)V_\xi + (b_4 p - b_3 r)V_\eta = 0. \quad \blacktriangleleft \end{aligned}$$

Следствие. Если $f(x, y)$ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана

$$a_1 = 1, a_2 = a_3 = 0, a_4 = -1,$$

$$b_1 = 0, b_2 = b_3 = 1, b_4 = 0,$$

то композиция $f \circ \varphi$ удовлетворяет условию:

$$\begin{aligned} & sU_\xi - rU_\eta + qV_\xi - pV_\eta = 0, \\ & -qU_\xi + pU_\eta + sV_\xi - rV_\eta = 0. \end{aligned}$$

Утверждение 5. Пусть $\psi(u, v)$ – линейное отображение с матрицей $\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$, тогда композиция $\psi \circ f$ принадлежит классу $CR_2^2(C)$, где

$$C = \begin{pmatrix} a_1\delta - a_3\gamma & a_2\delta - a_4\gamma & a_3\alpha - a_1\beta & a_4\alpha - a_2\beta \\ b_1\delta - b_3\gamma & b_2\delta - b_4\gamma & b_3\alpha - b_1\beta & b_4\alpha - b_2\beta \end{pmatrix}.$$

► Координатные функции отображения $\Phi = \psi \circ f$ обозначим как U и V , тогда

$$U(x, y) = \alpha u(x, y) + \beta v(x, y),$$

$$V(x, y) = \gamma u(x, y) + \delta v(x, y). \text{ Значит}$$

$$\begin{cases} U_x = \alpha u_x + \beta v_x \\ V_x = \gamma u_x + \delta v_x \end{cases}, \quad \begin{cases} U_y = \alpha u_y + \beta v_y \\ V_y = \gamma u_y + \delta v_y \end{cases}.$$

Решив полученные системы, находим:

$$u_x = \frac{\delta U_x - \beta V_x}{\alpha\beta - \gamma\delta}, \quad u_y = \frac{\delta U_y - \beta V_y}{\alpha\beta - \gamma\delta},$$

$$v_x = \frac{\alpha V_x - \gamma U_x}{\alpha\beta - \gamma\delta}, \quad v_y = \frac{\alpha V_y - \gamma U_y}{\alpha\beta - \gamma\delta} \quad (11)$$

Используя выражения (10), получим условия Коши-Римана для пары функций U, V переменных x, y :

$$\begin{aligned} & (a_1\delta - a_3\gamma)U_x + (a_2\delta - a_4\gamma)U_y + \\ & + (a_3\alpha - a_1\beta)V_x + (a_4\alpha - a_2\beta)V_y = 0, \\ & (b_1\delta - b_3\gamma)U_x + (b_2\delta - b_4\gamma)U_y + \\ & + (b_3\alpha - b_1\beta)V_x + (b_4\alpha - b_2\beta)V_y = 0. \end{aligned}$$

Следствие. Если $f(x, y)$ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана

$$a_1 = 1, a_2 = a_3 = 0, a_4 = -1,$$

$$b_1 = 0, b_2 = b_3 = 1, b_4 = 0,$$

то композиция $\psi \circ f$ удовлетворяет условию:

$$\delta U_x + \gamma U_y - \beta V_x - \alpha V_y = 0$$

$$-\gamma U_x + \delta U_y + \alpha V_x - \beta V_y = 0.$$

Утверждение 5. Если $f(x, y)$ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана

$$a_1 = 1, a_2 = a_3 = 0, a_4 = -1,$$

$$b_1 = 0, b_2 = b_3 = 1, b_4 = 0,$$

$$\psi = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} - \text{линейные преобразования, то отображение } \psi \circ f \circ \varphi \text{ принадлежит классу } CR_2^2(C),$$

где

$$C = \begin{pmatrix} \delta s - \gamma q & \gamma p - \delta r & \alpha q - \beta s & \beta r - \alpha p \\ -\gamma s - \delta q & \gamma r + \delta p & \alpha s + \beta q & -\alpha r - \beta p \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Заметим, что первая строка матрицы (12) состоит из элементов произведения матриц

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ -\gamma & -\delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q & -p \\ -s & r \end{pmatrix}, \text{ а вторая строка из элементов произведения}$$

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ -\gamma & -\delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s & -r \\ q & -p \end{pmatrix}.$$

2. Условия существования отображений класса $CR_2^2(A)$

Пусть задана матрица A . Зададимся вопросом: существуют ли отображения класса $CR_2^2(A)$?

Утверждение 6. Для заданной ненулевой матрицы A существует линейное преобразование плоскости Φ с матрицей $\begin{pmatrix} p & q \\ r & s \end{pmatrix}$ и отображение F , удовлетворяющее классическому условию Коши-Римана, такие, что композиция $F \circ \Phi$ принадлежит классу $CR_2^2(A)$.

► Пусть U, V – координатные функции отображения F . Так как F удовлетворяет классическому условию Коши-Римана:

$$\begin{cases} U_x = V_y \\ U_y = -V_x \end{cases},$$

а матрица Якоби для композиции будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} U_x & U_y \\ -U_y & U_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p & q \\ r & s \end{pmatrix} = \\ & = \begin{pmatrix} pU_x + rU_y & qU_x + sU_y \\ -pU_y + rU_x & -qU_y + sU_x \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Тогда условие Коши-Римана с матрицей A запишется в виде:

$$\begin{aligned} & a_1(pU_x + rU_y) + a_2(qU_x + sU_y) + \\ & + a_3(rU_x - pU_y) + a_4(sU_x - qU_y) = 0, \\ & b_1(pU_x + rU_y) + b_2(qU_x + sU_y) + \\ & + b_3(rU_x - pU_y) + b_4(sU_x - qU_y) = 0. \end{aligned}$$

Приведем подобные:

$$\begin{aligned} & (a_1p + a_2q + a_3r + a_4s)U_x + \\ & + (a_1r + a_2s - a_3p - a_4q)U_y = 0, \\ & (b_1p + b_2q + b_3r + b_4s)U_x + \\ & + (b_1r + b_2s - b_3p - b_4q)U_y = 0. \end{aligned}$$

Рассмотрим алгебраическую линейную систему уравнений:

$$\begin{aligned} a_1 p + a_2 q + a_3 r + a_4 s &= 0 \\ a_1 r + a_2 s - a_3 p - a_4 q &= 0 \\ b_1 p + b_2 q + b_3 r + b_4 s &= 0 \\ b_1 r + b_2 s - b_3 p - b_4 q &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Если эта система имеет ненулевое решение, то существует отображение, принадлежащее классу $CR_2^2(A)$, при этом в качестве F подойдет любое отображение, удовлетворяющее классическому условию CR. Система (13) имеет ненулевое решение тогда и только тогда, когда определитель ее матрицы равен нулю.

В случае, когда определитель не равен нулю, в качестве F подходят только линейные отображения. Тогда U_x и U_y постоянны, и хотя бы одно из этих чисел, например, $U_x \neq 0$. ◀

Заметим, что для отыскания p, q, r, s достаточно решить систему:

$$\begin{aligned} a_1 r + a_2 s - a_3 p - a_4 q &= 1 \\ a_1 p + a_2 q + a_3 r + a_4 s &= -U_y / U_x \\ b_1 r + b_2 s - b_3 p - b_4 q &= 1 \\ b_1 p + b_2 q + b_3 r + b_4 s &= -U_y / U_x \end{aligned}$$

Поставим и решим еще две задачи, касающиеся существования отображений, удовлетворяющих обобщенным условиям Коши-Римана.

Задача 1. Пусть отображение f принадлежит классу $CR_2^2(A)$. При каких условиях найдется линейное преобразование Φ , с которым $F = f \circ \Phi$ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана.

Решение. Пусть $\begin{pmatrix} p & q \\ r & s \end{pmatrix}$ матрица преобразования Φ . Согласно утверждению 4 композиция F принадлежит классу $CR_2^2(C)$ с матрицей

$$C = \begin{pmatrix} a_1 s - a_2 q & a_2 p - a_1 r & a_3 s - a_4 q & a_4 p - a_3 r \\ b_1 s - b_2 q & b_2 p - b_1 r & b_3 s - b_4 q & b_4 p - b_3 r \end{pmatrix}.$$

Из предположения, что F удовлетворяет классическому условию Коши-Римана, получаем систему:

$$\begin{aligned} a_1 s - a_2 q - a_4 p + a_3 r &= 0 \\ b_2 p - b_1 r + b_3 s - b_4 q &= 0 \\ a_2 p - a_1 r &= 0 \\ a_3 s - a_4 q &= 0 \\ b_1 s - b_2 q &= 0 \\ b_4 p - b_3 r &= 0. \end{aligned}$$

Перепишем систему в стандартном виде:

$$\begin{aligned} a_4 p + a_2 q - a_3 r - a_1 s &= 0 \\ b_2 p - b_4 q - b_1 r + b_3 s &= 0 \\ a_2 p - a_1 r &= 0 \\ a_4 q - a_3 s &= 0 \\ b_2 q - b_1 s &= 0 \\ b_4 p - b_3 r &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Обозначим

$$B = \begin{pmatrix} a_4 & a_2 & -a_3 & -a_1 \\ b_2 & -b_4 & -b_1 & b_3 \\ a_2 & 0 & -a_1 & 0 \\ b_4 & 0 & -b_3 & 0 \\ 0 & a_4 & 0 & -a_3 \\ 0 & b_2 & 0 & -b_1 \end{pmatrix}.$$

Так как нас интересуют только ненулевые решения системы (14), а они существуют лишь тогда, когда, ранг матрицы B меньше 4.

Ответ: задача 1 имеет решение тогда и только тогда, когда ранг матрицы B меньше 4.

Заметим, что если третья и четвертая строки матрицы B линейно независимы, или линейно независимы пятая и шестая строки, то ранг матрицы B равен 4.

Задача 2. Пусть отображение f принадлежит классу $CR_2^2(A)$. При каких условиях найдется линейное преобразование Ψ , с которым $\Phi = \psi \circ f$ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана.

Решение. Пусть $\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ матрица преобразования Ψ . Согласно утверждению 5 композиция Φ принадлежит классу $CR_2^2(C)$ с матрицей

$$C = \begin{pmatrix} a_1 \delta - a_3 \gamma & a_2 \delta - a_4 \gamma & a_3 \alpha - a_1 \beta & a_4 \alpha - a_2 \beta \\ b_1 \delta - b_3 \gamma & b_2 \delta - b_4 \gamma & b_3 \alpha - b_1 \beta & b_4 \alpha - b_2 \beta \end{pmatrix}.$$

Из предположения, что Φ удовлетворяет классическому условию Коши-Римана, получаем систему:

$$\begin{aligned} a_1 \delta - a_3 \gamma - a_4 \alpha + a_2 \beta &= 0 \\ b_2 \delta - b_4 \gamma + b_3 \alpha - b_1 \beta &= 0 \\ a_2 \delta - a_4 \gamma &= 0 \\ a_3 \alpha - a_1 \beta &= 0 \\ b_1 \delta - b_3 \gamma &= 0 \\ b_4 \alpha - b_2 \beta &= 0. \end{aligned}$$

Перепишем систему в стандартном виде:

$$\begin{aligned}
 a_4\alpha - a_2\beta + a_3\gamma - a_1\delta &= 0 \\
 b_3\alpha - b_1\beta - b_4\gamma + b_2\delta &= 0 \\
 a_4\gamma - a_2\delta &= 0 \\
 a_3\alpha - a_1\beta &= 0 \\
 b_3\gamma - b_1\delta &= 0 \\
 b_4\alpha - b_2\beta &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Обозначим

$$B = \begin{pmatrix} a_4 & -a_2 & a_3 & -a_1 \\ b_3 & -b_1 & -b_4 & b_2 \\ b_4 & -b_2 & 0 & 0 \\ a_3 & -a_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_3 & -b_1 \\ 0 & 0 & a_4 & -a_2 \end{pmatrix}$$

Литература

1. Векуа И. Н. Об одном свойстве решений обобщенной системы уравнений Коши-Римана // Сообщ. АН ГССР. 1953. Т. 14. № 8. С. 449 – 453.
2. Латфуллин Т. Г. Квазикомформные отображения, удовлетворяющие условиям, подобным условиям Коши-Римана // Труды Международной конференции Ломоносовские чтения на Алтае. 2014. С. 323 – 327.
3. Латфуллин Т. Г. Когда однородная система УЧП первого порядка имеет линейное решение // Сб. науч. ст. Международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае». 2012. С. 314 – 318.
4. Морев И. А. Об одном обобщении уравнений Коши-Римана и гармоничности моногенных гиперкомплексных функций // Известия вузов. Математика. 1958. № 3. С. 176 – 182.
5. Ward J. A. From Generalized Cauchy-Riemann Equations to Linear Algebras Proceedings of the American Mathematical Society. Vol. 4. № 3. (Jun., 1953). P. 456 – 461.
6. Williams K. P. A Generalization of the Cauchy-Riemann Equations. The Annals of Mathematics, 2nd Ser. Vol. 30. № 1/4. (1928 – 1929). P. 206 – 210. Jstor.

Информация об авторах:

Швемлер Наталья Александровна – аспирант кафедры математического анализа и теории функций Института математики и компьютерных наук Тюменского государственного университета, shvemler.natalya@mail.ru.

Natalia A. Shvemler – post-graduate student at the Department of Mathematical Analysis and Functions Theory, Institute of Mathematics and Computer Sciences, Tyumen State University.

(Научный руководитель – Т. Г. Латфуллин). (Academic advisor – T. G. Latfullin).

Латфуллин Тагир Гумерович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и теории функций Института математики и компьютерных наук Тюменского государственного университета, tlatfullin@yandex.ru.

Tagir G. Latfullin – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Mathematical Analysis and Functions Theory, Institute of Mathematics and Computer Sciences, Tyumen State University.

Система (15) имеет ненулевые решения лишь когда ранг матрицы В меньше 4.

Ответ: задача 1 имеет решение тогда и только тогда, когда ранг матрицы В меньше 4.

Заключение

В статье найдены достаточные условия замкнутости класса CR_2^2 относительно операций сложения, суперпозиции и обратного отображения. Также представлено, как изменяются обобщенные условия Коши-Римана после линейных преобразований отображений. Во второй части найдены условия, при которых существуют отображения принадлежащие классу CR_2^2 с заданной матрицей коэффициентов системы. А также поставлены и решены две задачи касающиеся существования отображений принадлежащие классу CR_2^2 .

Статья поступила в редколлегию 10.08.2015 г.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 631.48

МОРФОЛОГИЯ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Н. Ю. Жаринова, Г. Ю. Ямских

THE MORPHOLOGY OF THE FLOODPLAIN SOILS OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

N. Yu. Zharinova, G. Yu. Yamskikh

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-45-04381.

Статья посвящена пойменным почвам Красноярской лесостепи. Целью статьи является характеристика морфологических свойств пойменных почв малых рек (притоков реки Енисей) Березовка, Есауловка, Кача и Бузим на территории Красноярской лесостепи. Авторами продолжено комплексное исследование пойменных почв, которое подтверждается новыми материалами. В результате исследования выявлен доминирующий тип, установлен набор доминирующих элементарных почвообразовательных процессов для всех изученных пойменных почв малых рек Красноярской лесостепи. Выявлены характерные макроморфологические и микроморфологические свойства аллювиальных торфяно-глеевых почв, черноземовидных, аллювиальных темногомусовых почв – доминирующего типа почв, который встречается как на низких, так и на высоких уровнях пойм. В зависимости от различной степени развития почв, в том числе мощности гумусового горизонта, в пределах типа были выделены следующие подтипы почв: аллювиальные темногомусовые гидрометаморфизованные (характерен для пойм реки Березовка); аллювиальные темногомусовые глееватые (характерен для пойм рек Есауловка, Кача и Бузим). Проведена оценка пойменных почв с точки зрения их плодородия и степени развития.

The paper is devoted to the floodplain soils of Krasnoyarsk forest-steppe. The aim of the paper is to characterize the morphological properties of the floodplain soils of small rivers (tributaries of the Yenisei River): the Berezovka, the Esaulovka, the Kacha and the Buzim in the territory of Krasnoyarsk forest-steppe. The authors continue a comprehensive study of floodplain soils, which is supported by new materials. The dominant type, elementary dominant soil-forming processes for all the studied floodplain soils of small rivers of the Krasnoyarsk forest-steppe are determined. The research revealed the characteristics of macro-morphological and micro-morphological properties of alluvial peat-gley soils, black soil and dark humus alluvial soil – the dominant soil types which occur both at low and at high levels of floodplains. There are the sub-types of the dominant soil type: alluvial dark humus hydro-metamorphosed soils (typical for floodplains of the river Berezovka); alluvial dark humus gleyey soils (typical for floodplains of the Esaulovka, the Kacha and the Buzim). The sub-type depends on the varying degrees of the soils development and the width of humus horizons. The evaluation of floodplain soils in terms of their fertility and evolution was performed.

Ключевые слова: Красноярская лесостепь, пойменные почвы, аллювиальные почвы, морфологические свойства, элементарные почвообразовательные процессы.

Keywords: Krasnoyarsk forest-steppe, floodplain soils, alluvial soils, morphological properties, basic soil-forming processes.

Введение

Изучение почв, развивающихся в долинах рек, является весьма актуальным с позиций фундаментальной науки и практики. Это связано с тем, что хозяйственная деятельность осуществляется в основном в пределах речных бассейнов, внутри водоразделов больших и малых рек.

Пойменные почвы выполняют важные биосферные функции: среды обитания организмов суши, участие в дифференциации географической оболочки и биосферы, фактора биологической эволюции [5]. Наиболее важная функция заключается в выполнении роли связующего звена в биологическом и геологическом круговоротах, ввиду особого положения пойменных почв – на стыке атмосферы, литосферы и гидросферы. Во всех случаях гидроморфные почвы формируются в транзитных, либо аккумулятивных ландшафтно-геохимических условиях.

Гидроморфные почвы служат геохимическим барьером на пути миграции тех или иных соединений

[7], а потому играют важную роль в биологическом и геологическом круговоротах. Кроме того, рациональное природопользование невозможно без знания закономерностей развития региональных природных комплексов. Несмотря на огромную значимость, пойменные почвы слабо изучены в долинах малых рек, в том числе на территории Красноярской лесостепи.

Сложность пойменного процесса почвообразования, его высокий динамизм, специфика водного питания, существенное влияние интразональных факторов на зонально-поясные закономерности являются основной причиной недостаточной изученности пойменных экосистем [11].

Аллювиальные почвы относятся к традиционно наименее изученным. Основным аргументом слабой изученности аллювиальных почв является пестрота почвенного покрова. За более чем вековую историю генетического почвоведения отношение к этим почвам практически не изменилось [12]. Сложность природы аллювиальных почв определяется тем, что они,

как правило, характеризуются неопределенной морфологией профиля в результате синхронного действия, с одной стороны, почвообразовательного и, с другой стороны, геоморфологического (аллювиального) процессов [4].

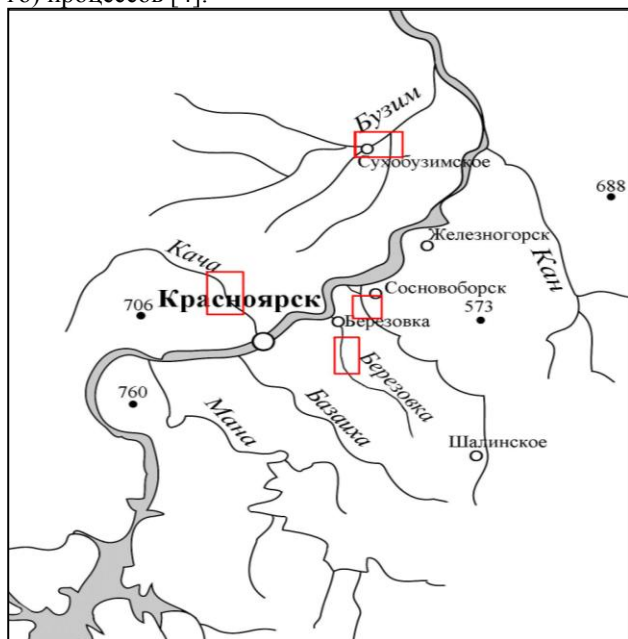


Рис. 1. Карта-схема района исследования

Анализ литературы показывает, что наиболее трудным и нерешенным разделом в изучении пойменных почв является их диагностика. Традиционный профильно-морфологический метод и результаты хи-

мических анализов почв не позволяют достаточно полно раскрыть сущность пойменного почвообразования, что обусловлено особыми «земноводными» условиями существования большинства пойменных почв и слабой дифференциацией профиля на генетические горизонты. Большие возможности для диагностики пойменных почв появились в связи с развитием микроморфологии [1].

Район и методы исследования

Район исследования располагается в долинах рек Березовка, Есауловка, Кача, Бuzим и охватывает Красноярскую предгорную лесостепную котловину [9]. Объектами исследования являются пойменные почвы малых рек Красноярской лесостепи (рис. 1).

Для изучения пойменных почв Красноярской лесостепи было заложено 20 разрезов на разных уровнях пойм рек Березовка, Есауловка, Кача и Бuzим: 16 разрезов – на незначительном (до 7 м) удалении от русла рек; 4 разреза – на достаточно удаленных (до 40 м) пониженных участках центральной поймы. Расположение и названия изученных разрезов, а также типы почв приведены в таблице 1.

Макроморфологическое описание разрезов выполнено согласно методикам Веклич и др. [2], Колесникова [8], отобраны образцы (всего 114 образцов). Микроморфологические исследования выполнены при помощи оптического поляризационного микроскопа по схеме, предложенной в Международном руководстве [15] с учетом комментариев для корректного русского перевода [3; 10] и учебно-методического комплекса А. А. Ямских [14].

Таблица 1

Расположение изученных разрезов и названия типов почв пойм Красноярской лесостепи

Низкая пойма	Высокая пойма	Депрессия центральной поймы
Почвенные разрезы поймы реки Березовка		
<i>разрез Березовка-1(I)</i> почва аллювиальная темногумусовая гид- рометаморфизованная на тяжелосуглини- стых отложениях	<i>разрез Березовка-1(III)</i> почва аллювиальная темногумусовая гидрометаморфизованная на тяжелосуг- линистых отложениях	<i>разрез Березовка-2(I)</i> почва аллювиальная торфяно-глеевая на тяжелосуглинистых отложениях
<i>разрез Березовка-1(II)</i> почва аллювиальная темногумусовая гид- рометаморфизованная на тяжелосуглини- стых отложениях	<i>разрез Березовка-1(IV)</i> почва аллювиальная темногумусовая гидрометаморфизованная на тяжелосуг- линистых отложениях	
Почвенные разрезы поймы реки Есауловка		
<i>разрез Есауловка-2(I)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Есауловка-2(III)</i> почва аллювиальная темногумусовая глееватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Есауловка-3(I)</i> почва аллювиальная торфяно-глеевая на супесчаных отложени- ях
<i>разрез Есауловка-2(II)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Есауловка-2(IV)</i> почва аллювиальная темногумусовая глееватая на связно песчаных отложениях	
Почвенные разрезы поймы реки Кача		
<i>разрез Кача-1(I)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Кача-1(III)</i> почва аллювиальная темногумусовая глееватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Кача-2(I)</i> почва аллювиальная торфяно-глеевая на тяжелосуглинистых отложениях
<i>разрез Кача-1(II)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на связно песчаных отложениях	<i>разрез Кача-1(IV)</i> почва аллювиальная темногумусовая глееватая на связно песчаных отложениях	

Почвенные разрезы поймы реки Бузим		
<i>разрез Бузим-1(I)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на легкосуглинистых отложениях	<i>разрез Бузим-1(III)</i> почва аллювиальная темногумусовая глееватая на легкосуглинистых отложе- ниях	<i>разрез Бузим-2(I)</i> почва аллювиальная торфяно-глеевая на среднесуглинистых отложениях
<i>разрез Бузим-1(II)</i> почва аллювиальная темногумусовая глее- ватая на легкосуглинистых отложениях	<i>разрез Бузим-1(IV)</i> почва черноземовидная на легкосуглини- стых отложениях	

Результаты исследования

Макроморфологические свойства. В аллювиальных торфяно-глеевых почвах Красноярской лесостепи верхние горизонты (Т) имеют темно-бурую окраску, в разрезах Есауловка-3 (I) и Кача-2 (I) отличаются хорошей оторфованностью, в разрезах Березовка-2 (I) и Бузим-2 (I) оторфованы слабее. Преобладание сизого оттенка и обильных ржавых пятен оксидов железа в горизонтах (G и CG~) свидетельствует о протекании процесса оглеения. Почвы содержат влагу в большом количестве: верхние горизонты (Т) являются влажными (разрезы Кача-2 (I) и Бузим-2 (I)), мокрыми (разрезы Есауловка-3 (I) и Березовка-2 (I)). Горизонты G являются мокрыми, с глубины 20 – 30 см заметно просачивается вода. Горизонты С частично были погружены под воду. Структура почв комковатая, наиболее выраженная в горизонтах G. Почвы преимущественно уплотнены, являются среднепористыми, среднетрещиноватыми.

Для черноземовидной почвы Красноярской лесостепи окраска верхнего горизонта темно-серая, почти до черного, обусловленная высоким содержанием гумуса, что является одним из диагностических признаков для выделения темногумусового горизонта (AU) [6]. Ниже залегает серовато-бурый горизонт, влажный, с обильными сизоватыми и ржавыми пятнами, который был определен как структурно-метаморфический с признаками оглеения и наличием

железистых и марганцево-железистых конкреций (BMnn) [6]. Горизонт Cg, np~ слоистый, имеет сизый оттенок и обильные ржавые пятна за счет образования оксидов железа, присутствуют железистые и железисто-марганцевые конкреции. Горизонты являются свежими (верхние горизонты), влажными либо переувлажненными (нижние горизонты, материнская порода). Структура наиболее развита в верхнем горизонте, комковатая. Почва в верхней части профиля уплотнена, является среднепористой, среднетрещиноватой, в нижней части профиля – плотная.

Для аллювиальных темногумусовых почв Красноярской лесостепи характерна преимущественная окраска верхних горизонтов темно-серая, преобладание сизого оттенка и обильных ржавых пятен за счет образования оксидов железа в нижележащих горизонтах свидетельствует о протекании процесса оглеения (для подтипа аллювиальных темногумусовых глееватых), преобладание грязно-серого до стального цвета в нижележащих горизонтах, а также бурное вскипание от HCl (для подтипа аллювиальных темногумусовых гидрометаморфизованных), горизонты являются свежими (верхние горизонты), влажными либо переувлажненными (нижние горизонты, материнская порода), структура непрочная, чаще комковатая или ореховатая, почвы преимущественно уплотнены, являются среднепористыми, среднетрещиноватыми (рис. 2).

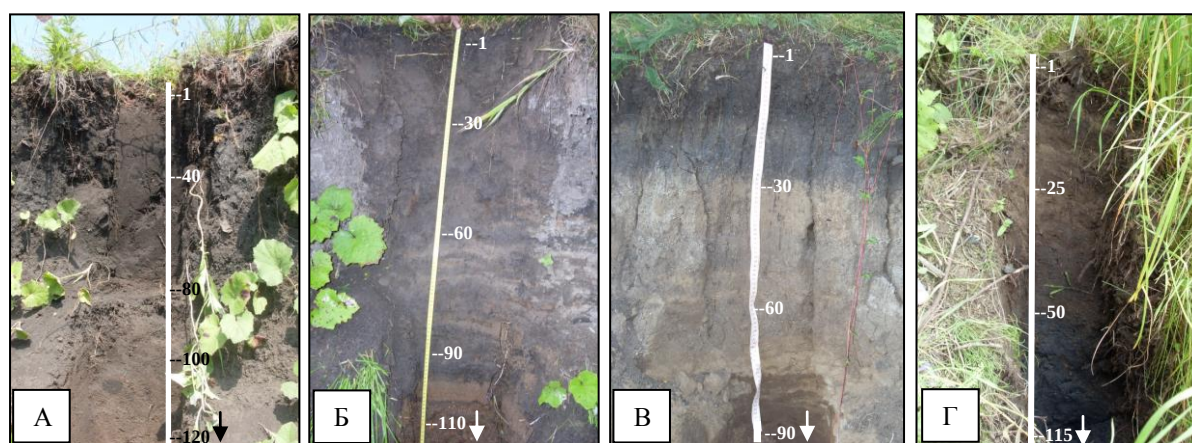


Рис. 2. Строение аллювиальных темногумусовых почв высоких пойм рек Березовка (А), Есауловка (Б), Кача (В), Бузим (Г)

Микроморфологическое строение. В результате микроморфологического исследования выявлен ряд свойств пойменных почв. Для аллювиальных торфяно-глеевых почв главными отличительными чертами

являются медленная гумификация и минерализация большого количества растительных остатков (рис. 3), за счет которых в горизонте Т наблюдается высокая (более 30 %) пористость.

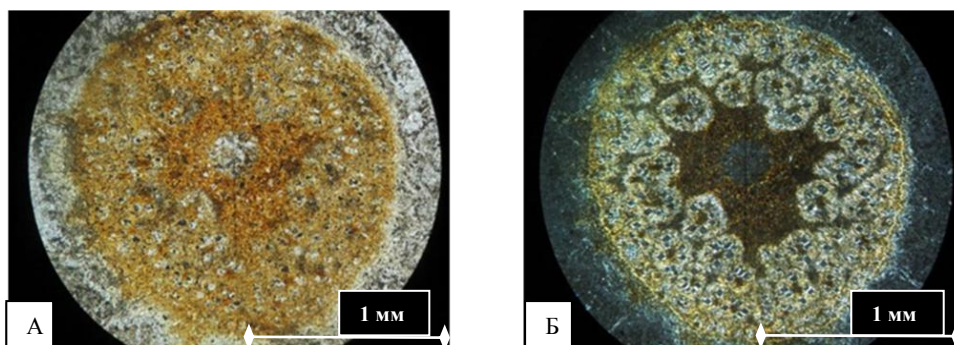


Рис. 3. Растительные остатки, замещающиеся оксидами железа, горизонт Т, разрез Бузим-2(І), ↑ верх, увеличение $\times 200$, параллельные николи (А), скрещенные николи (Б)

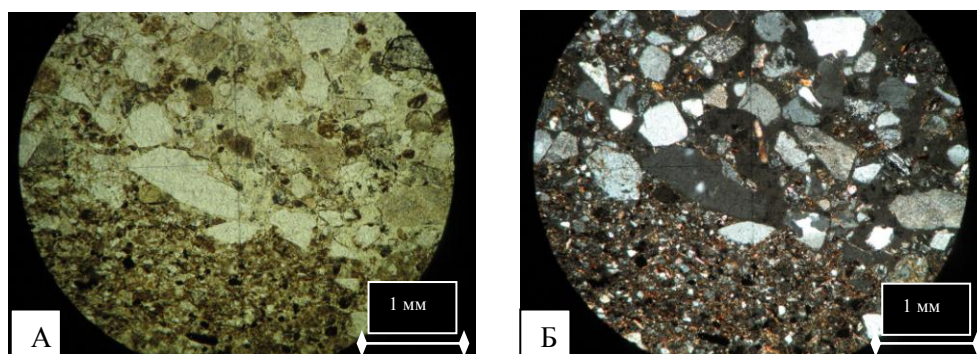


Рис. 4. Микростроение горизонта АU, разрез Кача-1(ІІ), ↑ верх, увеличение $\times 100$, параллельные николи (А), скрещенные николи (Б)

Аллювиальные темногомусовые почвы, формирующиеся в приустьевой части поймы, развиваются в условиях интенсивного аллювиального процесса, вследствие этого они характеризуются макро- и микрослоистостью, низкой степенью выраженности почвообразовательного процесса, слабой генетической дифференциацией профиля, наличием значительного количества неагрегированного или плохо агрегированного материала, включающего грубые растительные остатки. Почвы низких пойм характеризуются плохой сортированностью зерен минералов, компактным либо рыхлым микростроением, плохо развитым поровым пространством (до 10 %). Для почв низкой поймы реки Березовка отмечается утяжеление гранулометрического состава вниз по профилям, р. Бузим – облегчение гранулометрического состава с глубиной. Для почв низких пойм рек Кача и Есауловка хорошо выражена микрослоистость (рис. 4).

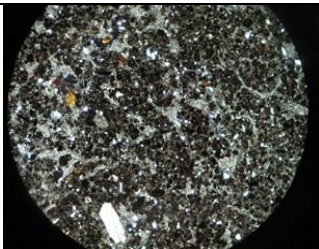
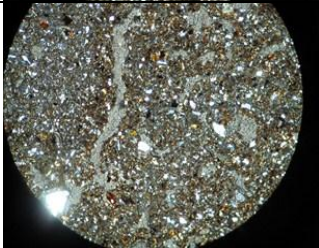
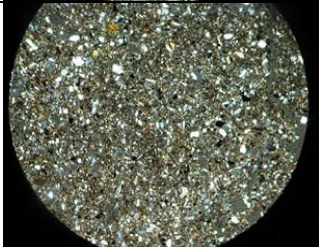
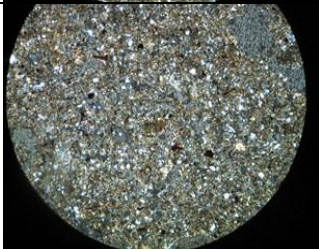
Аллювиальные темногомусовые почвы, развивающиеся на высоких уровнях пойм обладают схожими свойствами с черноземовидной почвой, а именно: обладают хорошей сортированностью минерального материала, развитыми темногомусовыми горизонтами, которые приобретают более темную, почти черную окраску, выраженной переработкой почвенными организмами, (заметны копролиты), развитыми комковатой структурой, межагрегатным пространством (до 30 %, поры комплексной упаковки, каналы, трещины, пузырьковые, ваги) и губчатым микростроением. Хорошо выражена дифференциация верхних с нижележащими горизонтами, которые имеют более

светлую окраску, компактное либо фрагментарное микростроение, поровое пространство представлено преимущественно трещинами. Почвы поймы реки Березовка выделяются хорошо заметным утяжелением гранулометрического состава вниз по профилю (таблица 2).

Для почв пойм рек Есауловка, Кача и Бузим отмечается облегчение гранулометрического состава с глубиной. Гумус преимущественно находится в форме тонкодисперсного вещества, пигмента, встречается углистый и точечный гумус. Минералогический состав представлен зернами кварца, калиевых полевых шпатов (плагиоклаза, микроклина), эпидота, слюд, цоизита, гидроокислов железа, карбонатов в пойменных почвах всех изученных рек. Также характерно содержание эффузивов в пойменных почвах рек Березовка, Есауловка, Кача; амфибола (реки Березовка и Есауловка); микрокварцита, алевролита (реки Есауловка, Кача, Бузим); глауконита, циркона (реки Есауловка, Бузим); хлорита (реки Кача, Бузим); пойменные почвы реки Есауловка выделяются наличием в скелете халцедона (разновидность кварца), пирита и граната. Выявлены железистые и глинисто-гумусовые аморфные пропиточные новообразования и конкреции, гипо- и квазикутаны, интенсивная гумификация растительных остатков с частичным их ожелезнением и окарбоначиванием [6].

Таблица 2

Микростроение аллювиальной темногумусовой почвы высокой поймы р. Березовки
(↑ – верх, увеличение $\times 100$, скрещенные николи)

Индекс горизонта, глубина, см	Разрез Березовка-1(IV)
AU 30 – 40	
AU(q) 70 – 80	
AU(q) 100 – 110	
C(ca), q~ 170 – 180	

Выводы

1. В результате исследований пойменных почв в среднем течении малых рек Березовка, Есауловка, Кача и Бузим на территории Красноярской лесостепи были выделены следующие типы почв: аллювиальные торфяно-глеевые почвы, черноземовидные, аллювиальные темногумусовые почвы – доминирующий тип.

2. Наличие процесса оглеения и степень его развития в аллювиальных темногумусовых почвах является основанием для выделения подтипов гидрометаморфизованные (характерен для пойм реки Березовка) и глееватые (характерен для пойм рек Есауловка, Кача и Бузим).

3. На основании макро- и микроморфологических исследований для аллювиальных торфяно-глеевых почв Красноярской лесостепи установлен следующий набор доминирующих ЭПП: торфообразование, оглеение, гидроморфное оструктуривание, ожелезнение, оруденение; для аллювиальных темногумусовых почв низких пойм – слабое гумусообразование и биогенное оструктуривание, ожелезнение, оглеение; для аллювиальных темногумусовых почв высоких пойм и черноземовидной почвы – интенсивное гумусообразование и гумусонакопление, биогенное и гидроморфное оструктуривание, оглеение, ожелезнение, окарбонирование.

4. Пойменные почвы на высоких уровнях пойм малых рек Красноярской лесостепи являются наиболее ценными, но уязвимыми объектами природопользования, здесь выделены хорошо развитые, высокопродуктивные почвы, ценность которых сопоставима с черноземами выщелоченными.

Литература

1. Балабко П. Н. Микроморфология, диагностика и рациональное использование пойменных почв Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1991. 47 с.
2. Веклич М. Ф., Матвишина Ж. Н., Медведев В. В., Сиренко Н. А., Федоров К. Н. Методика палеопедологических исследований. Киев: Наукова думка, 1979. 272 с.
3. Герасимова М. И., Ковда И. В., Лебедева М. П., Турсина Т. В. Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв // Почвоведение. 2011. № 7. С. 804 – 817.
4. Добровольский Г. В. Учение о почвообразовании в поймах и дельтах рек и его значение в развитии генетического почвоведения // Почвоведение. 1984. № 12. С. 27 – 33.
5. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
6. Жаринова Н. Ю. Почвы пойм малых рек Красноярской лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск: КрасГАУ, 2011. 18 с.
7. Ковда В. А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 1. 448 с.; Кн. 2. 468 с.
8. Колесников С. И. Почвоведение с основами геологии: учебное пособие. М.: Изд-во РИОР, 2005. 150 с.
9. Лиханов Б. Н. Природное районирование // Природные условия и естественные ресурсы СССР. Средняя Сибирь / ред. И. П. Герасимов [и др.]. М.: Наука, 1964. С. 327 – 384.
10. Парфенова Е. И., Ярилова Е. А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука, 1977. 189 с.
11. Убугунов Л. Л., Убугунов В. И., Корсунов В. М. Почвы пойменных экосистем Центральной Азии. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. 217 с.
12. Урушадзе А. Т. Аллювиальные почвы Восточной Грузии // Почвоведение. 2005. № 1. С. 38 – 46.

13. Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация почв и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
14. Ямских А. А. Справочные материалы к практическим занятиям по микроморфологии почв: учебно-методический комплекс. Красноярск, 2006. 72 с.
15. Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, 1985. 185 p.

Информация об авторах:

Жаринова Наталья Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры географии института Экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета, г. Красноярск, nata_1986@bk.ru

Natalya Yu. Zharinova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Geography, Institute of Economics, Management and Environmental Studies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk.

Ямских Галина Юрьевна – доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии института Экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета, г. Красноярск, yamskikh@mail.ru.

Galina Yu. Yamskikh – Doctor of Geography, Head of the Department of Geography, Institute of Economics, Management and Environmental Studies, Siberian Federal University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 551.43

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

(на примере города Кемерово)

О. Е. Пряженникова, А. В. Заушинцева

GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE URBAN TERRITORY (the example of Kemerovo)

O. E. Pryazhennikova, A. V. Zaushintsena

Рассмотрены геоморфологические особенности урбанизированной территории на примере города Кемерово, проведен анализ фондовых картографических материалов (карты административного деления города Кемерово, карты природных ограничений города Кемерово, карты функциональных зон города Кемерово, топографической карты лист № – 45 – А). Составлены геоморфологическая карта-схема города Кемерово, геоморфологическая карта-схема города Кемерово с участками подработанных территорий и эродированных поверхностей. Методом пластики рельефа выявлены элементарные поверхности, которые в дальнейшем могут быть использованы для выделения бассейновых ландшафтных структур.

The paper considers the geomorphological features of urban areas with the example of Kemerovo; the analysis of the stock of cartographic materials (maps of the administrative division of the city of Kemerovo, maps of the natural limits of the city of Kemerovo, maps of functional zones of the city of Kemerovo, topographic map sheet No. – 45 – A) was performed. The geomorphological map of the city of Kemerovo and the geomorphological map of the city of Kemerovo with areas of undermined areas and eroded surfaces were compiled. The elementary surfaces which can later be used to identify basin landscape structures were identified using the method of plasty of the relief.

Ключевые слова: урбанизированная территория, надпойменная терраса, русло, речная долина, пойма, склон, водораздел, геоморфологическая карта.

Keywords: urbanized territory, floodplain terrace, river bed, river valley, floodplain, slope, watershed, geomorphological map.

Естественные формы и элементы рельефа на урбанизированных территориях испытывают значительные изменения при строительных работах, посредством уже сформировавшейся застройки, функционировании и дальнейшем развитии городской инфраструктуры, наличия горных выработок в пределах городской черты, деятельности промышленных предприятий. Однако при антропогенном воздействии в условиях урбанизации геоморфологическая основа сохраняется и представляет собой естественный «каркас» территории, который должен учитываться при планировочных работах в градостроительстве, отведении зон, различаю-

щихся по характеру использования и др. В данной работе геоморфологические особенности урбанизированной территории на примере города Кемерово изучались с целью дальнейшего использования при составлении качественных, структурных и пространственных характеристик урбанизированных ландшафтов. Ландшафтно-географический подход позволяет использовать структурно-геоморфологические элементы для выделения ландшафтов, так как границы их часто совпадают [5].

Целью исследований являлось изучение геоморфологических особенностей урбанизированных терри-

торий на примере города Кемерово с помощью методов картографического исследования территории, пластики рельефа, геоморфологического картографирования.

Задачи исследований:

- провести анализ картографических материалов (карты административного деления города Кемерово, карты природных ограничений города Кемерово, карты функциональных зон города Кемерово, топографической карты лист № – 45 – А);
- с помощью геоинформационного приложения MapInfo Professional, составить: геоморфологическую карту-схему города Кемерово, геоморфологическую карту-схему города Кемерово с участками подработанных территорий и эродированных поверхностей;
- на топографической основе города Кемерово (система горизонталей и гидрографическая сеть) методом пластики рельефа выявить элементарные поверхности.

Материал и методы исследований

В качестве объекта исследований была определена территория Кемеровского городского округа. Изучение геоморфологических особенностей территории осуществляли путем анализа и сопоставления карт (карты административного деления города Кемерово, карты природных ограничений города Кемерово, карты функциональных зон города Кемерово, топографической карты лист № – 45 – А, ландшафтной карты Алтае-Саянского экорегиона, ландшафтной карты России и др.). Географические особенности территории рассматривали по литературным источникам.

В качестве основы для геоморфологической характеристики территории использовали составленную нами геоморфологическую карту-схему города Кемерово. Основные элементы речной долины (русло, пойму, надпойменные террасы, притоки) и прилегающие к ней равнины выявляли при сопоставлении карт методом наложения. Для этого использовали карты – природных ограничений города Кемерово, функциональных зон города Кемерово, выполненных в едином масштабе 1:20000. Семантическое описание выявленных форм рельефа составляли с помощью дополнительных литературных источников. Геоморфологическая карта-схема города Кемерово послужила топографической основой для выделения подработанных территорий в пределах шахтных полей, эродированных поверхностей и участков с проявлением механической суффозии.

С целью последующего изучения ландшафтной структуры города механизмов перераспределения вещества в условиях неровностей земной поверхности методом пластики рельефа (Ласточкин, Ильина [4; 2]), по изогипсам топографической карты были выявлены элементы: водораздельные поверхности – плакоры, приводороздельные склоны; прибалочные и придолинные склоны, гидрографическая сухоходная сеть.

Результаты исследований и их обсуждение

Город Кемерово в физико-географическом отношении принадлежит к Алтае-Саянской горной стране, Кузнецко-Салаирской области, Кузнецкой провинции. Территория сформировалась в области внутриплитово-

го горообразования, в пределах шовных зон (складчатых областей) палеозойского возраста, горы сводово-глыбовые, возрожденные. По геоморфологическим особенностям территория отнесена к Южносибирской стране, Кузнецко-Тувинской провинции разновозрастных гор, нагорий и глубоких впадин. В пределах данной провинции расположено Салаирско-Кузнецкое пологое куполообразное тектоническое поднятие с Кузнецкой межгорной котловиной в центре. Кемеровский городской округ географически приурочен к северной части Кузнецкой котловины – равнинной, глубоко расчлененной эрозией. Денудационно-эрозионная равнина представлена комплексом относительно сглаженных форм флювиальной морфоскульптуры.

Ландшафты, формирующиеся в пределах городской территории, представлены Суббореальным северным, семигумидным, лесостепным зонально-секторным типом, высотно-ярусным классом – равнинных возвышенных ландшафтов.

Территориально городское поселение простирается в бассейне реки Томи и её притоков, правобережная и левобережная части города связаны транспортной и энергетической инфраструктурой (рис. 1).

Изучение геоморфологических особенностей урбанизированной территории осложняется расположением на земной поверхности тесной городской застройки промышленно освоенных районов, участков горных выработок, развитой транспортной и энергетической инфраструктурой. Учитывая данные сложности для характеристики геоморфологии территории городского округа, была составлена Геоморфологическая карта-схема города Кемерово (рис. 2).

В правобережье города хорошо выражена третья надпойменная терраса, узкой полосой она простирается вдоль русла реки Томи в направлении с востока на запад, расширяясь в долинах её правых притоков – Крутой ручей, река Алыкаевка, река Малая Чесноковка. Третья надпойменная терраса реки Томи сложена илами, лессовидными суглинками, песками мощностью 10 – 27 м. Абсолютные отметки поверхности в пределах третьей надпойменной (правобережной) террасы изменяются в пределах от 144 до 152 м. Грунтовые воды залегают преимущественно на глубине 2 – 5 м, на некоторых участках водоносные горизонты простираются на больших глубинах до 10 м.

В устьевых участках рек Люскус, Каменушка (правые притоки реки Томи первого порядка) и их нижних течениях третья надпойменная терраса эродирована, глубоко расчленена, крутые склоны обращены в сторону постоянных водотоков, имеют уклон более 10°. Участки террасы в междуречьях притоков с севера ограничены более крутыми склонами, уклон земной поверхности – более 20°. Остальная территория правобережья, расположенная к северу от третьей надпойменной террасы в пределах городской черты, представлена увалисто-холмистой неравномерно-расчлененной денудационной равниной, сложенной коренными породами: аргиллитами, алевролитами, песчаниками, конгломератами, каменными углями. Коренные породы покрыты чехлом элювиально-делювиальных лессовидных щебнисто-дресвянистых суглинков мощностью от 2 до 5 м. Абсолютные отметки высот земной поверхности изменяются в пределах 180 – 260 м.

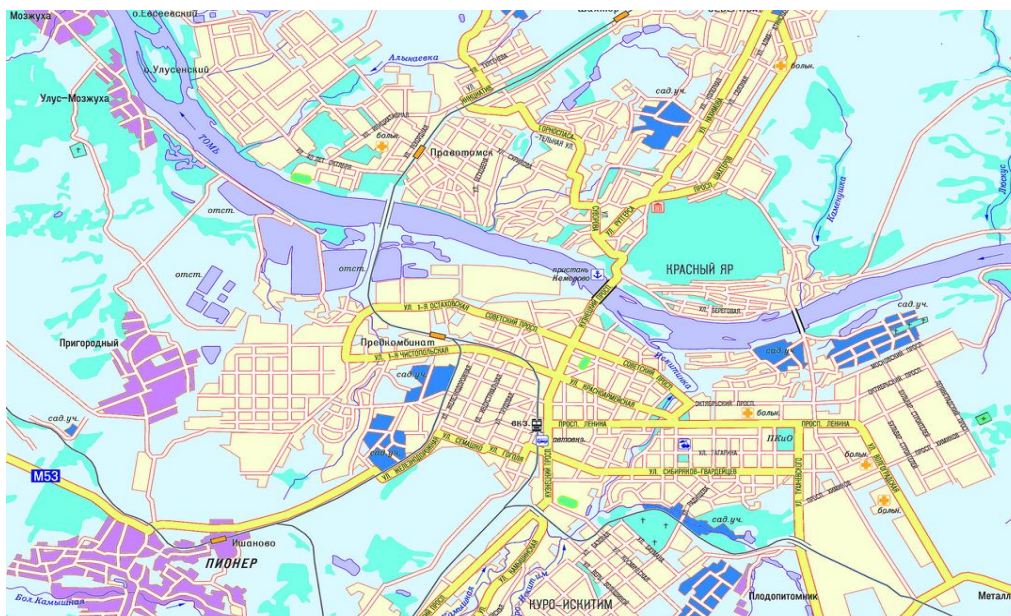


Рис. 1. Карта города Кемерово [http://www.mimi-gallery.com/karta-kemerovo]

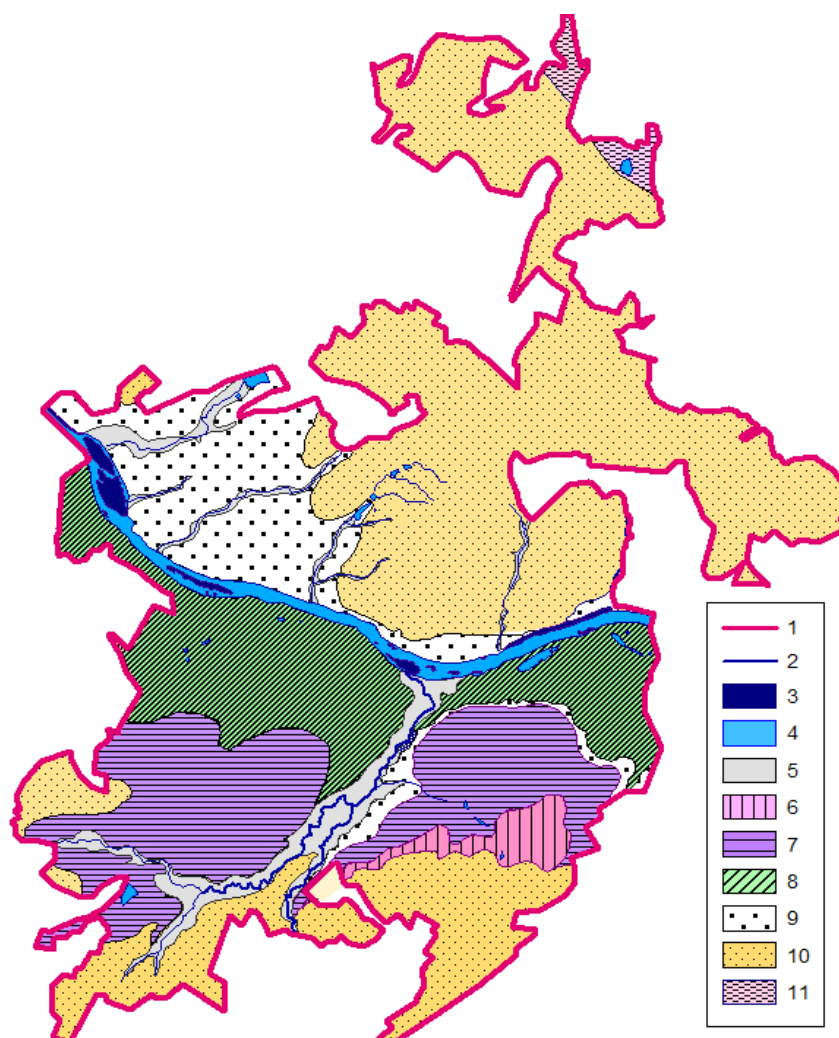


Рис. 2. Геоморфологическая карта-схема города Кемерово

Условные знаки: 1 – граница Кемеровского городского округа; 2 – притоки р. Томь; 3 – пойма р. Томь; 4 – русло р. Томь, долинные озера; 5 – пойма притоков р. Томь; 6 – V надпойменная терраса; 7 – IV надпойменная терраса; 8 – II надпойменная терраса; 9 – III – надпойменная терраса; 10 – увалисто-холмистая неравномерно-расчлененная денудационная равнина; 11 – предгорная расчлененная увалисто-холмистая денудационная равнина.

Речные долины, лежащие в правобережной части города имеют развитые поймы, сложенные водонасыщенными песками с галькой и гравием, а также текучепластичными суглинками. Истоки рек близко прилегают к участкам неглубокого залегания грунтовых вод относительно земной поверхности от 0 до 2 м, местами данные участки подтоплены грунтовыми водами. На крайнем севере правобережной части городской территории увалисто-холмистая неравномерно-расчлененная денудационная равнина примыкает к предгорной расчлененной увалисто-холмистой денудационной равнине, сложенной коренными породами – аргиллитами, алевролитами, песчаниками, конгломератами, каменными углями с чехлом элювиально-делювиальных лессовидных щебнисто-дресвянистых суглинков мощностью от 2 – 5 м до 10 – 20 м. Абсолютные отметки высот предгорной равнины изменяются в пределах от 190 до 285 м. Почвы в правобережье распространены темно серые и серые лесные почвы под островными березовыми, березово-осиновыми лесостепями с массивом реликтовых со-сен.

Пойма реки Томи в правобережье слабо выражена, повсеместно подтапливается во время паводка, урезы поверхностных вод в понижениях рельефа находятся в пределах третьей надпойменной террасы. В левобережье реки Томи пойма имеет ограниченное распространение, образует пойменные острова, периодически затапливаемые во время паводка, наряду с пониженными участками рельефа второй надпойменной террасы. Почвы преобладают аллювиальные гумусовые, формируются под лугами с колочными березовыми, осиново-березовыми, разнотравными лесами.

Основная часть городской застройки с примыкающими к ней промышленными районами исторически сформировалась в левобережье долины реки Томь. В геоморфологическом отношении это участки второй, третьей, четвертой, пятой надпойменных террас, образованных на обширной увалисто-холмистой неравномерно-расчлененной денудационной равнине, сложенной коренными породами и чехлом единообразными по геологическому строению с правобережной равниной.

Вторая надпойменная терраса возвышается над поймой, первая надпойменная терраса не сохранилась, была размыта пойменным эрозионным врезом. Вторая надпойменная терраса хорошо выражена, образует широкую площадку, простирающуюся вдоль речного русла, местами заболочена, на восточном участке имеет обрывистые склоны, обращенные к пойме. Терраса сложена глинистыми песками, супесями, суглинками мощностью 8 – 10 м. Абсолютные отметки высот на поверхности террасы – 116 – 141 м, грунтовые воды залегают на глубине 2 – 5 м. На западе, в пределах второй надпойменной террасы, расположены два участка с близким залеганием к земной поверхности, грунтовых вод – 0 – 2 м. Местами данные участки периодически подтапливаются грунто-

выми водами, особенно в периоды их сезонного подъема.

Третья надпойменная терраса в левобережье реки Томи сохранилась лишь отдельными фрагментарными участками, которые образуют узкие линейно вытянутые вдоль второй надпойменной террасы площадки к востоку от реки Искитимки.

Четвертая надпойменная терраса в левобережье речной долины образует обширные плоские поверхности, простирающиеся по обе стороны от поймы реки Искитимки, по площади они сопоставимы с участками второй надпойменной террасы. Четвертая надпойменная терраса сложена лессовидными суглинками, илами, супесями, песками мощностью 20 – 32 м. Абсолютные отметки поверхности 150 – 169 м. Грунтовые воды залегают на глубине 5 – 10 м., участками 2 – 5 м.

Пятая надпойменная терраса имеет ограниченное распространение, узкой линейной площадкой она возвышается над четвертой надпойменной террасой к востоку от долины реки Искитимки постепенно расширяясь, образует обширную плоскую поверхность, ограниченную с юга увалисто-холмистой неравномерно-расчлененной денудационной равниной.

Речная сеть в левобережной части долины реки Томи слабо развита, представлена левыми притоками первого и второго порядка: река Искитимка, река Куро-Искитим, река Большая Камышная. Для рек характерны широкие поймы, сложенные водонасыщенными песками с галькой, гравием. В устьевом участке широкая пойма реки Искитимки затапливается паводком. Почвы левобережной части города представлены преимущественно выщелоченными, среднегумусовыми, среднemosными черноземами, в понижениях рельефа лугово-черноземными почвами.

Современные экзогенные рельефообразующие процессы в пределах городской черты протекают в направлении плоскостного смыва в сочетании со струйчатой эрозией и накоплением делювия. Овражность слабая, густота овражной сети составляет 1 – 2 км/100 км², плотность оврагов – 1 – 10 ед./100 км². Вверх по течению реки Томи к юго-западу от города наблюдается активная эрозия и оврагообразование. В целом для бассейна реки Томи в окрестностях города характерен полугорный тип русловых процессов, по отношению к эрозии русла слабоустойчивые. Процессы эрозии усиливаются в условиях сильного механического воздействия в районах горных выработок и промышленно развитых районах (рис. 3).

Для речных долин города характерно ограниченное развитие русловых деформаций, преобладающий морфодинамический тип русел – врезанные, к югу от города сменяется, чередующимися прямолинейными и меандрирующими участками. Размыв берегов активнее протекает в правобережной части долины реки Томи, скорость размыва низкая – менее 2-х метров в год. Вверх по течению реки Томи на северо-западе городского округа наблюдается слабое заиливание русел рек.

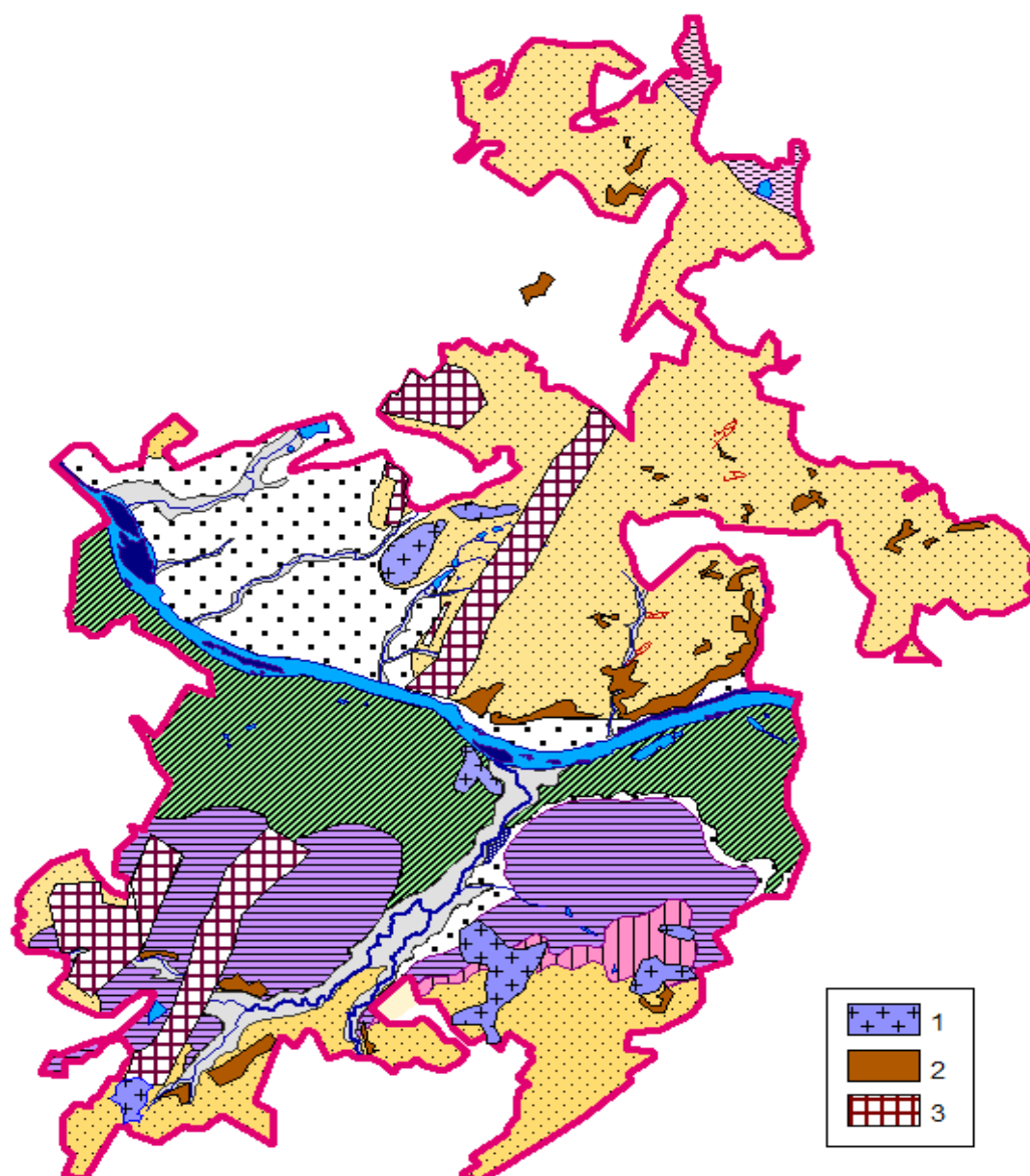


Рис. 3. Геоморфологическая карта-схема города Кемерово с участками подработанных территорий и эродированных поверхностей

Условные знаки: 1 – суффозионно-опасные участки; 2 – крутые склоны с уклоном 10 % – 20 %; 3 – подработанные территории над шахтными полями угледобывающих предприятий.

Для изучения перераспределения вещества в условиях неровностей земной поверхности удобно использовать метод пластики рельефа. Метод позволяет осуществлять дифференциацию пространства на повышенные, пониженные, склоновые участки, данная информация необходима при рассмотрении механизма сноса, смыва вещества с повышений, его аккумуляции в понижениях, транспортировке по склонам и др. [3]. С целью дальнейшего изучения ландшафтной структуры города, описания качественных характеристик на основе использования данного метода по изогипсам и гидрографической сети топографической карты города были выявлены элементарные поверхности: водораздельные поверхности – плакоры, приводороздельные склоны; прибалочные и придолинные склоны, гидрографическая суходольная сеть.

Выводы

Особенности геоморфологии урбанизированной территории связаны со значительным влиянием антропогенного воздействия на формы рельефа и их основные элементы. Объекты гражданской застройки, промышленного строительства, разработка недр, развитие городской инфраструктуры преобразуют земную поверхность, нарушая естественное залегание отложений, коренных горных пород, почв, растительности, распределение поверхностных вод.

Основными формами рельефа, в пределах которых расположен город Кемерово, являются: увалисто-холмистая неравномерно-расчлененная денудационная равнина постепенно переходящая на крайнем северном участке городского округа к предгорной расчлененной увалисто-холмистой денудационной рав-

нине и долина реки Томи. Речная долина характеризуются выраженными: второй, третьей, четвертой, пятой надпойменными террасами в левобережье и третьей надпойменной террасой в правобережье, первая надпойменная терраса размыта, пойма имеет ограниченное распространение, часто представлена пойменными островами. Прилегающие к руслу реки надпойменные террасы в понижениях подтапливаются паводком.

Элементы рельефа города сформировались на равнине, сложенной коренными породами (аргилли-

тами, алевролитами, песчаниками, конгломератами, каменными углями) с чехлом разной мощности от 2 – 5 до 10 – 20 м. Отложения чехла преимущественно – элювиально-делювиальные лессовидные щебнисто-дресвянистые суглинки.

В пределах основных равнинных форм рельефа можно выделить элементарные поверхности: плакеры, приводороздельные склоны; прибалочные и придолинные склоны, гидрографическую суходольную сеть.

Литература

1. Губанов Н. Н., Зарипов А. А., Есипов В. Е. Разработка условий для прокладки подземных коммуникаций с использованием карт пластики рельефа // Сервис в России и за рубежом. 2011. № 8(27).
2. Ильина А. А. Особенности отображения элементов и форм рельефа на карте пластики // Метод пластики рельефа в тематическом картографировании: сб. науч. тр. Пушино, 1987. С. 23 – 32.
3. Касимов Л. Дж. Характерные особенности структуры почвенного покрова и их роль при формировании пластики рельефа Ленкоранской низменности // Актуальные проблемы современной науки. 2011. №5. С. 233 – 239.
4. Ласточкин А. Н. Морфодинамическое истолкование геотопологической систематики элементарных единиц ландшафтно-экологической дифференциации // География и природные ресурсы. 1992. № 2. С. 13 – 22.
5. Рулев А. С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. 160 с.

Информация об авторах:

Пряженникова Оксана Евгеньевна – старший преподаватель кафедры геологии и географии КемГУ, Pryazhennikovao@yandex.ru.

Oksana E. Pryazhennikova – Senior Lecturer at the Department of Geology and Geography, Kemerovo State University.

Заушинцева Александра Васильевна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники КемГУ, alexaz58@yandex.ru.

Alexandra V. Zaushintsena – Doctor of Biology, Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК 911.8:504.5.628.3

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК КУЗБАССА СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н. В. Стоящева

THE PROBLEM OF KUZBASS SMALL RIVERS POLLUTION WITH INDUSTRIAL WASTEWATER

N. V. Stoyashcheva

Статья посвящена актуальной проблеме – загрязнению малых рек Кузбасса сточными водами. Дан анализ количества и структуры сточных вод, поступающих в малые и очень малые реки бассейна р. Томь от локальных источников загрязнения. Выполнена оценка уровня антропогенной нагрузки на водные объекты речного бассейна в пределах данного региона с использованием таких показателей, как кратность разбавления сточных вод и нагрузка загрязняющими веществами с учетом их условной (приведенной к ПДК) массы. Выявлено, что в наибольшей степени нагружены малые и очень малые реки, в которые стоки зачастую сбрасываются вообще безо всякой очистки. Полученные результаты подтверждаются тем, что данные водотоки ежегодно оцениваются как самые грязные в бассейне р. Томь, содержание отдельных загрязняющих веществ в их воде превышает ПДК в несколько раз. Результаты работы могут быть использованы при разработке специальной программы снижения антропогенной нагрузки на водные объекты Кемеровской области, в т. ч. от локальных источников загрязнения.

The paper is devoted to the wastewater pollution of small rivers in Kuzbass. The analysis of the amount and structure of wastewater entering small and very small rivers of the Tom river basin from the local pollution sources is given. The assessment of anthropogenic load on water bodies of the river basin within the region is performed using such indi-

cators as the dilution ratio of wastewater and the pollutant load based on its conditional mass (reduced to MPC). It is revealed that small and very small rivers, in which wastes are often discharged without any purification, experience the highest load. The results obtained are confirmed by the fact that every year these rivers are assessed as the dirtiest in the Tom river basin. Here, the concentration of contaminants exceeds the MPC several times. The results can be used in the development of a special program to reduce the anthropogenic load on the water bodies of Kemerovo region, including the one from local sources of pollution.

Ключевые слова: сточные воды, кратность разбавления, нагрузка загрязняющими веществами.

Keywords: wastewater, dilution ratio, pollutant load.

Река Томь является главной водной артерией индустриально развитого Кузбасса, что обусловило высокий уровень антропогенной нагрузки на водные объекты речного бассейна. Река и ее притоки собирают загрязненные сточные воды городских жилищно-коммунальных хозяйств, предприятий горнодобывающей, металлургической, химической промышленности, агропромышленного комплекса Кемеровской области. Как результат – интенсивное загрязнение водных объектов нефтепродуктами, фенолами, железом, соединениями азота, органическими соединениями, тяжелыми металлами. При этом наибольшую нагрузку традиционно испытывают малые и очень малые реки бассейна.

По данным 2-тп «Водхоз», объем сточных вод, ежегодно поступающих в р. Томь и ее притоки от локальных источников (крупных отчитывающихся водопользователей) Кузбасса, составляет порядка 2 млрд м³ или почти 80 % всех сточных вод, формирующихся на территории бассейна. В территориаль-

ном разрезе выделяется участок Томи от истока до г. Новокузнецк, в пределах которого формируется 1,4 млрд м³ сточных вод [15].

Около 67 % общего объема сточных вод предприятий области составляют условно-чистые воды, в основном представленные сбросными водами трех кузбасских ГРЭС: Томь-Усинской, Южно-Кузбасской и Кемеровской (рис. 1). Свыше одной трети сбрасываемых вод составляют загрязненные стоки (более 606 млн м³), при этом в сбросах г. Кемерово и Новокузнецк их доли соответственно составляют 47 и 94 %. Почти половина всех загрязненных стоков, формирующихся на территории бассейна в пределах региона (около 280 млн м³), не проходит вообще никакой очистки. Данные факты свидетельствуют о нехватке мощностей очистных сооружений Кузбасса. При этом в нижней части бассейна р. Томь, на территории Томской области, объем загрязненных стоков в общей структуре сточных вод не превышает 2 % (в г. Северск и Томск – 0,2 и 4,5 % соответственно).

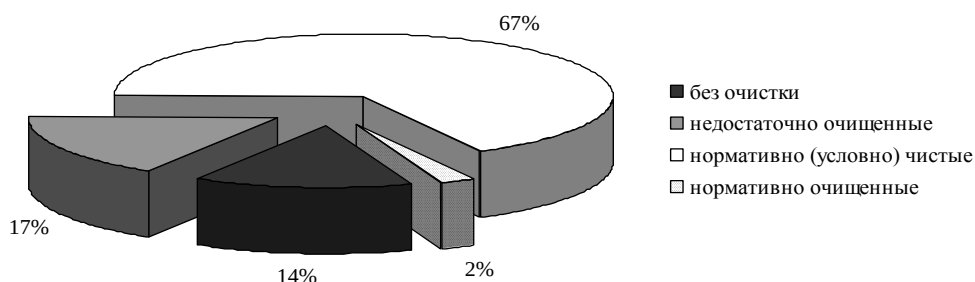


Рис. 1. Структура сточных вод в бассейне Томи на территории Кемеровской области

Более 75 % сточных вод предприятий Кемеровской области поступает в главную реку, приемниками остальных стоков служат ее притоки первого (их насчитывается 43), второго (55), третьего (20) и четвертого (один водоток) порядков. По ГОСТ 17.1.1.02-77 [4], только р. Томь является большой рекой, остальные водотоки, приемники сточных вод, по величине относятся преимущественно к малым и очень малым рекам. Так, из притоков первого порядка средними считаются р. Мрас-Су, Уса, Кондома и Ср. Терсь, к малым рекам относятся девять водных объектов. Очень малыми реками являются 26 водотоков, непосредственно впадающих в р. Томь, подавляющая часть притоков второго порядка (за исключением отдельных рек бассейнов Кондомы, Мрас-Су, Усы и Уньги), а также все ее притоки третьего и четвертого порядков.

Структура сточных вод, сбрасываемых в притоки Томи, существенно отличается от таковой по всему бассейну. Так, доля условно-чистых вод здесь составляет менее 23 %, тогда как загрязненных стоков достигает 71 %, из них около 46 % – сточные воды, не прошедшие вообще никакой очистки (рис. 2).

В отдельные водные объекты поступают исключительно неочищенные сточные воды. Так, никак не очищаются стоки промышленных и коммунально-бытовых предприятий г. Новокузнецка, сбрасываемые в р. Байдаевка, Конобениха, Рушпайка и г. Кемерово в р. Голомыска, Улыкаева, Руч. Топкинский Лог, а также Ерунаковского угольного разреза в р. Б. Коровиха. Ситуация усугубляется тем, что данные водотоки по своим размерам относятся к очень малым рекам.

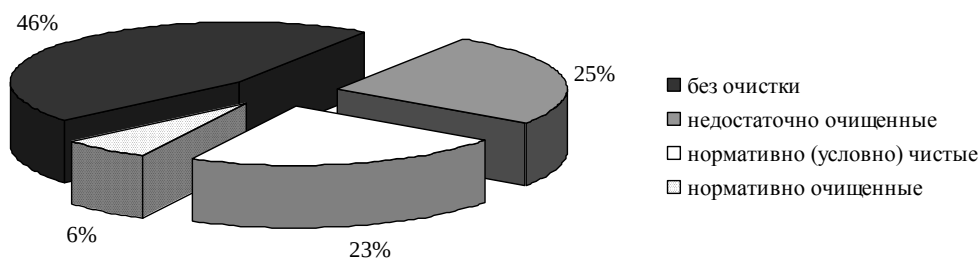


Рис. 2. Структура сточных вод, поступающих в притоки р. Томь на территории Кемеровской области

Основным приемником загрязненных сточных вод (261 млн м³ или 43 %) является главная река (рис. 3), доля поступающих в Томь стоков без очистки составляет 20 % (около 57 млн м³). Среди притоков бесспорным лидером выступает р. Аба, принимающая

12 % (73 млн м³) всех загрязненных стоков и 21 % (58) всех неочищенных стоков, на втором месте – р. Ускат – 7,5 % (46) и около 6,8 % (19 млн м³) соответственно.

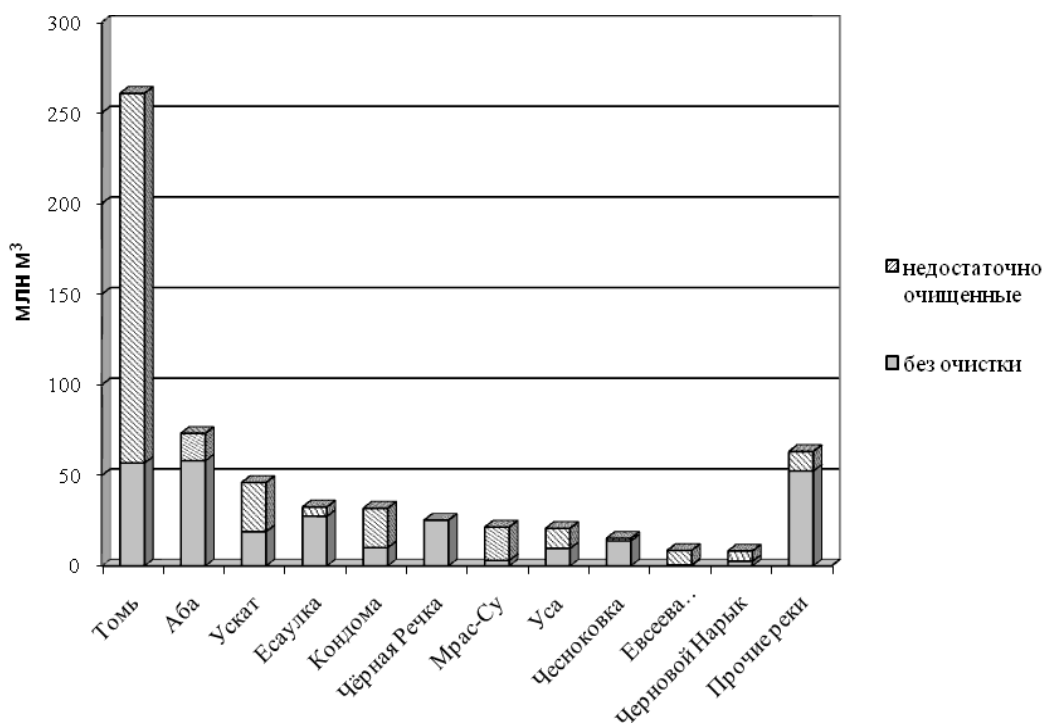


Рис. 3. Сброс загрязненных сточных вод в водоемы бассейна Томи на территории Кемеровской области

Очевидно, что малые и очень малые реки, какими являются Аба, Ускат и прочие притоки Томи, принимая значительные объемы сточных вод, по большей части загрязненных, испытывают на себе гораздо большую нагрузку, нежели сама Томь. Одним из показателей, характеризующих уровень антропогенной нагрузки на водные объекты, может служить кратность разбавления сточных вод. Для Томи она составляет более 17 раз, тогда как для Оби в целом – 107 раз [11]; загрязненные стоки разбавляются водами р. Томь в соотношении 1:56, р. Обь – 1:350. Что касается притоков Томи, наибольшие значения кратности разбавления сточных вод приходятся на р. Средняя Терсь (более 364 тыс. раз) и Черемза (2,6 тыс. раз);

кратность разбавления загрязненных сточных вод максимальна для р. Мунгат и Уньга-556 и 443 раз соответственно (таблица 1).

Вместе с тем для девяти притоков первого порядка р. Томь кратность разбавления стоков, в т. ч. загрязненных, не превышает одного раза, т. е. их количество равно или существенно больше объема годового стока реки-приемника. Все эти водотоки относятся к очень малым рекам и, как уже отмечалось выше, практически весь объем сточных вод поступает в них вообще безо всякой очистки. Так, кратность разбавления загрязненных стоков водами р. Байдаевка составляет один раз, Евсеева Чесноковка – 0,8, Каме-нушка и Улыкаева – 0,4, Черная Речка и Рушпайка –

0,3, Конобениха и Голомыска – 0,2, Ручей Топкинский Лог – 0,1 раз. Это означает, что объем неочищенных сточных вод, сбрасываемых в р. Черная Реч-

ка и Рушпайка, превышает сток их самих более чем в три раза, Конобениха и Голомыска – в пять, Руч. Топкинский Лог – в 10 раз!

Таблица 1

Кратность разбавления загрязненных сточных вод для р. Томь и ее притоков первого порядка в пределах Кемеровской области

<i>Величина водотоков</i>	<i>Кратность разбавления, число раз</i>						
	<i>< 1</i>	<i>1 – 5</i>	<i>5 – 10</i>	<i>10 – 50</i>	<i>50 – 100</i>	<i>100 – 500</i>	<i>> 500</i>
Большие					Томь		
Средние						Мрас-Су Уса Кондома	
Малые		Ускат Аба		Б. Промыш- ленная Черновой На- рык		Уньга Стрелина Сосновка	Мунгат
Очень малые	Черная Речка Евсеева Чесно- ковка Улыкаева Конобениха Голомыска Каменушка Рушпайка Руч. Топкин- ский Лог	Есаулка Чесноковка Юргинка Салаир Байдаевка Б. Корови- ха Зыряновка	Б. Кийзак- 3	Балахонка Б. Камышная Искитим Пача Рыгач Петрик	Тальжина	Кушелкова Шумиха Руч. Со- сновый	

Результат анализа статистических данных 2-тп «Водхоз» показал, что со сточными водами в водоемы бассейна Томи ежегодно выносятся более 94 тыс. т загрязняющих веществ. Почти половина всего их объема (свыше 45 тыс. т) сбрасывается в главную реку, из ее притоков-приемников лидерами выступают р. Ускат (около 13 тыс. т), Аба (более 8), Есаулка (более 7) и Чесноковка (более 4 тыс. т). Непосредственно в Томь ежегодно поступает 24 тыс. т сульфатов, 20 тыс. т хлоридов, 13,7 т нитратов и т. д.; в р. Ускати Аба соответственно: 10,0 и 5,4 сульфатов, 1,5 и 2,2 тыс. т хлоридов и т. д.

Уровень нагрузки загрязняющими веществами служит еще одним показателем антропогенного воздействия на водные объекты. Для бассейна Томи была проведена оценка нагрузки загрязняющими веществами с учетом их опасности, при расчетах использовалась условная или нормированная величина сбросов, как отношение объема загрязняющих веществ к ПДК соответствующих веществ [12]. Данная методика была неоднократно апробирована на примере рек бассейна р. Волги [2; 12; 13]. Нагрузка определялась как отношение количества загрязняющего вещества в составе сточных вод (усл. т) к среднегодовому стоку реки (км³) [12]. Для классификации водотоков использовалась система балльной оценки условной массы загрязняющих веществ (таблица 2).

Таблица 2

Балльная оценка условной массы загрязняющих веществ [14]

<i>К</i>	<i>Балл</i>	<i>К</i>	<i>Балл</i>
< 0,01	1	11 – 50	6
0,01 – 0,1	2	50 – 100	7
0,2 – 0,5	3	100 – 500	8
0,5 – 1	4	500 – 1000	9
1 – 10	5	> 1000	10

С использованием данной методики была выполнена оценка суммарной условной нагрузки загрязняющими веществами на водные объекты бассейна р. Томь. Результаты, полученные для ее притоков первого порядка, приведены в таблице 3.

Оценка показала, что антропогенная нагрузка на р. Томь в целом составляет 242 усл. т на 1 км³ речного стока (8 баллов). Наименьшую нагрузку в бассейне реки из числа водоемов, использующихся в качестве приемников загрязненных сточных вод, испытывают р. Мрас-Су (0,02 усл. т/км³ – 1 балл) и Уньга (3,5 – 5 баллов). Нагрузка на все прочие водные объекты превышает 11 усл. т/км³ и оценивается в 6 баллов и выше.

**Суммарная условная нагрузка загрязняющими веществами
на водные объекты бассейна р. Томь в пределах Кемеровской области**

<i>Водоток</i>	<i>Масса сброшенных загрязняющих веществ, всего, т</i>	<i>Условная масса загрязняющих веществ, т</i>	<i>Нагрузка, усл. т/км³</i>	<i>Балл</i>
Большие реки				
ТОМЬ	94266,77	8177,56	241,85	8
Средние реки				
Мрас-Су	3255,59	106,99	0,02	1
Кондома	2969,09	198,55	49,02	6
Уса	1502,95	82,00	17,34	6
Малые реки				
Ускат	12656,39	1084,79	7481,31	10
Аба	8079,64	544,63	4824,02	10
Б. Промышленная	953,08	22,42	125,17	8
Черновой Нарык	686,11	31,86	252,87	8
Сосновка	203,86	57,28	335,56	8
Стрелина	37,39	2,67	14,60	6
Уньга	15,28	0,81	3,51	5
Мунгат	9,38	4,18	15,17	6
Очень малые реки				
Есаулка	7352,10	893,38	12494,82	10
Чесноковка	4459,39	73,97	517,26	9
Балахонка	1260,33	22,35	227,63	8
Черная Речка	1239,07	95,80	12127,02	10
Евсеева Чесноковка	829,16	44,92	6326,65	10
Улыкаева	643,41	13,85	5539,94	10
Конобениха	556,83	43,53	33485,27	10
Каменушка	514,74	15,80	12157,03	10
Байдаевка	450,53	8,40	2897,00	10
Б. Кийзак-3	352,20	7,62	354,37	8
Юргинка	222,79	30,92	3864,40	10
Рушпайка	208,50	7,30	10010,34	10
Салаир	121,45	5,98	1328,55	10
Б. Коровиха	111,68	3,09	1473,25	10
Б. Камышная	109,60	13,68	180,32	8
Голомыска	108,11	23,61	18161,92	10
Рыгач	80,34	2,33	62,26	7
Тальжина	50,87	3,089	59,86	7
Петрик	41,82	11,94	2132,69	10
Руч. Топкинский Лог	33,05	1,34	13398,78	10
Пача	29,78	4,94	106,25	8
Искитим	26,43	5,04	106,53	8
Кушелкова	7,59	0,57	25,06	6
Шумиха	7,01	3,55	412,78	8
Руч. Сосновый	2,00	0,59	112,17	8

Наибольшая нагрузка загрязняющими веществами приходится на малые и очень малые реки бассейна Томи. К группе с нагрузкой более 1 усл. т/км³ (10 баллов) отнесено 30 водотоков. Из них 16 – притоки первого порядка, два из которых (Аба и Ускат) – малые реки, остальные – очень малые. Суммарная условная нагрузка на отдельные водные объекты превышает 10 тыс. т/км³ усл. массы загрязняющих веществ. Из притоков первого порядка по этому показателю лидируют р. Конобениха – 33,5 и Голомыска – 18,2 тыс. усл. т/км³. Для Ручья Топкинский Лог, р. Есаулка, Каме-нушка, Черная Речка и Рушпайка нагрузка составляет 10,0 – 13,4 тыс. усл. т/км³.

Очевидно, что не меньшую нагрузку испытывают притоки второго порядка, служащие приемниками сточных вод и также относящиеся к очень малым рекам. Всего в группу с нагрузкой в 10 баллов отнесено 14 притоков второго порядка. Наиболее нагруженными являются: р. Кульяновка – приток Рушпайки – около 28,0 усл. т/км³, Ручей Докшинский (р. Байдаевка) – более 26,0, а также р. Прямой Ускат (приток Уската) – 21,7 и Б. Топки (Аба) – 18,1 тыс. усл. т/км³. Из семи притоков р. Аба, в которые осуществляется сброс загрязненных сточных вод, нагрузку свыше 1 тыс. усл. т/км³ испытывают четыре: р. Б. Топки, Тайда, Тайба и Маганак. Точно такая же ситуация наблюдается в бассейне Уската, где из семи притоков наиболее всего нагружены р. Прямой Ускат, Нижняя Тыхта, Кыргай и Кыргайчик.

Как было отмечено, на территории Кузбасса насчитывается 30 водотоков с нагрузкой загрязняющими веществами в 10 баллов, при этом всего в бассейне Томи таких водных объектов 32 (рис. 4). Семь водотоков с максимальным уровнем нагрузки приурочены к северной части Кемеровской области, к г. Юрга (р. Юргинка), Яшкино (р. Тиновка, бассейн р. Сосновка) и Кемерово. Водные объекты столицы региона (р. Евсеева, Чесноковка, Улыкаева, Голомыска, Руч. Топкинский Лог и Руч. Суховский – приток р. Б. Камышная) являются приемниками стоков не только предприятий электроэнергетики, химической промышленности и ЖКХ города, но также и Кедровского угольного разреза – предприятия, осуществляющего добычу угля открытым способом.

Необходимо отметить, что этот широко распространенный в Кузбассе вид угледобычи наносит особый вред водным объектам и особенно малым рекам. Помимо загрязнения сточными водами, деятельность угольных разрезов зачастую приводит к изменению естественного состояния речной системы, включая нарушение рельефа, рисунка гидросети и т. п. Имеются данные о сокращении водосборных площадей, уменьшении протяженности рек, снижении их водности, а также полном их уничтожении. Так, в результате деятельности Кемеровского угольного разреза прекратили свое существование часть притоков Кривого Уската, впадавших на участке русла от верховья до впадения р. Карагайлинки: р. Правый Кривой Ускат, Левый Кривой Ускат, Бахтарма (Бахтахта). Претерпели существенные изменения водосборы самого Кривого Уската, а также р. Черта, Карагайлинка и др. [1]. По некоторым сведениям, горнодобывающая промышленность Кемеровской области уничтожила 200 из 913 малых рек региона [7].

Больше всего угольными карьерами нарушены земли в окрестностях г. Новокузнецк, Прокопьевск и Киселевск. Именно к этому наиболее густозаселенному и промышленно освоенному району Кузбасса приурочен самый крупный в бассейне Томи очаг загрязнения не только поверхностных, но и подземных вод. Пере-секающие данную территорию р. Ускат и Аба, а также их притоки, являются приемниками сточных вод многочисленных шахт, нескольких открытых угольных разрезов (Вахрушевский, Краснобродский, Котинский, Прокопьевский, Талдинский и др.), жилищно-коммунальных и промышленных предприятий трех городов. Река Аба берет начало в черте г. Киселевска и с первых километров своего течения становится приемником сточных вод шахты «Киселевская», в нижнем течении реки, в черте Новокузнецка, река получает неочищенные сточные воды одного из крупнейших промышленных предприятий Кузбасса – ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат». Истоки Уската (р. Прямой и Кривой Ускат) приурочены к территориям Краснобродского и Вахрушевского угольных разрезов. Часть речушек, питающих Абу и Ускат, также практически начинаются в карьерах.

Значительную нагрузку испытывают водотоки, непосредственно впадающие в Томь (притоки первого порядка) в пределах Новокузнецка (это очень малые реки Рушпайка, Байдаевка, Конобениха, Есаулка и др.). Так, на р. Кульяновка, приток Рушпайки, длина которой 6 км, приходится сбросы шести крупных предприятий (на каждый километр – по предприятию), таких как АО «Органика», завод «Универсал», ОАО «Кузнецкие ферросплавы», ОАО «Новокузнецкий алюминиевый завод», Кузнецкая ТЭЦ и др. [10].

Именно к выше очерченной территории приурочена большая часть водных объектов, притоков первого и второго порядков р. Томь (21 или 66 %), отнесенных к группе с максимальной, десятибалльной, нагрузкой загрязняющими веществами. Еще два водотока, входящие в эту группу – р. Кандалеп (бассейн р. Кондома) и Кийзас-3 (р. Б. Кийзак) – также расположены в непосредственной близости от Новокузнецка, в окрестностях г. Калтан и Междуреченск и связаны с деятельностью одноименных угольных разрезов. Высокий уровень нагрузки на водные объекты данного района обуславливает то, что р. Томь в створе ниже Новокузнецка (с. Славино) является наиболее загрязненным участком на всем протяжении реки, а р. Ускат и Аба считаются самыми грязными ее притоками, их воды ежегодно оцениваются как «грязные» (4 А). В 2013 г. для Уската было зафиксировано превышение среднегодовых значений ПДК по азоту нитритному (в 3 раза), азоту аммонийному и фенолам (2 раза), БПК (1,1), марганцу (3,1), меди (1,9 раза). Среднегодовое содержание выше ПДК в водах р. Аба в том же году отмечалось в створах ниже Прокопьевска и устье реки для азота нитритного (3,4/2,6 ПДК), фенолов (2,0/2,0), марганца (8,3/12,3); концентрации нефтепродуктов и железа общего в устье составили 1,2 и 1,9 ПДК соответственно [5]. Состояние экосистемы р. Аба, в которой еще недавно водилось 29 видов рыб, в т. ч. осетр, стерлядь, нельма, муксун и хариус [6], сегодня по показателям зообентоса соответствует «чрезвычайной экологической ситуации» в г. Киселевск и Прокопьевск и «экологическому бедствию» в пос. Калачево, Новокузнецке и в устье реки [3].

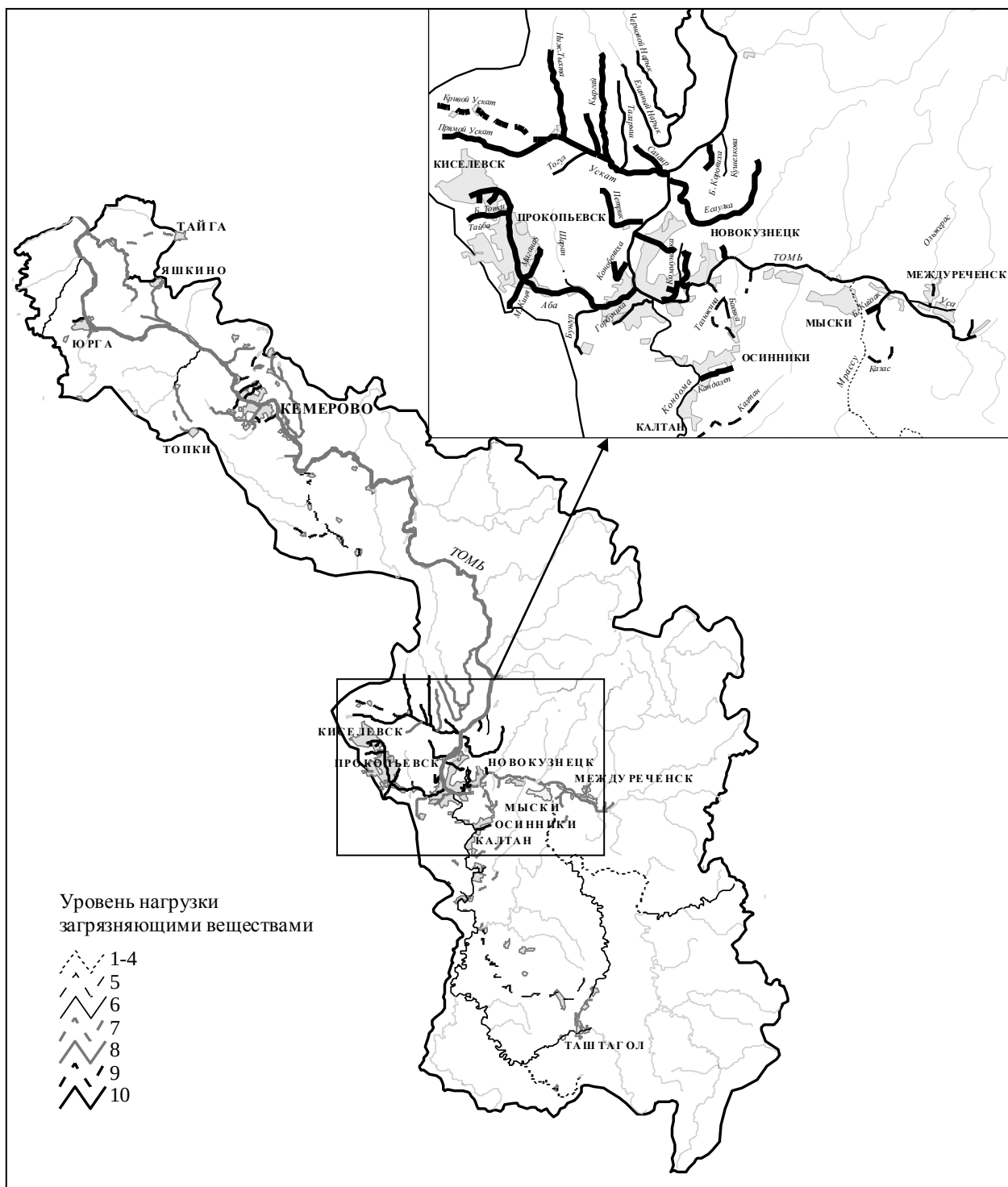


Рис. 4. Суммарная условная нагрузка загрязняющими веществами на водные объекты бассейна Томи в пределах Кемеровской области

Одной из основных причин поступления в водные объекты бассейна р. Томь больших объемов загрязняющих веществ является неудовлетворительное состояние существующих очистных сооружений, многие из которых не отвечают современным требованиям, и даже их полное отсутствие – сегодня они имеются только у трети всех предприятий региона. В последние десятилетия наблюдается активное закрытие локальных очистных сооружений, в т. ч. на предприятиях угольной отрасли. Так, из-за задолженности по электроэнергии еще в 2000 г. были отключены ло-

кальные очистные сооружения на НПО «Прокопьевскуголь» – шахтах им. Калинина и им. Ворошилова, и сегодня от ворошиловско-калининских очистных остались одни лишь стены [9]. Общий износ очистных сооружений канализации в Кемеровской области на 1 января 2011 г. составлял 65 % [8], в связи с чем одной из первоочередных мер по обеспечению водохозяйственной безопасности региона является установление на предприятиях необходимого очистного оборудования, а также модернизация действующих очистных сооружений.

Литература

1. Айкина П. А. Анализ тенденций негативного воздействия на поверхностные и подземные водные объекты в связи с вовлечением в отработку открытым способом значительных площадей земельных отводов // ЭКО-бюлл. ИнЭКА. № 4(129). Июль – август 2008. Режим доступа: <http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0129&pg=016>
2. Выхристюк Л. А., Зинченко Т. Д., Лаптева Е. В. Комплексная оценка экологического состояния равнинной р. Сок (бассейн Верхней Волги) // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. № 1. Т. 12. С. 185 – 195.
3. Горгуленко В. В., Кириллов В. В., Ким Г. В., Ковешников М. И. Оценка качества донных отложений реки Аба методами биоиндикации и биотестирования // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2011. № 2(2). С. 65 – 71.
4. ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов.
5. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2013 году. Кемерово, 2014. 584 с.
6. Зотова Д. С. Оценка уровня техногенной опасности промышленных стоков для экосистемы реки Аба // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XVI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 2 – 7 апреля, 2012 г.: в 2 т. Томск: Томск. политех. ун-т, 2012. Т. 1. С. 548 – 550.
7. Кузбасс потерял две сотни из 913 малых рек // Газета Кемерово. 14.03.2014. Режим доступа: <http://gazeta.a42.ru/lenta/show/kuzbass-poteryal-dve-sotni-iz-913-malyih-rek.html>
8. О внесении изменений в постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 07 декабря 2011 г. № 553 «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры и поддержка жилищно-коммунального хозяйства на территории Кемеровской области» на 2012 – 2015 годы»: Пост. Адм. Кемеровской области от 17 декабря 2013 г. № 586.
9. О состоянии экологии в Кемеровской области и нарушениях прав граждан на благоприятную окружающую среду: Специальный доклад Уполномоченного по правам человека в Кемеровской области. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2002. 21 с.
10. Поверхностные воды Новокузнецка (по данным Госкомитета охраны окружающей среды г. Новокузнецка) // ЭКО-бюлл. ИнЭКА. № 7 – 8(42 – 43). Июль – август 1999. Режим доступа: <http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0042&pg=002>
11. Рыбкина И. Д., Стоящева Н. В., Курепина Н. Ю. Антропогенная нагрузка на водные объекты и водосборную территорию Обь-Иртышского бассейна // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования: сб. научн. трудов Всерос. научн. конф. Калининград: Капрос, 2011. С. 335 – 341.
12. Селезнева А. В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. № 2. Т. 5. С. 268 – 277.
13. Селезнева А. В. Совершенствование системы нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 2005. 23 с.
14. Скорняков В. А. Учет распределения природных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды в реках // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. М.: МГУ, 1999. Вып. 1. С. 238 – 262.
15. Стоящева Н. В., Рыбкина И. Д. Водные ресурсы Обь-Иртышского бассейна и их использование // Водные ресурсы. 2014. № 1. Т. 41. С. 3 – 9.

Информация об авторе:

Стоящева Наталья Викторовна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) (г. Барнаул), stoyash@mail.ru.

Natalya V. Stoyashcheva – Candidate of Geography, Senior Research Associate at the Institute for Water and Environment Problems of SB RAS (Barnaul).

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.926

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ
НА ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ АНТРАЦИТА ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИИ***С. В. Ленич***EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE BASIC FACTORS INFLUENCE
ON ANTHRACITE GRINDING PROCESS AT PNEUMATIC TRANSPORT***S. V. Lenich*

Статья посвящена актуальной теме по разработке новых эффективных и менее энергоёмких способов и технологий приготовления пылеугольного топлива на тепловых электростанциях. Приведены результаты экспериментальных исследований измельчения антрацита в лабораторной пневмотранспортной измельчительной установке. Экспериментальные исследования проводились с использованием методов математического планирования экспериментов и обработки результатов опытов. Установлена зависимость влияния скорости аэросмеси, угла поворота колена транспортного трубопровода, массовой концентрации и первоначальной удельной поверхности измельчаемого материала на прирост удельной поверхности при измельчении угля в коленях пневмотранспортной измельчительной установки.

The paper is devoted to the topic of current interest on development of new effective and less energy expense methods and technologies of coal powder processing in the thermal power stations. One of the effective thin grinding methods is impact of solid particles at a hard balk. This method can be realized by the air stream acceleration of particle and their impact at the angle pipes dash elements of pneumatic transport mills. This device is intended for coal powder processing systems and allows combining the grinding process and pneumatic transport of coal, intended for flaring in the burners. The results of experimental researches of anthracite grinding in the laboratory pneumatic transport mill are presented. The experimental expression of influence of the air-coal mixture velocity, the angle of pipe's turn in the transport pipeline, the mass concentration and the primary specific surface area of the ground material on the increase of specific surface area at the impact of dash elements in the pneumatic transport mill was defined.

Ключевые слова: измельчение, пылеприготовление, антрацит, пневмотранспорт, удельная поверхность, мельница.

Keywords: grinding, coal powder processing, anthracite, pneumatic transport, specific surface area, mill.

Введение

В связи с отсутствием на территории Донбасса запасов нефти и газа, необходимость увеличения доли использования угля в топливно-энергетическом балансе региона очевидна. Однако следует отметить, что в условиях ограниченности инвестиций в разработку и внедрение новых угольных технологий целесообразным является направление реконструкции и усовершенствования процессов и оборудования в традиционных системах пылеприготовления с существующими котельными установками.

На тепловых электростанциях для факельного сжигания используется пылевидное топливо, получаемое из антрацитов и тощих углей. При этом самым энергозатратным процессом при пылеприготовлении является измельчение угля до требуемой тонкости помола.

Таким образом, создание более эффективных и менее энергоёмких способов и технологий измельчения угля для сжигания представляет собой весьма важную и актуальную научно-производственную задачу.

Анализ последних исследований и публикаций

В пневмотранспортных системах перемещение сыпучих материалов по трубам осуществляется с высокими скоростями. При этом наблюдается измельчение

сыпучих материалов, таких как уголь, сланцы, различные гранулы и т. д. Частицы материалов разрушаются при ударе друг об друга и элементы пневмотранспортных систем. Это явление вызвало интерес у исследователей, занимающихся процессами измельчения сыпучих материалов.

На сегодняшний день разработано много различных конструкций пневматических измельчителей, которые нашли широкое применение в различных отраслях техники. Принцип их работы основан на ударе высокоскоростным потоком частиц о размольную плиту или друг с другом. Данный способ измельчения может быть реализован путём разгона частиц потоком воздуха и удара их о сменные отбойные плиты, установленные в коленях пневмотранспортного трубопровода.

На кафедре «Транспортные системы» ГОУ ВПО «Луганский государственный университет им. В. Даля» разработано два варианта конструкции пневмотранспортной измельчительной установки. Первый вариант представляет собой зигзагообразный измельчительный трубопровод, устанавливаемый в линейную часть трубопроводов, транспортирующих уголь. Вторым вариантом предполагается использование измельчительной установки, в виде вертикального змеевика с использованием П-образных колен. Конструкция и

принцип действия разработанных устройств описаны в [1; 2].

Вопросами измельчения сыпучих материалов в процессе их пневмотранспортирования занимались А. С. Буров, А. Е. Смолдырев, О. В. Павлов, И. М. Разумов, В. Н. Блиничев, Ф. Г. Зуев, М. И. Мягков, Г. Дж. Таубман, Дж. М. Боргарт, Й. Мори, Г. Шлауг и др.

Однако следует отметить, что в большинстве известных работ измельчение материалов в процессе пневмотранспортирования рассматривается как отрицательное явление. А целенаправленных исследований по установлению закономерностей измельчения материалов при движении аэросмеси по трубопроводам с измельчительными элементами проведено не было. Проведение таких исследований на экспериментальной установке представляет практическую ценность и научный интерес.

Цель исследования

Исследование проводилось с целью установления экспериментальной зависимости влияния скорости

аэросмеси, угла поворота колена транспортного трубопровода, массовой концентрации и первоначальной удельной поверхности измельчаемого материала на прирост удельной поверхности при ударе об отбойный элемент пневмотранспортной измельчительной установки. Результаты исследования позволят при правильном сочетании вышеперечисленных факторов свести энергозатраты на измельчение угля к минимуму.

Материалы и результаты исследования

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Анализ исследуемых факторов, описание измельчительной установки (принцип её работы) и порядок проведения опытов приведены в методике экспериментального исследования [3]. Установка оснащена 5-ю датчиками давления, турбинным расходомером и счётчиками расхода воздуха и числа оборотов осевого вала питателя. Все показания приборов с помощью аналогового цифрового преобразователя регистрировались программой измерений на компьютере в режиме реального времени.

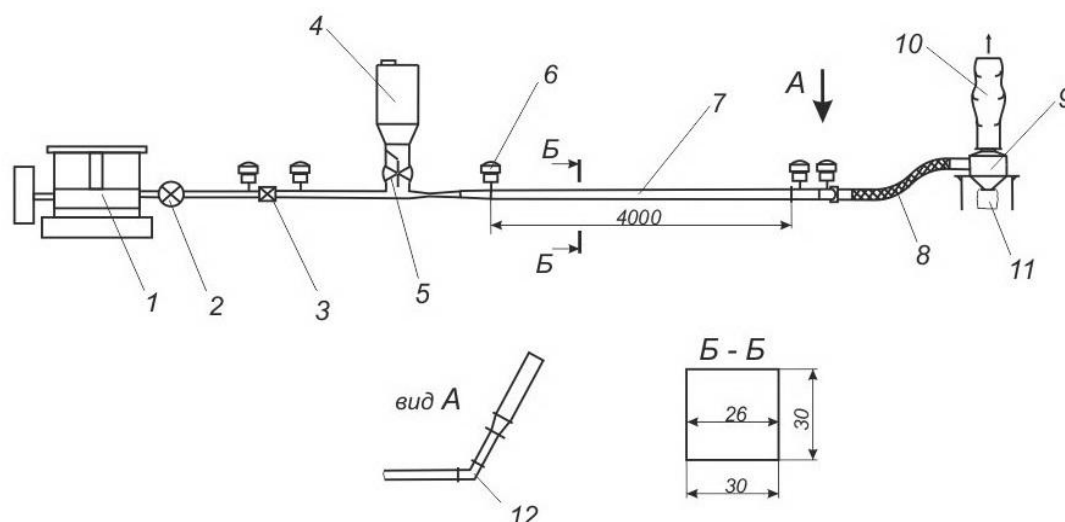


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – компрессор поршневой; 2 – вентиль входной; 3 – расходомер турбинный; 4 – бункер;
5 – питатель секторный; 6 – датчики давления; 7 – разгонный участок
(трубопровод квадратного профиля); 8 – соединительный шланг резиновый; 9 – циклон;
10 – фильтр тканевый; 11 – приёмный мешок (для выгрузки материала); 12 – колено

В качестве факторов выступают: угол поворота колена трубопровода δ (град.), скорость аэросмеси $V_{см}$ (м/с) перед коленом и массовая концентрация аэросмеси μ (кг/кг) [3]. В качестве параметра оптимизации y был принят прирост удельной поверхности ΔS_m (м²/кг), характеризующий изменение дисперсности частиц угольной пыли.

Для оценки влияния крупности частиц на прирост удельной поверхности ΔS_m для каждого сочетания факторов было проведено пять последовательных ударов (циклов измельчения), причём после каждого удара бралась порция измельчённого угля, а оставшийся материал снова засыпался в бункер для сле-

дующего удара. Затем определялся гранулометрический состав, среднее значение удельной поверхности S_m взятых порций угольной пыли определялось расчётом согласно [4]. Разность удельных поверхностей пыли до удара и после него давала прирост удельной поверхности ΔS_m . Таким образом, можно было проследить характер изменения прироста удельной поверхности ΔS_m в зависимости от номера удара и удельной поверхности пыли S_m перед каждым ударом.

В результате было поставлено пять полных трёхфакторных экспериментов типа 2^3 . Факторы, уровни и интервалы варьирования факторов приведены в таблице 1.

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Уровни			Интервалы варьирования
	верхний +1	основной 0	нижний -1	
$V_{см}$, м/с	90	70	50	20
δ , град.	90	75	60	15
μ , кг/кг	2	1,2	0,4	0,8

По результатам обработки опытов получено пять уравнений регрессии. В натуральных величинах уравнения прироста удельной поверхности ΔS_m имеют вид:

– после 1-го удара:

$$\Delta S_{m1} = -2,86 + 0,2165V + 0,06\delta - 1,7875\mu; \quad (1)$$

– после 2-го удара:

$$\Delta S_{m2} = -4,82 + 0,198V + 0,051\delta - 1,194\mu; \quad (2)$$

– после 3-го удара:

$$\Delta S_{m3} = -3,015 + 0,142V + 0,045\delta - 1,0\mu; \quad (3)$$

– после 4-го удара:

$$\Delta S_{m4} = -1,565 + 0,111V + 0,031\delta - 0,914\mu; \quad (4)$$

– после 5-го удара:

$$\Delta S_{m5} = -1,173 + 0,09V + 0,022\delta - 0,642\mu. \quad (5)$$

Анализ уравнений (1) – (5), показывает, что в области эксперимента, наибольшее влияние на прирост удельной поверхности ΔS_m измельчаемого антрацита при его пневмотранспортировании оказывают: скорость аэросмеси $V_{см}$ и массовая концентрация μ . Причём прирост удельной поверхности ΔS_m повышается с увеличением скорости аэросмеси $V_{см}$ и уменьшением

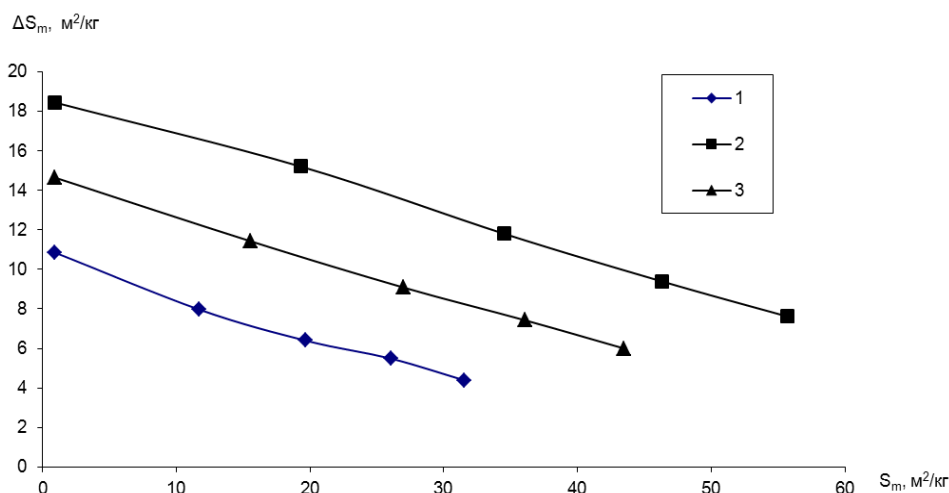
массовой концентрации μ . В меньшей степени на прирост удельной поверхности ΔS_m влияет изменение угла поворота колена δ , увеличение которого (до 90°) приводит к росту ΔS_m .

Удельная поверхность угольной пыли S_m после i -го удара равна:

$$S_{mi} = S_{m0} + \sum_{i=1}^n \Delta S_{mi}, \quad (6)$$

где S_{m0} – первоначальная удельная поверхность угольной пыли, м²/кг; i – номер удара (цикла измельчения); n – общее количество ударов (циклов измельчения).

С учётом формулы (6) можно проследить зависимость прироста удельной поверхности ΔS_m от текущей удельной поверхности S_m угольной пыли после каждого удара. Для этого, используя экспериментальные математические модели (1) – (5) построим график зависимости $\Delta S_m = f(S_m)$, при этом принимаем постоянное сочетание факторов на верхних, средних и нижних уровнях (рис. 2).

Рис. 2. График зависимости $\Delta S_m = f(S_m)$:

1 – все факторы (-1): $V_{см}=50$ м/с, $\delta=60^\circ$, $\mu=0,4$ кг/кг; 2 – все факторы (+1): $V_{см}=90$ м/с, $\delta=90^\circ$, $\mu=2,0$ кг/кг; 3 – все факторы (0): $V_{см}=70$ м/с, $\delta=75^\circ$, $\mu=1,2$ кг/кг

Как видно из графика (рис. 2) зависимость $\Delta S_m = f(S_m)$ имеет выраженный линейный характер. Уравнение ($y=kx+b$) наклонных прямых имеет вид:

$$\Delta S_m = \Delta S_{m1} + 0,2 - 0,2 \cdot S_m. \quad (7)$$

где ΔS_{m1} – прирост удельной поверхности после первого удара, м²/кг.

Далее, подставив уравнение (1) в формулу (7) получим:

$$\Delta S_m = -2,66 + 0,2165V_{см} + 0,06\delta - 1,7875\mu - 0,2 \cdot S_m. \quad (8)$$

Для нескольких последовательных ударов уравнение (8) примет вид:

$$\Delta S_{m_i} = -2,66 + 0,2165 V_{cm} + 0,06 \delta - 1,7875 \mu - 0,2 \left[S_{m_0} + \sum_{i=2}^n \Delta S_{m_{i-1}} \right], \quad (9)$$

На графике (рис. 3) представлена зависимость $\Delta S_m = f(S_m)$, определённая по уравнению (9), для пяти

ударов и показано сравнение с экспериментальными точками. Добавочные проверочные экспериментальные точки взяты на основании дополнительно проведенных опытов.

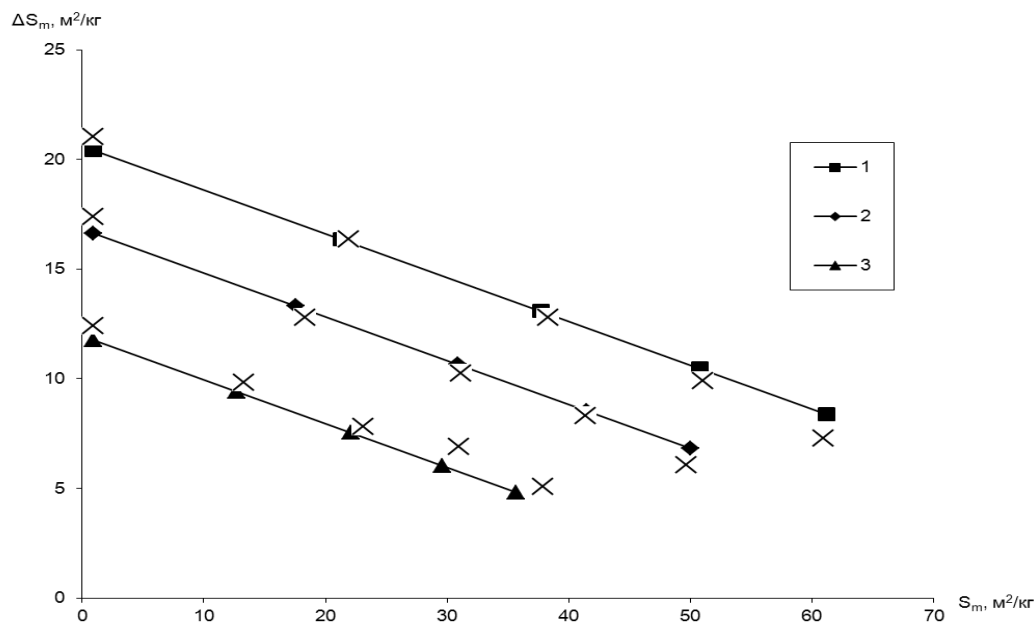


Рис. 3. График зависимости $\Delta S_m = f(S_m)$: 1 – $V_{cm}=90$ м/с, $\delta=75^\circ$, $\mu=0,4$ кз/кз; 2 – $V_{cm}=70$ м/с, $\delta=90^\circ$, $\mu=0,6$ кз/кз; 3 – $V_{cm}=50$ м/с, $\delta=75^\circ$, $\mu=0,4$ кз/кз

Как видно (рис. 3), полученная экспериментальная зависимость (9) адекватно отражает реальный процесс измельчения антрацита в пневмотранспортной измельчительной установке.

Выводы

1. Проведенные исследования продемонстрировали полную работоспособность разработанной пневмотранспортной измельчительной установки и воз-

можность получения в ней пылеугольного топлива с необходимой тонкостью помола.

2. Установлена экспериментальная зависимость влияния скорости аэросмеси, угла поворота колена транспортного трубопровода, массовой концентрации и первоначальной удельной поверхности измельчаемого материала на прирост удельной поверхности при измельчении угля в коленах пневмотранспортной измельчительной установки.

Литература

1. Патент 44274 Україна, МПК (2009) кл. B02C 19/00, B02C 23/06. Подрібнювач / В. О. Турушин, Г. І. Нечаєв, С. В. Лєнич; заявл. 05.05.2009; опубл. 25.09.2009. Бюл. № 18.
2. Патент 101529 Україна, МПК (2013.01) кл. B02C 19/06, B02C 23/00. Газострумний подрібнювач / В. О. Турушин, С. В. Лєнич; заявл. 23.05.2011; опубл. 10.04.2013. Бюл. № 7.
3. Лєнич С. В., Турушин В. А., Ставцев В. В. Методика експериментального дослідження измельчення угля в пневмотранспортній измельчаючій установці // Вісник СХУ ім. В. Даля. 2011. № 5(159) частина 2. С. 319 – 325.
4. Ходаков Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов. М.: Строительство, 1972. 239 с.

Информация об авторе:

Лєнич Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры транспортных систем Луганского государственного университета им. Владимира Даля, ttsnu@meta.ua.

Sergey V. Lenich – Senior Lecturer at the Department of the Transport Systems, Volodymyr Dahl Lugansk State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ФИЗИКА

УДК 53.087.2+543.3:544.02:519.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ «БИОВИТА»

О. М. Епанчинцева, Б. П. Невзоров

STUDY OF DRINKING WATER "BIOVITA" PROPERTIES

O. M. Epachintseva, B. P. Nevzorov

Проведено исследование структуры питьевой воды «Биовита-BioVita» с использованием вейвлет-анализа и с использованием модулей максимумов вейвлет-преобразования. Представлены скелетоны описываемых сигналов, показан относительный вклад различных частот в полную энергию сигнала, приведен количественный анализ степени структурирования с использованием модулей максимумов вейвлет-преобразования.

The research the structure of drinking water "BioVita-BioVita" using wavelet analysis and using method of wavelet-transform module maxima. The research the structure of drinking water "BioVita-BioVita" using wavelet analysis. Represented skeletons described signal, shows the relative contribution of different frequencies to the total energy of the signal, is a quantitative analysis of extent of structuring with use of modules using wavelet transform maxima.

Ключевые слова: питьевая вода, вода «Биовита», структура воды, вейвлет-анализ, скелетон, метод модулей максимумов вейвлет-преобразования.

Keywords: drinking water, "BioVita", structure of water, wavelet analysis, a skeleton, a method of wavelet-transform module maxima.

Установлено, что многие естественные системы обладают мультифрактальной структурой [6]. Фрактальные объекты обладают самоподобными свойствами и демонстрируют наличие разнообразных сингулярностей (сильной изрезанности формы). Отдельной, важной областью применения фракталов является анализ временных рядов: последовательностей измерения физических величин, упорядоченных по времени. Как правило, информация о поведении сложных систем получается в виде экспериментальных данных. Фрактальные временные ряды возникают, в частности, при измерениях различных естественных процессов: солнечной активности, уровня разлизов рек, шумов электронных приборов, геофизической и геомагнитной активности, физиологических характеристик организма человека и т. д. Для мультифрактальных объектов распределение точек множества внутри объекта неоднородно. Причина неоднородности – разные вероятности заполнения геометрически одинаковых элементов фрактала или в общем случае несоответствие вероятностей заполнения геометрическим размерам соответствующих областей. Именно такие неоднородные фрактальные объекты в литературе называются мультифракталами, где вместо детерминированного способа построения в алгоритм их создания включается некоторый элемент случайности (как это бывает, например, во многих процессах диффузионного роста кластеров, электрическом пробое и т. д.). Для полного описания их, в отличие от регулярных фракталов, недостаточно введения всего лишь одной величины, его фрактальной размерности D , а

необходим целый спектр таких размерностей, число которых может быть бесконечным.

Поскольку живое функционирует в воде, то ей долгое время оставляли роль лабильной смазки. В последние десятилетия такое представление начинает меняться. Накапливается все больше фактов о значительном, если не равноправном, вкладе воды в формирование, стабилизацию и целесообразную изменчивость структуры биомолекул. Это вызывает повышенный интерес к изучению структуры воды. Можно отметить, что современная наука обладает незначительным арсеналом аналитических средств для определения структуры жидких тел, в отличие от твердых тел. Хорошо известны возможности изучения структуры минерала методами электронной микроскопии, что не применимо для изучения структуры воды.

Многочисленные исследования указывают на то, что питьевая вода и ее структура так или иначе будут занимать центральное место как в научных основах медицины и естественных методов лечения, так и в развитии подлинно водной медицины, в которую включены различного вида обработки воды. Для понимания особенностей структуры питьевой воды необходимо иметь более простые и информативные методики, чем рентгеноструктурный анализ.

Исходя из этого, целью данной работы и является исследование структурированности биологически активной питьевой воды «Биовита-BioVita», которую производит Компания «СТЭЛМАС-Д» и рекламируют как структурированную (т. е. воду с идеальной структурой, обладающую уникальными свойствами), с использованием вейвлет-анализа (ВА) и с использо-

ванием метода модулей максимумов вейвлет-преобразования (ММВП).

Считается, что структура этой воды является аналогом внутриклеточной воды в теле человека, максимально приближенной по своим свойствам к внутриклеточной и межклеточной жидкости человека. «Bio-Vita» максимально быстро распространяется в организме человека и доходит до всех его жизненно важных структур, постоянно нуждающихся в воде, и сразу включается в работу. Наиболее качественно «Bio-Vita» структурируется с использованием российских и австрийских технологий. Применяется следующая методика структурирования: первоначально природная артезианская вода подвергается обработке магнитным полем в потоке. Затем она пропускается через установку, внутри которой находится запаянная колба с эталонной информационной водой (взята из альпийских родниковых источников и обработана специальным генератором поля, фиксирующим позитивную информацию на длительный период). Информационная вода передает свою структуру обтекающей ее по особой (с закручиванием потока в воронку) схеме артезианской воде. В результате, не меняя своего химического состава, группы молекул выстраиваются в структуры правильной формы, и вода, приобретая новые физические свойства, становится биологически более активной.

Одним из направлений поиска новых феноменов является анализ обнаружения изменения свойств воды с применением различных вариантов вейвлет-анализа (ВА) [3; 4; 5]. Использование математического аппарата ВА позволило значительно увеличить информативность исследования структурных изменений воды после какой-либо ее обработки [4].

Применение вейвлет-анализа эффективно, в первую очередь, при анализе нестационарных процессов, поскольку одной из его основных особенностей является возможность получать локализованные характеристики и изучать локальные свойства процессов.

Исследование мультифрактальных свойств воды проводилось с использованием метода модулей максимумов вейвлет-преобразования (ММВП), который основан на непрерывном вейвлет-преобразовании [6]. Техника ММВП применяется в исследованиях структуры неоднородных процессов различной природы.

Для исследования динамических характеристик был сформирован канал, который состоял из последовательно соединенных устройств: термопреобразователь сопротивления ТСП 100П и измеритель-регулятор ТРМ1А компании «Овен». На вход измерительного комплекта подавалось положительная функция заданной амплитуды $X(t) = X_m \cdot 1(t)$, для чего термометр перемещался из емкости с холодной водопроводной водой (18 °C) в кипящую воду (атмосферное давление не измерялось). В качестве исследуемой среды использовалась водопроводная вода, взятая сразу из-под крана и вода «Биовита».

Алгоритм ММВП предполагает исследование нерегулярного поведения функции $f(t)$ в два этапа.

На первом этапе осуществляется вейвлет-преобразование по формуле:

$$\begin{aligned} W(a, b) &= \\ &= \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{ab}^*(t) dt, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\psi^*(t)$ – вейвлет-образующая функция, из которой с помощью переносов (b – параметр сдвига) и масштабных преобразований (a – параметр масштабирования) строится базис вейвлетов, по которому и раскладывается сигнал $f(t)$, $W(a, b)$ – коэффициенты (амплитуда) вейвлет-преобразования. В формуле (1) символом $*$ обозначена процедура комплексного сопряжения [1].

Интегральное преобразование (1) называют непрерывным, если параметры масштаба a и сдвига b в ходе обработки сигнала принимают любые действительные значения. Оно избыточно по затратам времени на вычисления, но зато позволяет добиться наибольшей детализации при анализе сигналов, при этом ограничено лишь принципом неопределенности. Можно отметить, что $W(a_0, b)$ характеризует временную зависимость при фиксированном значении a_0 , тогда как зависимости $W(a, b_0)$ можно поставить в соответствие частотную зависимость при фиксированном значении b_0 [1].

Выбор анализирующего вейвлета, как правило, определяется тем, какую информацию необходимо извлечь из сигнала. Каждый вейвлет имеет характерные особенности во временной и в частотной области, поэтому иногда с помощью разных вейвлетов можно полнее выявить и подчеркнуть те или иные свойства анализируемого сигнала.

Наиболее важная информация содержится в «скелетоне» или линиях локальных экстремумов поверхности коэффициентов, поиск которых проводится на каждом масштабе a .

Если провести усреднение вейвлет-коэффициентов по времени, то получим распределение энергии по масштабам, или так называемый глобальный вейвлет-спектр. Оценка глобального спектра энергии называется скейлогаммой.

$$E(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W(a, b)|^2 db \quad (2)$$

– глобальный спектр энергии.

Исследование динамических сигналов, как показано в [3; 4; 5], позволяет проследить изменения структуры воды.

В качестве базисной функции использовался вейвлет Морле. Этот вейвлет представляет собой плоскую волну, модулированную гауссианом, и дает результаты, наиболее согласованные с терминами Фурье-анализа. В частности, понятие масштаба a полностью соответствует периоду гармонических компонентов. Большие значения a соответствуют низким частотам, а малые – высоким.

Масштабно-временной скелет описываемых сигналов представлен на рис. 1.

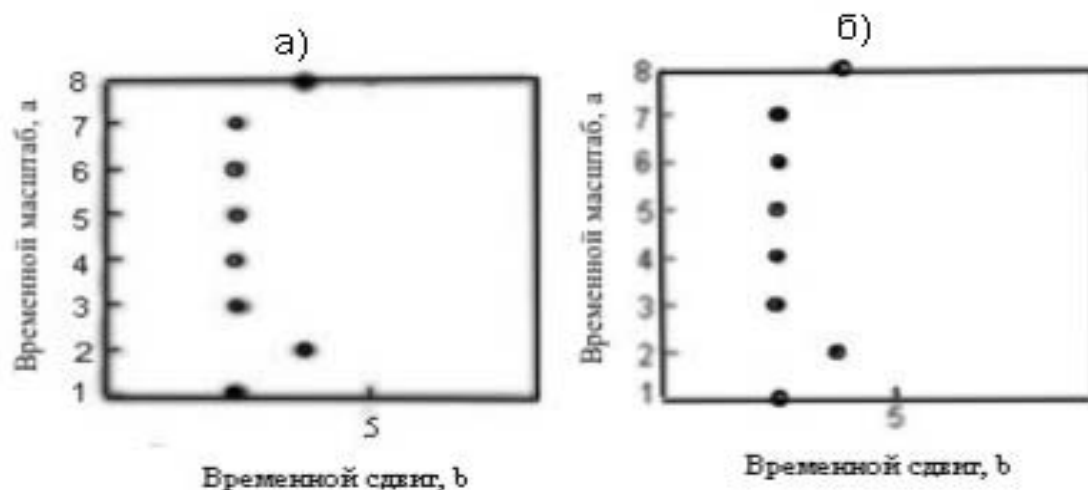


Рис. 1. Точки скелета локальных максимумов

На рис. 1 изображены локальные максимумы для водопроводной воды, взятой из под крана (а), и воды «Биовита» (б). Измерения проводились по одному каналу с одним и тем же термометром сопротивления и вторичным прибором.

Очевидно, что для всех объектов перераспределение локальных максимумов не произошло. Распреде-

ление энергии по масштабам для воды представлено на рис. 2.

На рис. 2 показан относительный вклад различных масштабов (частот) в полную энергию сигнала и выявление распределения энергии процесса по масштабам в соответствии с глобальным спектром энергии.

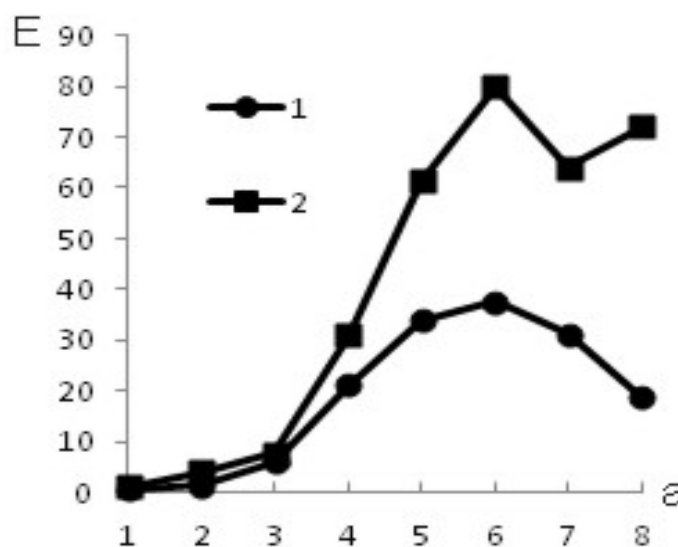


Рис. 2. Скейлограмма сигналов

Распределение энергии сигнала, полученного при исследовании:

- воды, взятой из водопроводного крана (зависимость 1 на рис. 2.);
 - питьевой бутилированной воды «Биовита» (зависимость 2 на рис. 2.);
- представлены в виде графиков $E = f(a)$.

На рис. 2 видны совпадающие максимумы функции, вызванные наличием в сигнале постоянных составляющих частоты для воды, взятой из под крана и питьевой бутилированной воды «Биовита». Эти максимумы определяют те масштабы (частоты), которые

вносят основной вклад в полную энергию сигнала. Для воды «Биовита» появляется максимум в низкочастотной области.

Амплитуда колебаний частиц активированной воды «Биовита» увеличивается по сравнению с амплитудой колебаний частиц воды, непосредственно взятой из водопровода.

Известно, что главной характеристикой фрактального множества является его размерность Dq . Параметры Dq дают возможность определить степень однородности и упорядоченности исследуемой системы. Величина Dq применяется в качестве эффек-

тивного средства при распознавании структур материалов [2].

Были определены размерности:

$D1$ – информационная размерность, $D2$ – корреляционная размерность, $D200$ – экстремальное значение Dq для водных систем (в данном случае $q=200$),

Δq – эффективные количественные характеристики упорядоченности.

Определенные мультифрактальные параметры для водных систем приведены в таблице.

Таблица

Мультифрактальные параметры для водных систем

Вода	$D1$	$D2$	$D200$	Δq
Из крана	~1.3	2.1	~0.8	~0.5
Талая	~0.9	1.7	~0.8	~0.1
Биовита	~1.3	2.2	~0.8	~0.5

Из данных таблицы видно, что Δq для талой воды много меньше [3], чем Δq для водопроводной воды и воды «Биовита», поэтому кластеры талой воды должны иметь другую упорядоченность и симметрию, чем кластеры воды из водопроводного крана и воды «Био-

вита». Структурированность водопроводной воды и воды «Биовита» практически одинакова, однако амплитуда колебаний частиц воды «Биовита» сильно возрастает по сравнению с амплитудой колебаний частиц обыкновенной водопроводной воды.

Литература

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и применения // Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 11. С. 1145 – 1170.
2. Витязь П. А., Хейфец М. Л., Сенють В. Т., Колмаков А. Г., Антипов В. И., Виноградов Л. В. Многоуровневый системный физико-химический, мультифрактальный и вейвлет-анализ изображений структур наноматериалов и их свойств. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки. 2011. № 4. С. 14 – 25.
3. Епанчинцева О. М. Количественная оценка степени структурированности воды // Актуальные вопросы современной науки. 2015. № 42. С. 7 – 16.
4. Епанчинцева О. М. Фрактальные свойства талой воды // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2014. № 11. С. 13 – 18.
5. Епанчинцева О. М. Исследование питьевой воды «Биовита» с использованием вейвлет анализа // Stredoevropsky Vestnik pro Vedu a Vyzkum. 2015. Т. 54. С. 30.
6. Павлов А. Н., Анищенко В. С. Мультифрактальный анализ сигналов на основе вейвлет-преобразования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2007. Т. 7. № 1. С. 3 – 25.

Информация об авторах:

Епанчинцева Ольга Михайловна – кандидат биологических наук, доцент Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университет), olgeva@yandex.ru.

Olga M. Epachintseva – Candidate of Biology, Assistant Professor, Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University).

Невзоров Борис Павлович – доктор педагогических наук, профессор кафедры генетики КемГУ, nevzorov@kemsu.ru.

Boris P. Nevzorov – Doctor of pedagogical science, professor of chair of genetics Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕНТАЭРИТРИТТЕТРАНИТРАТА С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

С. Г. Лукатова, О. В. Одинцова

A COMPARATIVE RESEARCH OF THE REGULARITIES OF THE EXPLOSIVE PULSED DECOMPOSITION OF PETN CONTAINING GOLD AND SILVER NANOPARTICLES

S. G. Lukatova, O. V. Odintsova

В работе проведено сравнительное исследование закономерностей взрывного разложения нанокомпозигов пентаэритриттетранитрат-золото и пентаэритриттетранитрат-серебро инициированного первой и второй гармониками неодимового импульсом лазера длительностью на полувывсоте 12 нс. В диапазоне радиусов наночастиц 20 – 120 нм для длин волн первой и второй гармоник неодимового лазера рассчитаны коэффициенты эффективности поглощения и минимальные значения плотности энергии, при которых реализуется взрывной режим. Наночастицы золота являются перспективными материалами для использования его в качестве материала включения капсулы оптического детонатора на базе второй гармоники неодимового лазера.

The paper presents a comparative research of the regularities of the explosive pulsed decomposition of nanocomposite PETN-gold and PETN-silver initiation by first and second harmonics of neodymium pulsed laser with duration at half-height 12 ns. The absorptivity and minimum energy density coefficients at which the explosive regime is realized were calculated for the wavelengths of the first and second harmonic of a neodymium laser in the nanoparticles radius range of 20 – 120 nm. Gold nanoparticles are perspective materials for use as a material of inclusions of optical detonator capsule based on the second harmonic of neodymium laser.

Ключевые слова: математическое моделирование, энергетические материалы, пентаэритриттетранитрат, наночастицы, золото, серебро, импульс лазера, оптический детонатор.

Keywords: simulation, energetic materials, PETN, nanoparticles, gold, silver, laser pulse, optical detonator.

Процессы локального нагревания композитов на основе прозрачных матриц с включениями наночастиц металлов широко используются в исполнительных устройствах различного назначения: переключающих элементах нелинейной оптики [24, с. 53], приборах гипертермической терапии рака [27, с. 5461], оптических детонаторах [3, с. 2, 15; 25, с. 470]. Поглощение излучения наночастицей приводит к ее нагреванию и может инициировать нелинейные катастрофические процессы в матрице. В ряде случаев генерируемые термоупругие напряжения вызывают разрушение образца или, как минимум, деградацию потребительских свойств изделия [24, с. 53]. Оптимизация составов капсулей оптических детонаторов [3, с. 3, 15; 19, с. 68; 25, с. 471] идет по пути минимизации плотности энергии лазерного импульса, при которой реализуется взрывное разложение матрицы [2, с. 40; 13, с. 99]. Для реализации режима взрывного разложения энергетического материала необходимо наличие механизмов положительной обратной связи [13, с. 100; 19, с. 68; 28, с. 804]. Экспоненциальное увеличение либо температуры [7, с. 44; 16, с. 290], либо неравновесной концентрации реагентов [4, с. 2; 17, с. 19] приводили к ускоренному росту скорости реакции. В ряде работ экспериментально и теоретически показано, что добавки наночастиц алюминия [2, с. 40; 7, с. 99; 13, с. 101; 28, с. 804], кобальта [5, с. 195], никеля [5, с. 195; 11, с. 341], меди [8, с. 44] и хрома [23, с. 30] позволяют в сто раз снизить критическую плотность энергии инициирования пентаэритриттетранитрата (ТЭНа) лазерным импульсом длительностью 12 нс. Роль наночастиц металла как цен-

тров поглощения энергии импульса в объеме энергетических материалов можно считать доказанной. Одновременно показана принципиальная возможность использования вторичных взрывчатых вещества, содержащих наночастицы металлов, в капсульных составах оптических детонаторов [2, с. 40; 5, с. 195; 7, с. 99; 8, с. 44; 13, с. 101; 11, с. 341; 23, с. 30; 28, с. 804; 29, с. 63]. Для направленного поиска материала, размерных параметров наночастиц, длины волны лазерного импульса, позволяющих получить минимальные пороги лазерного инициирования, необходимо вначале провести моделирование данного процесса [26, с. 14]. Перспективность использования наночастиц золота и серебра в капсульных составах оптических детонаторов показана в наших работах. Целью настоящей работы является сравнительное исследование закономерностей взрывного разложения нанокомпозигов ТЭН-золото и ТЭН-серебро инициированного первой и второй гармониками неодимового импульсом лазера длительностью на полувывсоте 12 нс.

Модернизированная модель «горячей точки»

В классическом варианте модели «горячей точки» сечение поглощения наночастицы принимается равным ее геометрическому сечению, то есть коэффициент эффективности поглощения (Q_{abs}) равен 1 и не зависит от материала и размера частицы, длины волны подающего излучения и т. д. [23, с. 30; 26, с. 15; 29, с. 63]. Ранее были рассчитаны спектральные зависимости Q_{abs} от радиуса сферических наночастиц алюминия [1, с. 127; 2, с. 40; 7, с. 99; 13, с. 101; 28, с. 804],

кобальта [5, с. 195; 10, с. 57], никеля [5, с. 195; 11, с. 341; 12, с. 6], меди [6, с. 91].

Основным параметром для расчета Q_{abs} для наночастицы радиуса (R) является комплексный показатель преломления (m_i) материала наночастицы на соответствующей длине волны. В работах [6, с. 90; 18, с. 25] реализована методика интерполяции имеющихся в литературе экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Так как показатель преломления состоит из двух частей (действительной и мнимой), то при заданной длине волны λ каждая часть определяется отдельно. Значения m_i для первой гармоники неодимового лазера составили $0.1623-7.175i$ для серебра [9, с. 95] и $0.1877-6.438i$ [22, с. 56] – для золота. На второй гармонике неодимового лазера соответствующие значения m_i $0.0525-3.155i$ [9, с. 95] и $0.4231-2.322i$ [22, с. 56]. По интерполированным значениям комплексных показателей преломления рассчитаны зависимости коэффициентов эффективности поглощения от радиусов наночастиц золота и серебра на первой и второй гармониках неодимового лазера. Результаты представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

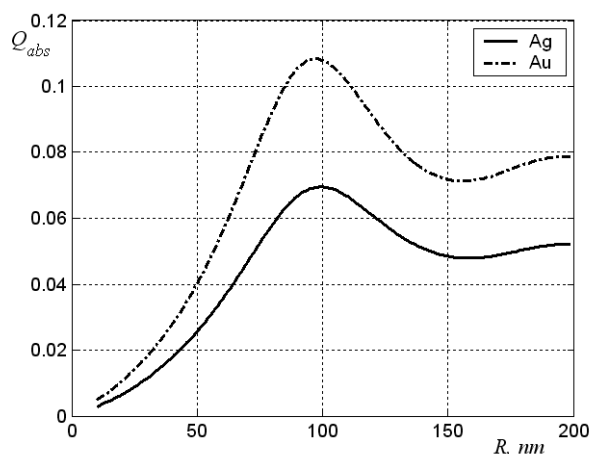


Рис. 1. Зависимости коэффициентов эффективности поглощения наночастиц золота $m_i = 0.1877-6.438i$ [22, с. 56] (штрихпунктирная линия) и серебра $m_i = 0.1623-7.175i$ [9, с. 95] (сплошная линия) от радиусов наночастиц при воздействии света с длиной волны 1064 нм

Значения радиусов (R_{max}), для которых наблюдаются максимальные коэффициенты эффективности поглощения (Q_{absmax}) частиц золота и серебра, практически совпадают: 99 и 99.4 нм соответственно и близки к соответствующим значениям ряда металлов [1, с. 127; 2, с. 40; 3, с. 3; 5, с. 195; 6, с. 90; 7, с. 99; 8, с. 44; 10, с. 57; 11, с. 341; 12, с. 6; 13, с. 101; 14, с. 212; 18, с. 25; 23, с. 30; 26, с. 15; 28, с. 804; 29, с. 63]. Однако абсолютные значения максимумов коэффициентов поглощения различаются больше чем на 30 %: 0.100 для наночастиц золота и 0.0695 для серебра.

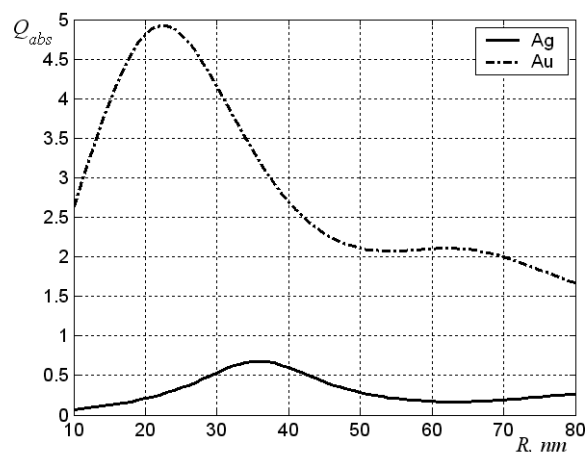


Рис. 2. Зависимости коэффициентов эффективности поглощения наночастиц золота $m_i = 0.4231-2.322i$ [22, с. 56] (штрихпунктирная линия) и серебра $m_i = 0.0525-3.155i$ [9, с. 95] (сплошная линия) от радиусов наночастиц при воздействии второй гармоники неодимового лазера

Различия между серебром и золотом становятся особенно яркими при воздействии на композиты ТЭН-золото и ТЭН-серебро второй гармоникой неодимового лазера. Максимум коэффициента эффективности поглощения наночастиц золота увеличивается почти в 50 раз ($Q_{absmax} = 4.8$) и смещается в сторону меньших радиусов ($R_{max} = 22.0$). На качественном уровне серебро ведет себя аналогично – максимальный коэффициент эффективности поглощения растет со смещением к меньшим радиусам. Однако, рост не такой интенсивный как в случае наночастиц золота: $Q_{absmax} = 0.6815$ при $R_{max} = 35.9$ нм.

Из проведенных расчетов можно сделать предположение, что минимальная критическая плотность энергии будет наблюдаться для наночастиц золота в матрице ТЭНа при воздействии импульсом второй гармоники неодимового лазера на иттрий-алюминиевом гранате. Для подтверждения данного предположения в рамках модели «горячей точки» рассчитаем минимальную плотность энергии, необходимую для инициирования взрывного разложения изучаемых композитов.

Процессы, учитываемые в модели, это нагревание наночастицы лазерным излучением, теплопроводность и экзотермическая химическая реакция разложения взрывчатого вещества [2, с. 40; 3, с. 4; 5, с. 195; 7, с. 99; 8, с. 45; 11, с. 342; 13, с. 101; 14, с. 212; 21, с. 376; 23, с. 30; 28, с. 804]:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial T}{\partial t} &= \alpha_M \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad T_0 = 300 \text{ К}, & x < R, \\
 \frac{\partial n}{\partial t} &= 0, & n &= 0, & x < R, \\
 \frac{\partial T}{\partial t} &= \alpha \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + k_0 \frac{nQ}{c} \cdot \exp \left(-\frac{E}{k_B T} \right), \quad T_0 = 300 \text{ К}, & x > R, \\
 \frac{\partial n}{\partial t} &= -k_0 n \cdot \exp \left(-\frac{E}{k_B T} \right), & x > R,
 \end{aligned} \tag{1}$$

с граничным условием при $x = R$:

$$\begin{aligned}
 J - c_M \alpha_M \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x \rightarrow R-0} + \\
 + c \alpha \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x \rightarrow R+0} = 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где T – температура, E – энергия активации разложения, t – время, $k_0 = 1.2 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ предэкспонент, $Q = 9.64 \text{ кДж/см}^3$ – тепловой эффект реакции, $\alpha = 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2 \text{с}^{-1}$ и α_M коэффициенты температуропроводности тэна и материала включения ($1.73785 \text{ см}^2 \text{с}^{-1}$ для серебра и $1.2769 \text{ см}^2 \text{с}^{-1}$ для золота), R – радиус наночастицы, $c = 2.22 \text{ Дж/(см}^3 \text{К)}$ и c_M – объемные теплоемкости материалов матрицы и включения ($2.4686 \text{ Дж/(см}^3 \text{К)}$ для серебра и $2.4904 \text{ Дж/(см}^3 \text{К)}$ для золота), n – степень выгорания взрывчатого вещества, $J(t)$ – поглощаемая плотность мощности излучения лазерного импульса.

Временная зависимость мощности лазерного импульса хорошо описывается функцией Гаусса [3, с. 3; 19, с. 68; 21, с. 376; 23, с. 30; 28, с. 804]. Принимая за начало отсчета t положение максимальной мощности импульса, получаем [3, с. 3; 19, с. 68; 20, с. 131; 21, с. 376; 23, с. 30; 28, с. 804]:

$$J(t) = \sqrt{\pi} \cdot Q_{abs} R^2 k_i H_0 \cdot \exp(-k_i^2 t^2), \tag{3}$$

где $k_i = 1.3876 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ – параметр, соответствующий длительности импульса на полувывоте 12 нс; Q_{abs} – коэффициент эффективности поглощения наночастицы, который равен отношению сечения поглощения к геометрическому (πR^2), H_0 – плотность энергии за импульс. Множители уравнения (3) нормируют интеграл от $J(t)$ по времени на H_0 [20, с. 131; 21, с. 376; 23, с. 30].

По модели рассчитаны минимальные значения плотности энергии, необходимые для инициирования взрывного разложения нанокмпозитов ТЭН-золото и ТЭН-серебро без учета оптических особенностей материалов включений, т. е. как в классической модели $Q_{abs}=1$. Это означает, что не будет разницы между инициированием первой или второй гармониками

неодимового лазера. Для композитов ТЭН-золото минимальное значение (H_2Q) наблюдается для сферической наночастицы радиусом 60.8 нм (R_{min}) и составляет 55.5 мДж/см². Рассчитанные значения для ТЭН-серебро несколько отличается от золота, но различие составляет менее 1 %: 55.6 мДж/см² при 60.4 нм. Столь незначительные отличия наблюдаются из-за близких значений теплоемкости, различающихся лишь во втором знаке после запятой. Следует отметить, что при большей теплоемкости у золота коэффициент температуропроводности меньше, что и обуславливает итоговую близость рассчитанных параметров композитов на основе ТЭН-золото и ТЭН-серебро.

Картина меняется при учете зависимости коэффициента эффективности поглощения от радиуса наночастиц и длины падающей волны (рис. 1 – 2). Из-за $Q_{abs} < 1$ для наночастиц золота и серебра любого радиуса на первой гармонике неодимового лазера минимальное значение критической плотности энергии инициирования выше, чем при $Q_{abs}=1$, и поскольку характер зависимости $Q_{abs}(R)$ экстремальный, то R_{min} сместится в сторону Q_{absmax} , но останется в интервале между R_{min} и R_{max} . Расчет показал, что радиусы наночастиц с минимальным значением необходимой плотности энергии инициирования в случае золота и серебра, как и при зависимости $Q_{abs}(R)$, не сильно отличаются и составляет величины 94.8 нм и 94.4 нм соответственно. Поскольку максимальные значения коэффициентов эффективности поглощения отличались больше, чем на 40 %, то и H_2Q отличаются – 542 мДж/см² для ТЭН-золото и 847 мДж/см² для ТЭН-серебро.

Рассчитанные для наночастиц золота и серебра комплексные показатели преломления (m_i) на второй и первой гармониках неодимового лазера, максимальные коэффициенты эффективности поглощения (Q_{absmax}) при соответствующих радиусах (R_{max}), критические параметры инициирования, не учитывающие (R_{min} , H_2Q при $Q_{abs}=1$) и учитывающие (R_{min} , H_2Q) оптические свойства наночастиц в матрице ТЭНа. Рассчитанные параметры приведены в таблице.

Свойства наночастиц золота и серебра в матрице ТЭНа

λ , нм	532		1064	
Металл	Ag	Au	Ag	Au
m_i [9, с. 95; 22, с. 56]	0.0525 – 3.155i	0.4231 – 2.322i	0.1623 – 7.175i	0.1877 – 6.438i
R_{max} , нм	35.9	22.0	99.4	99.0
$Q_{abs\ max}$	0.6815	4.8	0.0695	0.100
R_{min} , нм при $Q_{abs}=1$	60.4	60.8	60.4	60.8
H_2Q , мДж/см ² при $Q_{abs}=1$	55.6	55.5	55.6	55.5
R_{min} , нм	36.4	25.4	94.4	94.8
H_2Q , мДж/см ²	88	14.4	847	542

Значение Q_{abs} на второй гармонике неодимового лазера значительно больше, чем на первой, поэтому можно ожидать уменьшения критической плотности энергии. С другой стороны, максимальное значение коэффициента эффективности поглощения наночастиц серебра в матрице ТЭНа на длине волны 532 нм меньше 1, поэтому следует ожидать плотности энергии выше, чем в случае $Q_{abs}=1$. Для наночастиц золота наблюдается обратная картина. $H_2Q=88$ мДж/см² для наночастиц серебра и 14.4 мДж/см² для наночастиц золота. Из рассчитанных значений критической плот-

ности энергии можно сделать вывод, что в качестве оптических систем инициирования лучше использовать вторую гармонику, нежели первую, так как необходимая плотность энергии в случае нанокомпозитов ТЭН-серебро уменьшается примерно в 10 раз, а в случае композитов ТЭН-золото – более чем в 37 раз.

Авторы выражают глубокую благодарность научному руководителю профессору А. В. Каленскому.

Литература

1. Адуев Б. П., Нурмухаметов Д. Р., Белокуров Г. М., Звеков А. А., Каленский А. В., Никитин А. П., Лисков И. Ю. Исследование оптических свойств наночастиц алюминия в тетранитропентаэритрите с использованием фотометрического шара // Журнал технической физики. 2014. Т. 84. № 9. С. 126 – 131.
2. Адуев Б. П., Нурмухаметов Д. Р., Фурега Р. И., Звеков А. А., Каленский А. В. Взрывчатое разложение ТЭНа с нанодобавками алюминия при воздействии импульсного лазерного излучения различной длины волны // Химическая физика. 2013. Т. 32. № 8. С. 39 – 42.
3. Ананьева М. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Каленский А. В., Никитин А. П. Перспективные составы для капсуля оптического детонатора // Перспективные материалы. 2014. № 7. С. 5 – 12.
4. Ананьева М. В., Каленский А. В. Математическое моделирование взрывного разложения энергетических материалов // Молодой ученый. 2014. № 21(80). С. 1 – 6.
5. Ананьева М. В., Каленский А. В., Гришаева Е. А., Зыков И. Ю., Никитин А. П. Кинетические закономерности взрывного разложения ТЭНа, содержащего наноразмерные включения алюминия, кобальта и никеля // Вестник КемГУ. 2014. № 1(57). С. 194 – 200.
6. Газенаур Н. В., Зыков И. Ю., Каленский А. В. Зависимость показателя поглощения меди от длины волны // Аспирант. 2014. № 5. С. 89 – 93.
7. Гришаева Е. А., Каленский А. В., Ананьева М. В., Звеков А. А. Неизотермическая модель разветвленной цепной реакции взрывного разложения энергетических материалов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2013. Т. 10. № 1. С. 44 – 49.
8. Зыков И. Ю. Учет эффективности поглощения при разогреве нановключений лазерным излучением // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». 2012. № 3 – 6. С. 43 – 50.
9. Зыков И. Ю., Одинцова О. В. Спектральная зависимость коэффициентов эффективности поглощения наночастиц серебра в прозрачной матрице // Аспирант. 2014. № 5. С. 94 – 97.
10. Каленский А. В., Ананьева М. В. Коэффициенты эффективности поглощения наночастиц кобальта в прозрачных средах // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2015. № 5(218). С. 56 – 60.
11. Каленский А. В., Ананьева М. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю. Спектральная зависимость критической плотности энергии инициирования композитов на основе пентаэритриттетранитрата с наночастицами никеля // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2014. Т. 11. № 3. С. 340 – 345.
12. Каленский А. В., Ананьева М. В., Никитин А. П. Оптические характеристики наночастиц никеля в прозрачных матрицах // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 11-1(43). С. 5 – 13.
13. Каленский А. В., Звеков А. А., Ананьева М. А., Зыков И. Ю., Кригер В. Г., Адуев Б. П. Влияние длины волны лазерного излучения на критическую плотность энергии инициирования энергетических материалов // Физика горения и взрыва. 2014. Т. 50. № 3. С. 98 – 104.

14. Каленский А. В., Зыков И. Ю., Ананьева М. В., Звеков А. А., Адуев Б. П. Взрывная чувствительность композитов тэн-алюминий к действию импульсного лазерного излучения // Вестник КемГУ. 2014. № 3(59). С. 211 – 217.
15. Кригер В. Г., Каленский А. В., Ананьева М. В., Звеков А. А. Способ регулирования порога инициирования оптического детонатора. Патент на изобретение RUS. № 2538263. 26.06.2013.
16. Кригер В. Г., Каленский А. В., Гришаева Е. А., Звеков А. А. Цепно-тепловая модель взрывного разложения азидов тяжелых металлов // Известия высших учебных заведений. Физика. 2009. Т. 52. № 8-2. С. 289 – 291.
17. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А. Релаксация электронно-возбужденных продуктов твердофазной реакции в кристаллической решетке // Химическая физика. 2012. Т. 31. № 1. С. 18 – 22.
18. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Адуев Б. П. Влияние эффективности поглощения лазерного излучения на температуру разогрева включения в прозрачных средах // Физика горения и взрыва. 2012. Т. 48. № 6. С. 54 – 58.
19. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Ананьева М. В., Боровикова А. П. Диффузионная модель разветвленной цепной реакции взрывного разложения азидов тяжелых металлов // Химическая физика. 2009. Т. 28. № 8. С. 67 – 71.
20. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Боровикова А. П., Гришаева Е. А. Определение ширины фронта волны реакции взрывного разложения азидов серебра // Физика горения и взрыва. 2012. Т. 48. № 4. С. 129 – 136.
21. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Никитин А. П. Процессы теплопереноса при лазерном разогреве включений в инертной матрице // Теплофизика и аэромеханика. 2013. Т. 20. № 3. С. 375 – 382.
22. Лукатова С. Г. Спектральные закономерности коэффициентов эффективности поглощения композитов золото-тэн // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2014. № 2(13). С. 54 – 58.
23. Никитин А. П. Расчет параметров инициирования взрывного разложения тэна с наночастицами хрома // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2013. № 2(9). С. 29 – 34.
24. Ряснянский А. И., Palpant B., Debrus S., Pal U., Степанов А. Л. Нелинейные оптические свойства наночастиц золота диспергированных в различных оптически прозрачных матрицах // Физика твердого тела. 2009. Т. 51. № 1. С. 52 – 56.
25. Ananyeva M. V., Kalenskii A. V. The size effects and before-threshold mode of solid-state chain reaction // Журнал Сибирского федерального университета. (Серия: Химия). 2014. Т. 7. № 4. С. 470 – 479.
26. Ananyeva M. V., Kriger V. G., Kalenskii A. V., Zvekov A. A., Borovikova A. P., Grishaeva E. A., Zikov I. Yu. Comparative Analysis of Energetic Materials Explosion Chain and Thermal Mechanisms // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 11-3. С. 13 – 17.
27. Dombrovsky L. A., Timchenko V., Jackson M., Yeoh G. H. A combined transient thermal model for laser hyperthermia of tumors with embedded gold nanoshells // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. V. 54. P. 5459 – 5469.
28. Kalenskii A. V., Ananyeva M. V. Spectral regularities of the critical energy density of the pentaerythriol tetranitrate-aluminium nanosystems initiated by the laser pulse // Наносистемы: физика, химия, математика. 2014. Т. 5. № 6. С. 803 – 810.
29. Kalenskii A. V., Kriger V. G., Zvekov A. A., Grishaeva E. A., Zikov I. Yu., Nikitin A. P. The Microcenter Heat Explosion Model Modernization // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 11-3. С. 62 – 65.

Информация об авторах:

Лукатова Светлана Георгиевна – магистрант химического факультета КемГУ, kriger@kemsu.ru.

Svetlana G. Lukatova – Master's Degree student at the Faculty of Chemistry, Kemerovo State University.

(Научный руководитель: **Каленский Александр Васильевич** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии твердого тела КемГУ).

Academic advisor: Aleksandr V. Kalenskii – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Chemistry of Solids, Kemerovo State University).

Одинцова Оксана Витальевна – студентка химического факультета КемГУ, kriger@kemsu.ru.

Oksana V. Odintsova – student at the Faculty of Chemistry, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **А. В. Каленский**). (Research advisor – **A. V. Kalenskii**).

Статья поступила в редколлегию 08.07.2015 г.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПАКЕТА ПОЛИАРМИРОВАННЫХ СЛОЕВ

Ю. В. Немировский, А. В. Станиславович

THERMAL CONDUCTIVITY OF THE PACKET OF MULTIDIRECTIONAL REINFORCED LAYERS

Yu. V. Nemirovskii, A. V. Stanislavovich

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-01-00825.

В статье представлена структурная математическая модель теплопроводности пакета полиармированных слоев, в рамках которой построены эффективные теплофизические характеристики волокнистых композитов. Существенно новым элементом предлагаемой модели является проведение процедуры осреднения теплового потока по представительному объему двухкомпонентного композитного материала в соответствии с законом Рихмана о теплообмене, происходящем между телами, находящимися в соприкосновении, а не на основе правила простых смесей.

The paper presents a structural model of thermal conductivity of the packet of multidirectional reinforced layers, which includes effective thermal and physical characteristics of fiber composites. Significant distinction of the presented model is averaging of the rate of heat flow by representative volume element of two-component composite material using Richmann's law of heat transfer between bodies which are in contact instead of simple mixture rule.

Ключевые слова: теплопроводность, структурная модель, волокнистый композит, армированные среды.

Keywords: thermal conductivity, structural model, fiber composite, reinforced materials.

Введение

Используемые в настоящее время волокнистые композитные конструкции армируются, как правило, не одним, а несколькими семействами волокон различной ориентации и во многих случаях различной физической природы. Это является следствием требований, предъявляемых к прочностным характеристикам таких материалов: в армированных оболочках и пластинах несущие элементы – волокна – должны воспринимать соизмеримые напряжения на площадках, различно ориентированных по двум направлениям [17].

Разработке структурной модели теплопроводности пакета полиармированных слоев посвящена настоящая работа. Существенно новым элементом предлагаемой модели является проведение процедуры осреднения температуры и теплового потока по представительному объему двухкомпонентного композитного материала с использованием закона Рихмана о теплообмене соприкасающихся тел [11; 21].

Далее в работе под полиармированным слоем (ПАС) будем понимать слой, толщина h_i^* которого сравнима с толщиной пакета ПАС H . Представительный элемент ПАС представлен на рис. 1. Под однонаправленно армированным слоем (ОАС) будем понимать слой, толщина которого много меньше толщины пакета ПАС, под толщиной ОАС будем понимать $h^{(k)}$. Представительный элемент ОАС представлен на рис. 2.

1. Структурная модель теплопроводности однонаправленно армированного слоя

Переходим к изложению структурной модели теплопроводности однонаправленно армированного слоя. Изложение структурной модели теплопроводности однонаправленно армированных волокнистых композитов здесь следует, в основном, материалам монографий [3; 17], а также статьи [2]. Принимаются следующие допущения [1 – 3; 14 – 18; 22].

1. Число армирующих волокон достаточно велико, поэтому полиармированный слой можно считать макроскопически квазиоднородным анизотропным телом [2; 3; 17].

2. Материал полиармированного слоя получен путем внедрения в однородное и изотропное связующее регулярной сети однонаправленных трансверсально изотропных волокон. Причем главная ось анизотропии совпадает с направлением армирования. Армирующие волокна принимаются прямоугольными в поперечном сечении [2; 3]. Связь между вектором теплового потока и градиентом температуры в обеих фазах композиции подчиняется линейному закону теплопроводности Фурье [7; 19]:

$$\Theta_n = -\lambda_n \nabla T_n, \quad (1.1)$$

где Θ_n , λ_n , T_n – вектор теплового потока, коэффициент линейной теплопроводности и температура связующего ($n = «с»$) и арматуры ($n = «а»$) соответственно, ∇ – оператор Гамильтона.

3. Градиенты внешних силовых и тепловых полей «не слишком велики». Поэтому изменением характеристик теплового поля в пределах представительного объема можно пренебречь [2; 3].

4. На границе между связующим и арматурой реализуются условия идеального теплового контакта.

5. Осреднение температуры по представительному объему двухкомпонентного композитного материала выполняется в соответствии с законом Г. В. Рихмана [11; 21]:

$$T = \frac{c_1 m_1}{c_1 m_1 + c_2 m_2} T_1 + \frac{c_2 m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} T_2. \quad (1.2.)$$

Здесь T – конечная температура двух соприкасающихся тел, c_1 , m_1 , T_1 , c_2 , m_2 , T_2 – удельная массовая теплоемкость, масса, температура первого и второго тел соответственно.

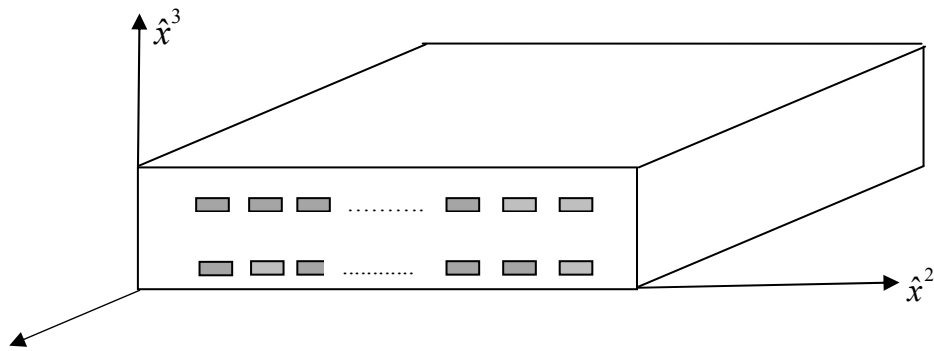


Рис. 1. Представительный элемент полиармированного слоя

6. Осреднение по представительному объему вектора плотности теплового потока выполняется по правилу, аналогичному (1.2) [2; 3]:

$$\Theta = \frac{c_1 m_1}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \Theta_1 + \frac{c_2 m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \Theta_2. \quad (1.3)$$

7. Связь между осредненным по представительному объему вектором теплового потока и температурой подчиняется закону теплопроводности Фурье для анизотропной среды [7]: $\Theta_i = \Lambda_{ij} \nabla_j T$.

Здесь Λ – тензор интегральных коэффициентов теплопроводности.

Переходим к определению компонент тензора линейной теплопроводности армированной среды. Формулами: $\omega = d/l$, $\omega_z = \delta/h$ (рис. 2) вводим па-

раметры армирования – интенсивность армирования в плоскости слоя (ω) и по его высоте (ω_z). Оси прямоугольной декартовой системы координат $\hat{x}^1, \hat{x}^2, \hat{x}^3 = z$ направим, как показано на рис. 2.

Плоскостями $AA'D'D$ и $BB'C'C$, параллельными плоскостям слоя (рис. 2, 3), выделим из представительного элемента армированной среды параллелепипед $ABCD A'B'C'D'$. Этот параллелепипед, содержащий армирующее волокно (закрашено серым), назовем представительным элементом армирующего слоя (рис. 3) и сначала найдем его средние характеристики [2; 3].

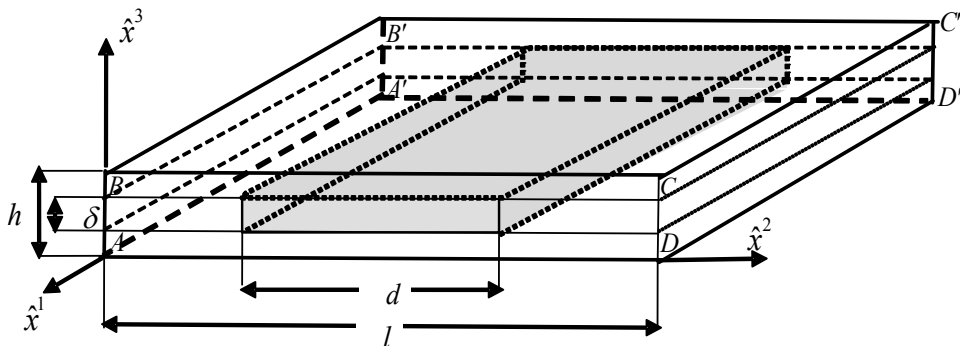


Рис. 2. Представительный элемент армированного слоя

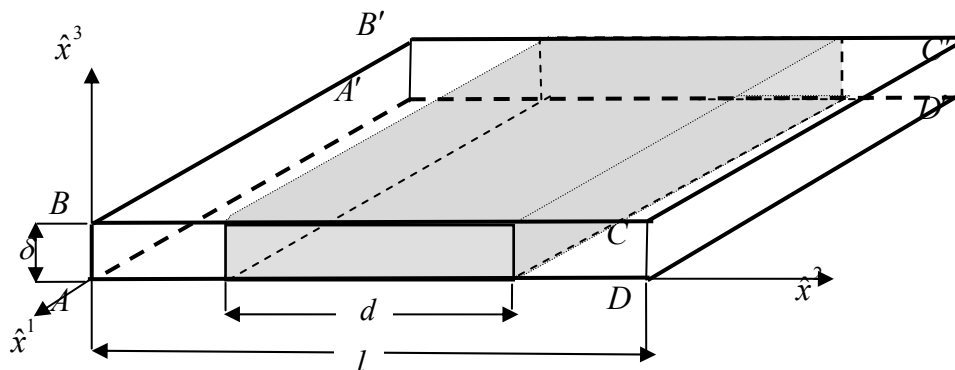


Рис. 3. Представительный элемент армирующего слоя

Величины, относящиеся к связующему, будем отмечать индексом «с», к арматуре – индексом «а».

Приведенную объемную плотность $\langle \rho \rangle$, массовую $\langle c_{\varepsilon m} \rangle$ и объемную $\langle c_{\varepsilon} \rangle$ теплоемкость квазиоднородного вещества представительного элемента армирующего слоя определим по формулам [2; 3]:

$$\langle \rho \rangle = \omega \rho_a + (1 - \omega) \rho_c, \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} \langle c_{\varepsilon m} \rangle &= \frac{\omega \rho_a}{\langle \rho \rangle} c_{\varepsilon m}^a + \frac{(1 - \omega) \rho_c}{\langle \rho \rangle} c_{\varepsilon m}^c, \\ \langle c_{\varepsilon} \rangle &= \omega \rho_a c_{\varepsilon}^a + (1 - \omega) \rho_c c_{\varepsilon}^c. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Здесь и далее в параграфе в угловых скобках – величины, осредненные по объему представительного элемента армирующего слоя, $\rho_n, c_{\varepsilon}^n, c_{\varepsilon m}^n$ – объемная плотность, удельная объемная и массовая теплоемкость арматуры ($n = «а»$) и связующего ($n = «с»$).

Используя характеристики (1.5) из (1.2), (1.3) выводим:

$$\begin{aligned} \nabla \langle T \rangle &= \bar{\omega} \nabla T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla T_c, \\ \langle \Theta \rangle &= \bar{\omega} \Theta_a + (1 - \bar{\omega}) \Theta_c, \\ \bar{\omega} &= \frac{c_{\varepsilon}^a}{\langle c_{\varepsilon} \rangle} \omega. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Записывая (1.6) в скалярной форме и учитывая (1.1), получаем зависимости:

$$\nabla_i \langle T \rangle = \bar{\omega} \nabla_i T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla_i T_c \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1.7)$$

$$\nabla_1 T_c = \nabla_1 T_a = \nabla_1 \langle T \rangle, \quad \nabla_3 T_c = \nabla_3 T_a = \nabla_3 \langle T \rangle,$$

$$\nabla_2 T_c = \frac{\lambda_{a2}}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}} \nabla_2 \langle T \rangle, \quad \nabla_2 T_a = \frac{\lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}} \nabla_2 \langle T \rangle. \quad (1.12)$$

Подставляя (1.12) в (1.8), приходим к соотношениям:

$$\Theta_1 = -[\bar{\omega} \lambda_{a1} + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c] \nabla_1 \langle T \rangle, \quad \Theta_2 = -\frac{\lambda_{a2} \lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}} \nabla_2 \langle T \rangle, \quad (1.13)$$

$$\Theta_3 = -[\omega \lambda_{a2} + (1 - \omega) \lambda_c] \nabla_3 \langle T \rangle.$$

Сравнивая (1.13) с (1.9), находим:

$$\langle \Lambda_{11} \rangle = \bar{\omega} \lambda_{a1} + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c, \quad \langle \Lambda_{22} \rangle = \frac{\lambda_{a2} \lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}}, \quad (1.14)$$

$$\langle \Lambda_{33} \rangle = \bar{\omega} \lambda_{a2} + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c, \quad \langle \Lambda_{ij} \rangle = 0 \quad (i = 1, 2, 3; i \neq j).$$

Переходим к определению компонент тензора линейной теплопроводности представительного элемента армированного слоя. В силу допущений 1, 7 считаем, что квазиоднородный анизотропный материал элементарного армирующего слоя (на рис. 2 – прямоугольный параллелепипед $ABCD A' B' C' D'$) подчиняется закону Фурье для анизотропных сред (1.9),

$$\langle \Theta_1 \rangle = -[\bar{\omega} \lambda_{a1} \nabla_1 T_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c \nabla_1 T_c], \quad (1.8)$$

$$\langle \Theta_i \rangle = -[\bar{\omega} \lambda_{a2} \nabla_i T_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c \nabla_i T_c] \quad (i = 2, 3)$$

Здесь $\lambda_{a1}, \lambda_{a2}$ – коэффициенты линейной теплопроводности арматуры в продольном и поперечном направлениях соответственно.

В силу допущения 7 имеем:

$$\langle \Theta_i \rangle = -\langle \Lambda_{ij} \rangle \nabla_j \langle T \rangle. \quad (1.9)$$

Здесь $\langle \Lambda \rangle$ – неизвестный тензор интегральных коэффициентов теплопроводности армирующего слоя. Для его определения необходимо найти линейную зависимость величин $\langle \Theta_i \rangle$ в (1.8) от $\nabla_i \langle T \rangle$ в (1.7).

В силу допущения 4 на поверхности Γ раздела фаз арматуры и связующего (рис. 3) выполнены условия идеального контакта по температуре [4; 10]:

$$T_a = T_c, \quad \lambda_a \nabla_2 T_a = \lambda_c \nabla_2 T_c \quad (1.10)$$

(направление нормали совпадает с направлением оси $O\hat{x}^2$). Дифференцируя обе части первого из равенств

(1.10) по $\hat{x}^1, \hat{x}^3$, приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned} \nabla_1 T_a &= \nabla_1 T_c, \quad \nabla_3 T_a = \nabla_3 T_c, \\ \lambda_a \nabla_2 T_a &= \lambda_c \nabla_2 T_c. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Зависимости (1.7), (1.11) вместе составляют систему шести линейных алгебраических уравнений для определения шести величин – $\nabla_1 T_a, \nabla_2 T_a, \nabla_3 T_a, \nabla_1 T_c, \nabla_2 T_c, \nabla_3 T_c$.

Решив систему (1.7), (1.11), получаем:

(1.14), а материал прослоек связующего, дополняющего этот параллелепипед до представительного элемента армированного слоя, подчиняется линейному закону теплопроводности Фурье (1.1). Поверхность Γ раздела фаз состоит из прямоугольников $AA'D'D$ и $BB'C'C$ [2; 3].

Приведенную объемную плотность, массовую $\langle\langle c_{em} \rangle\rangle$ и объемную $\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle$ теплоемкость квазигомогенного вещества представительного элемента армированного слоя определим по формулам [2; 3]:

$$\langle\langle \rho \rangle\rangle = \omega_z \langle \rho \rangle + (1 - \omega_z) \rho_c, \quad (1.15)$$

$$\langle\langle c_{em} \rangle\rangle = \frac{\omega_z \langle \rho \rangle}{\langle\langle \rho \rangle\rangle} \langle c_{em} \rangle + \frac{(1 - \omega_z) \rho_c}{\langle\langle \rho \rangle\rangle} c_{em}^c. \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle &= \bar{\omega}_z \nabla_1 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_1 T_c, \quad \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle = \bar{\omega}_z \nabla_2 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_2 T_c, \\ \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle &= \bar{\omega}_z \nabla_3 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_3 T_c, \quad \bar{\omega}_z = \frac{\langle c_\varepsilon \rangle}{\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle} \omega_z. \end{aligned} \quad (1.17)$$

$$\langle\langle \Theta_i \rangle\rangle = -\bar{\omega}_z \langle \Lambda_{ii} \rangle \nabla_i \langle T \rangle - (1 - \bar{\omega}_z) \lambda_c \nabla_i T_c. \quad (1.18)$$

В силу допущения 7 имеем:

$$\langle\langle \Theta_i \rangle\rangle = -\hat{\Lambda}_{ij} \nabla_j \langle\langle T \rangle\rangle. \quad (1.19)$$

Здесь $\hat{\Lambda}$ – тензор интегральных коэффициентов теплопроводности армированного слоя. Для его опре-

$$\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle = \omega_z \langle \rho \rangle \langle c_{em} \rangle + (1 - \omega_z) \rho_c c_{em}^c.$$

Здесь и далее в параграфе в двойных угловых скобках – величины, осредненные по объему представительного элемента армированного слоя.

Из соотношений (1.2), (1.3) с учетом (1.1), (1.9), (1.14), (1.16) следует:

деления, также как и выше, необходимо найти линейную зависимость величин $\langle\langle \Theta_i \rangle\rangle$ от $\nabla_i \langle\langle T \rangle\rangle$.

Повторяя рассуждения (1.10) – (1.13) почти дословно приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned} \langle\langle \Theta_1 \rangle\rangle &= -[\bar{\omega} \bar{\omega}_z \lambda_{a1} + (1 - \bar{\omega} \bar{\omega}_z) \lambda_c] \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle, \\ \langle\langle \Theta_2 \rangle\rangle &= -\lambda_c \frac{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_c + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_{a2}}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}} \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle, \\ \langle\langle \Theta_3 \rangle\rangle &= -\lambda_c \frac{\bar{\omega} \lambda_{a2} + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_{a2} + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_c} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle. \end{aligned} \quad (1.20)$$

Сравнивая между собой (1.19) и (1.20) приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned} \hat{\Lambda}_{11} &= \bar{\omega} \bar{\omega}_z \lambda_{a1} + (1 - \bar{\omega} \bar{\omega}_z) \lambda_c, \quad \hat{\Lambda}_{22} = \lambda_c \frac{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_c + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_{a2}}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_{a2}}, \\ \hat{\Lambda}_{33} &= \lambda_c \frac{\bar{\omega} \lambda_{a2} + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_{a2} + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_c}, \quad \hat{\Lambda}_{ij} = 0, \quad i, j = 1, 2, 3; \quad i \neq j. \end{aligned} \quad (1.21)$$

Формулами (1.21) компоненты тензора теплопроводности определены во вспомогательной декартовой системе координат $\hat{x}^1, \hat{x}^2, \hat{x}^3 = z$, направление оси

$O\hat{x}^1$ которой совпадает с направлением армирования. В любой другой координатной системе компоненты этого тензора можно получить, используя формулы преобразования компонент тензоров. Пусть, например, система координат $\hat{x}^1, \hat{x}^2$ получена из системы координат x^1, x^2 путем поворота на угол φ . Тогда:

$$\begin{aligned} \hat{x}^1 &= x^1 \cos \varphi + x^2 \sin \varphi, \\ \hat{x}^2 &= -x^1 \sin \varphi + x^2 \cos \varphi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x^1 &= \hat{x}^1 \cos \varphi - \hat{x}^2 \sin \varphi, \\ x^2 &= \hat{x}^1 \sin \varphi + \hat{x}^2 \cos \varphi. \end{aligned}$$

Отсюда из формул преобразования компонент тензоров следует [3]:

$$\Lambda_{\lambda\mu} = \hat{\Lambda}_{\alpha\beta} m_\lambda^\alpha m_\mu^\beta, \quad (1.22)$$

где $m_1^1 = m_2^2 = \cos \varphi$, $m_2^1 = -m_1^2 = \sin \varphi$.

2. Структурная модель теплопроводности пакета полиармированных слоев Equation Section (Next).

Переходим к построению структурной модели теплопроводности пакета полиармированных слоев.

Для вывода эффективных коэффициентов теплопроводности пакета ПАС с квазирегулярной по толщине пакета структурой, образованной путем перио-

дического и многократного чередования ОАС с различными семействами волокон, примем следующие допущения [5; 17].

1. Материал пакета ПАС получен путем наложения друг на друга N семейств ОАС.

2. Направление армирования i -м семейством волокон в ОАС параллельно плоскости Ox^1x^2 прямоугольной декартовой системы координат и составляет с направлением оси Ox^1 угол φ_i ($i = 1, 2, \dots, N$).

3. Для каждого ОАС остаются справедливыми предположения 1 – 7 параграфа 1.

4. На границах между ОАС задаются условия идеального теплового контакта [4; 10]:

$$\begin{aligned} \langle\langle T \rangle\rangle^{(i)} &= \langle\langle T \rangle\rangle^{(i+1)}, \\ \Lambda_{33}^{(k)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(i)} &= \Lambda_{33}^{(k+1)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(i+1)}, \\ i &= 1, 2, \dots, N-1. \end{aligned}$$

5. Число ОАС достаточно велико, так что пакет ПАС можно считать макроскопически квазиоднородным анизотропным телом, одна из главных осей анизотропии которого совпадает с направлением оси Ox^3 .

6. Допущения 5 – 6 параграфа 1 остаются справедливыми для всего пакета ПАС в целом, где под фазой композиции будем понимать ОАС. Формулы (1.2), (1.3) для случая N тел преобразуются следующим образом [11]:

$$T = \sum_i \left[\left(\sum_j c_j m_j \right)^{-1} c_i m_i T_i \right] \quad (2.1)$$

$$\Theta = \sum_i \left[\left(\sum_j c_j m_j \right)^{-1} c_i m_i \Theta_i \right], \quad (2.2)$$

где c_i , m_i , T_i , Θ_i , так же как и в первом параграфе, – удельная массовая теплоемкость, масса, температура, вектор плотности теплового потока для i -го тела соответственно. Здесь и далее (если не указаны пределы суммирования) суммирование ведется от единицы до N .

Для определения эффективных коэффициентов теплопроводности пакета необходимо установить

$$\begin{aligned} \langle\langle \Theta_i \rangle\rangle &= - \left[\sum_k \bar{\Omega}_k \Lambda_{i1}^{(k)} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} + \sum_k \bar{\Omega}_k \Lambda_{i2}^{(k)} \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} \right], i = 1, 2, \\ \langle\langle \Theta_3 \rangle\rangle &= - \sum_k \bar{\Omega}_k \Lambda_{33}^{(k)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)}, \end{aligned} \quad (2.6)$$

где $\bar{\Omega}_i = \frac{\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle^{(i)}}{\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle} \Omega_i$, а $\Lambda^{(k)}$ – тензор интегральных коэффициентов теплопроводности ОАС с k -м семейством волокон. Причем также выполняется условие нормировки $\sum_i \bar{\Omega}_i = 1$.

связь между осредненным тепловым потоком $\langle\langle \Theta \rangle\rangle$ и градиентом осредненной температуры $\nabla \langle\langle T \rangle\rangle$.

Приведенную объемную плотность $\langle\langle \rho \rangle\rangle$ пакета ПАС определяем по формуле, аналогичной (1.4), (1.15):

$$\begin{aligned} \langle\langle \rho \rangle\rangle &= \Omega_1 \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(1)} + \Omega_2 \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(2)} + \dots \\ &+ \Omega_N \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(N)} = \sum_i \Omega_i \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(i)}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

где $\Omega_i = \frac{h_i}{H}$ – удельное содержание ОАС с i -м семейством волокон в пакете ПАС, h_i – суммарная толщина ОАС с i -м семейством волокон, H – толщина пакета ПАС, $\langle\langle \rho \rangle\rangle^{(i)}$ – осредненная объемная плотность

ОАС с i -м семейством волокон. Здесь и далее в угловых скобках с индексом сверху будем обозначать величины, осредненные по объему ОАС с i -м семейством волокон, а в двойных угловых скобках без индекса – величины, осредненные по всему пакету ПАС. Выполняются следующие условия нормировки:

$$\sum_i h_i = H, \quad \sum_i \Omega_i = 1 \quad (\Omega_i > 0).$$

Приведенную массовую $\langle\langle c_{em} \rangle\rangle$ и объемную $\langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle$ теплоемкости для всего пакета ПАС найдем по формулам:

$$\begin{aligned} \langle\langle c_{em} \rangle\rangle &= \frac{1}{\langle\langle \rho \rangle\rangle} \sum_i \Omega_i \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(i)} \langle\langle c_{em} \rangle\rangle^{(i)}, \\ \langle\langle c_\varepsilon \rangle\rangle &= \sum_i \Omega_i \langle\langle \rho \rangle\rangle^{(i)} \langle\langle c_{em} \rangle\rangle^{(i)}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Из выражений (2.1), (2.2), использованных для осреднения температуры и вектора плотности теплового потока для пакета ПАС, с учетом характеристик (2.4) и закона теплопроводности Фурье (1.19), получим:

$$\nabla_i \langle\langle T \rangle\rangle = \sum_j \bar{\Omega}_j \nabla_j \langle\langle T \rangle\rangle^{(j)}, \quad (2.5)$$

Компоненты тензора интегральных коэффициентов теплопроводности ОАС с k -м семейством волокон $\Lambda_{ij}^{(k)}$ получаются из (1.21) с учетом (1.22):

$$\Lambda_{ij}^{(k)} = m_{1i}^{(k)} m_{1j}^{(k)} \hat{\Lambda}_{11}^{(k)} + (-1)^{i+j} m_{2i}^{(k)} m_{2j}^{(k)} \hat{\Lambda}_{22}^{(k)},$$

$$m_{11}^{(k)} = m_{22}^{(k)} = \cos \varphi_k, \quad m_{12}^{(k)} = m_{21}^{(k)} = \sin \varphi_k, \quad i, j = 1, 2, \quad \Lambda_{33}^{(k)} = \hat{\Lambda}_{33}^{(k)}, \quad (2.7)$$

$\hat{\Lambda}_{ii}^{(k)}$ ($i = 1, 2, 3$) задаются формулами (1.21).

В силу допущения 4 на поверхностях $\Gamma|_{km}$ контакта между ОАС с k -м и m -м семействами волокон выполнены условия идеального теплового контакта:

$$\langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} \Big|_{km} = \langle\langle T \rangle\rangle^{(m)} \Big|_{km}, \quad (2.8)$$

$$\Lambda_{33}^{(k)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} \Big|_{km} = \Lambda_{33}^{(m)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(m)} \Big|_{km}, \quad (2.9)$$

$k, m = 1, 2, \dots, N, \quad k \neq m$

В связи с тем, что пакет ПАС представляет собой сплошное макроскопически квазиоднородное анизотропное тело, одна из главных осей анизотропии которого совпадает с осью Ox^3 и тем, что ОАС имеет элементарную толщину соотношения (2.8), (2.9) можно заменить эквивалентной системой равенств:

$$\langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} = \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}, \quad (2.10)$$

$$\Lambda_{33}^{(k)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} = \Lambda_{33}^{(1)} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}, \quad (2.11)$$

$k = 2, 3, \dots, N$

Дифференцируя обе части равенства (2.10) по x^l , x^2 , приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} &= \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}, \\ \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} &= \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}, \\ \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} \Lambda_{33}^{(k)} &= \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)} \Lambda_{33}^{(1)}, \\ k &= 2, 3, \dots, N \end{aligned} \quad (2.12)$$

Зависимости (2.5), (2.12) вместе составляют систему $3N$ линейных алгебраических уравнений для определения $3N$ неизвестных величин

$$\nabla_i \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} \quad (i = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots, N).$$

Решая систему, получаем:

$$\begin{aligned} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle &= \sum_i \bar{\Omega}_i \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle^{(i)} = \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}, \\ \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle &= \sum_i \bar{\Omega}_i \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle^{(i)} = \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Из последнего из равенств (2.12) следует:

$$\nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(k)} = \frac{\Lambda_{33}^{(1)}}{\Lambda_{33}^{(k)}} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}. \quad (2.14)$$

Подставив (2.14) в (2.5) получим:

$$\nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle = \sum_i \left(\bar{\Omega}_i \frac{\Lambda_{33}^{(1)}}{\Lambda_{33}^{(i)}} \right) \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle^{(1)}. \quad (2.15)$$

Подставляя (2.13), (2.14) в (2.6) и учитывая (2.15), получаем:

$$\begin{aligned} \langle\langle \Theta_1 \rangle\rangle &= - \left(\sum_i \bar{\Omega}_i \Lambda_{11}^{(i)} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle + \sum_i \bar{\Omega}_i \Lambda_{12}^{(i)} \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle \right), \\ \langle\langle \Theta_2 \rangle\rangle &= - \left(\sum_i \bar{\Omega}_i \Lambda_{21}^{(i)} \nabla_1 \langle\langle T \rangle\rangle + \sum_i \bar{\Omega}_i \Lambda_{22}^{(i)} \nabla_2 \langle\langle T \rangle\rangle \right), \\ \langle\langle \Theta_3 \rangle\rangle &= - \left(\sum_i \frac{\bar{\Omega}_i}{\Lambda_{33}^{(i)}} \right)^{-1} \nabla_3 \langle\langle T \rangle\rangle. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Сравнивая равенства (2.16) с (1.19), получаем:

$$\Lambda_{ij} = \sum_k \bar{\Omega}_k \Lambda_{ij}^{(k)}, \quad i, j = 1, 2, \quad \Lambda_{33} = \left(\sum_k \frac{\bar{\Omega}_k}{\Lambda_{33}^{(k)}} \right)^{-1}. \quad (2.17)$$

Литература

1. Андреев А. Н., Немировский Ю. В. Многослойные анизотропные оболочки и пластины: изгиб, устойчивость, колебания. Новосибирск: Наука, 2001. 288 с.
2. Андреев А. Н. Моделирование процессов теплопроводности в однонаправлено армированных композитных средах // Вестник КеМГУ. 2015. № 2(62). Т. 1. С. 6 – 10.

3. Андреев А. Упругость и термоупругость слоистых композитных оболочек. Математическая модель и некоторые аспекты численного анализа. Saarbrücken, Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2013. 93 с.
4. Боли Б., Уэйнер Дж. Теория температурных напряжений. М.: Мир, 1964. 517 с.
5. Горынин Г. Л., Немировский Ю. В. Математическое моделирование процесса теплопроводности для 2D-периодических композитных анизотропных материалов // Математические методы и физико-механические поля. 2014. Т. 57. № 2. С. 142 – 151.
6. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Наука, 1964. 487 с.
7. Карташов Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел: учебное пособие. 3-е изд., перераб и доп. М.: Высш. шк., 2001. 550 с.
8. Коваленко А. Д. Основы термоупругости. Киев: Наукова думка, 1970. 308 с.
9. Коваленко А. Д. Термоупругость. Киев: Вища школа, 1975. 216 с.
10. Коляно Ю. М., Ломакин В. А., Подстригач Я. С. Термоупругость тел неоднородной структуры. М.: Наука, 1984. 368 с.
11. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985. 520 с.
12. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
13. Мелан Э., Паркус Г. Температурные напряжения, вызываемые стационарными температурными полями. М.: ГИФМЛ, 1958. 166 с.
14. Немировский Ю. В. К теории термоупругого изгиба армированных оболочек и пластин // Мех. полимеров. 1972. № 5. С. 861 – 873.
15. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Моделирование процессов теплопроводности в ортогонально армированных гибридных композитах с дисперсным упрочнением связующего // Прикладная физика. 2008. № 5. С. 10 – 17.
16. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Рациональное проектирование армированных конструкций. Новосибирск: Наука, 2002. 488 с.
17. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Теплопроводность однородных и композитных тонкостенных конструкций. Новосибирск: Арт-Авеню, 2008. 512 с.
18. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Определение эффективных физико-механических характеристик гибридных композитов, перекрестно армированных трансверсально изотропными волокнами, и сопоставление расчетных характеристик с экспериментальными данными // Механика композитных материалов и конструкций. 2007. Т. 13. № 1. С. 3 – 32.
19. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. М.: Мир, 1970. 256 с.
20. Паркус Г. Неустановившиеся температурные напряжения. М.: ГИФМЛ, 1963. 252 с.
21. Поль Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте. М.: ГИТТЛ, 1957. 479 с.
22. Янковский А. П. Моделирование процессов теплопроводности в пространственно армированных композитах с произвольной ориентацией волокон // Прикладная физика. 2011. № 3. С. 32 – 39.

Информация об авторах:

Немировский Юрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, nemirov@itam.nsc.ru.

Yury V. Nemirovskii – Doctor of Physics and Mathematics, Leading Research Associate at Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Siberian Branch of the RAS.

Станиславович Алексей Вячеславович – программист «ПКП РИФ», соискатель кафедры алгебры и геометрии КемГУ, alexey.st@bk.ru.

Alexey V. Stanislavovich – post-graduate student at the Department of Algebra and Geometry, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ФИЛОЛОГИЯ

УДК 81'27

РЕЧЕВОЙ ПОРТРЕТ МАТЕРИ В ЛИНГВОКУЛЬТУРЕ: К РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНОГО ПРОЕКТА

О. Н. Варламова

THE MOTHER'S SPEECH PORTRAIT IN THE LINGVOCULTURE: TO THE RESEARCH PROJECT REALISATION

O. N. Varlamova

Данная публикация посвящена проблематике описания характеристик языковой личности при помощи методологии речевого портретирования. Целью статьи является обоснование необходимости нового ракурса описания языковой личности – коллективного речевого портрета представителя лингвокультуры в релевантной социальной роли: роли матери. Проводится анализ существующего инструментария лингвоперсонологии, обсуждается методологический аппарат, необходимый для достижения поставленной цели. На основе анализа исследований, выполненных в русле речевого портретирования, представлена классификация речевых портретов. В статье отражена актуальность предпринятого проекта, история создания речевого портрета, описана типология методологических подходов к речевому портретированию. На основе изученных работ нами выделены основные и вспомогательные параметры описания, релевантные для составления обобщенного речевого портрета матери.

The paper considers the description of linguistic personality characteristics in their problematical aspect. Taking into account the means of speech portrait methodology, the paper aims at justifying the necessity of a new aspect in linguistic personality description: a collective speech portrait of linguocultural representative in the social role of the mother. The history of speech portrait creation, classification of speech portraits, and the topicality of the issue are presented in the paper through conducted research analysis. The main and auxiliary characteristics for the creation of the mother's collective speech portrait are defined.

Ключевые слова: материнское общение, речевой портрет, фонетический портрет, социальная роль матери, социолингвистический подход.

Keywords: mother-child interaction, speech portrait, phonetic portrait, mother's social role, sociolinguistic approach.

1. Понятие речевого портрета в современной лингвистике

В современной лингвистике широко используется приём речевого портретирования как средство изучения языковой личности [1]. Исследователи по-разному трактуют понятие «речевого портрета».

Так, С. В. Леорда понимает речевой портрет как воплощенную в речи языковую личность определенной социальной общности [13].

Согласно Ю. С. Алышевой, под речевым портретом понимается набор определенных качеств языковой личности, формирующихся на базе ведущих коммуникативных свойств ее речи [1]. Данные качества являются воплощением в речи психологических свойств говорящего и манифестируются определенным набором разноуровневых языковых средств при ведущей роли интонации.

С. В. Мамаева, исследуя речевое поведение коллективной языковой личности (школьников-подростков), определяет вышеупомянутое понятие как совокупный набор сходных речевых проявлений, присущих данной коллективной языковой личности [14].

По мнению Т. П. Тарасенко, речевой портрет – это «совокупность языковых и речевых характеристик коммуникативной личности или определенного со-

циума в отдельно взятый период существования» [15, с. 169].

Г. Г. Матвеева определяет речевой портрет как «набор речевых предпочтений говорящего в конкретных обстоятельствах для актуализации определенных намерений и стратегий воздействия на слушающего» (цит. по: [15, с. 169]).

В вышеперечисленных определениях мы видим общие признаки, которые приписываются данному понятию: исследователи выделяют личность как объект наблюдения, её речь – как материал исследования. Существуют и различия в трактовке данного понятия: у С. В. Мамаевой, С. В. Леорды, Т. П. Тарасенко и Г. Г. Матвеевой наблюдаемая специфика в речи есть видимый результат различий в языковой личности, у Ю. С. Алышевой наблюдаемое в речи есть процесс формирования языковой личности – то, что есть в речи, затем интериоризируется и меняет языковую личность; у С. В. Мамаевой, С. В. Леорды, Т. П. Тарасенко присутствует элемент социальной группы, а у Ю. С. Алышевой, Г. Г. Матвеевой речевой портрет не соотносится с социальной ролью личности.

Материалом для нашего исследования служат аудио и видеозаписи звучащей речи, результатом станет коллективный речевой портрет представительниц русской и французской лингвокультур в социальной

роли матери, поэтому для нас важны такие признаки, как речевые особенности, присущие представителям определенной социальной роли, конкретные обстоятельства, в которых актуализируются речевые особенности, стратегии воздействия на слушающего. Принимая во внимание вышеуказанные уточнения, в качестве рабочего определения речевого портрета мы будем использовать основу определений данного понятия С. В. Мамаевой и Г. Г. Матвеевой: речевой портрет – это совокупный набор сходных речевых предпочтений, присущих данной языковой личности в конкретных обстоятельствах для актуализации определенных намерений и стратегий воздействия на слушающего.

2. Типы исследований в рамках методологии речевого портретирования

Изучив опыт отечественных лингвистов по созданию речевых портретов, мы классифицировали работы по следующим критериям: по объекту исследования, по материалу исследования и параметрам исследования.

По количеству объектов исследования мы можем выделить портрет *единичной ЯЛ / коллективной ЯЛ*. Существуют труды, направленные на изучение конкретной языковой личности и имеющие результатом речевой портрет определенного человека [5], а также работы по изучению коллективной языковой личности, где результат – составление коллективных портретов интеллигенции [11], школьников младшего подросткового возраста [14].

По соотносённости с действительностью объект исследования может быть *реальным / вымышленным*. Анализ могут подвергаться речевые портреты как культурно значимых, исторических личностей так и вымышленных персонажей, художественных образов, национальных героев, таких как Беовульф и Робин Гуд [5].

По уровню обобщения объект исследования может быть *релевантным / среднестатистическим*. Существуют речевые портреты конкретных социально значимых фигур, например Б. Н. Ельцина [5], а также речевые портреты типичных представителей той или

иной социальной группы на примере исследования речи одного из ее представителей.

По социальной локализации мы выделяем *личный / институциональный* объект. Существуют примеры изучения речевых портретов не только конкретной или коллективной языковой личности, но и отдельного институционального субъекта коммуникации – газеты [18].

Материалом для составления речевого портрета может выступать как *речь*, зафиксированная в *письменном виде* [10], так аудиозаписи *звучащей речи* [1].

В основе составления речевого портрета в зависимости от цели, характера материала могут входить следующие параметры:

- а) *полные характеристики речи на всех уровнях манифестации языковой системы (фонетика, грамматика, лексика, прагматика);*
- б) *частичные характеристики речи на всех или большинстве уровней;*
- в) *селективные характеристики на некоторых или всех уровнях.*

Различные типы подходов к составлению речевого портрета приведены в таблице.

Подробное описание методологии и результатов речевого портретирования в рамках социолингвистического подхода описала О. И. Асташова [2]. В рамках данного подхода ЯЛ идентифицируется как часть возрастной, гендерной, социальной категории и профессиональной группы. Изучив труды по теме исследования, исследователь следующим образом обобщает объекты исследований: диалектная языковая личность, гендерная языковая личность, языковая личность эмигранта, языковая личность определенного поколения, языковая личность представителя определенной профессии. Объектом же нашего исследования выступит речевая характеристика человека в общекультурной социальной роли – роли матери. Существуют работы, направленные на изучение речи матери в когнитивном аспекте [9]. Однако речь представителей лингвокультуры в определенной социально релевантной роли в рамках лингвоперсонологии еще не изучалась, а значит такого рода исследования могут стать новым типом речевого портретирования.

Таблица

Типология подходов к составлению речевого портрета

Критерий типологизации	Типы подходов	Примеры исследований
По количеству объектов исследования	а) РП единичной ЯЛ, б) РП коллективной ЯЛ	а) Гаврилова М. В. Некоторые черты речевого портрета первого президента России Б. Н. Ельцина (2012) [5], б) Мамаева С. В. Речевой портрет коллективной языковой личности школьников 5 – 7-х классов (2007) [4]
По соотносённости объекта исследования с действительностью	а) РП реальной ЯЛ, б) РП вымышленного персонажа	а) Гафарова А. С. Речевой портрет: социолингвистические характеристики (2006) (<i>объект исследования – речевой портрет военнослужащих срочной службы</i>) [6], б) Томберг О. В. Речевой портрет в сопоставительном описании: лингвокультурологический аспект (2012) [19]
По уровню обобщения объекта	а) РП релевантной ЯЛ, б) РП среднестатистической ЯЛ	а) Гаврилова М. В. Некоторые черты речевого портрета первого президента России Б. Н. Ельцина (2012) [5], б) Тереньтева Е. В. Речевой портрет современного носителя донских медведицких говоров Волгоградской области (2012) [19]

По социальной локализации объекта исследования	а) личностный б) институциональный	а) Алышева Ю. С. Речевой портрет современного политического лидера (2012) [1], б) Свистельникова С. А. Речевой портрет современной газеты: концептосфера, жанры, образные средства (на материале газеты «Слово коммуниста») (2010) [18]
По характеру материала исследования	а) звучащая речь б) письменные тексты	а) Леорда С. В. Речевой портрет современного студента (2006) [13], б) Косивцова А. В. Речевой портрет Адресанта (на материале частно-деловых писем Н. А. Демидова) (2011) [10]
По объёму параметров исследования	а) полные характеристики речи на всех уровнях манифестации языковой системы (фонетика, грамматика, лексика, прагматика), б) частичные характеристики речи на всех или большинстве уровней, в) селективные характеристики на некоторых или всех уровнях	а) Мамаева С. В. Речевой портрет коллективной языковой личности школьников 5 – 7-х классов (2007) [14,] б) Блохинская А. В. Речевой портрет потомка русских и украинцев на амурской земле (на материале речи Марии Васильевны Остапенко, село Песчаноозерка Октябрьского района) (2013) [3], в) Асташова О. И. Речевой портрет политика как динамический феномен (2013) [2]

3. Типологии методологических подходов к речевому портретированию

Первым шагом к разработке социально-речевого портрета явилась идея фонетического портрета, выдвинутая в середине 60-х гг. XX в. Михаилом Викторовичем Пановым и воплощенная им в ряде фонетических портретов политических деятелей, писателей, ученых XVIII – XX вв. [12]. Каждый из таких портретов отражал не только манеру произношения отдельного носителя языка, но и особенности речи определенной общественной среды, которой принадлежал портретируемый. При этом учитывались такие параметры, как принадлежность к тому или иному поколению, социальному слою, наличие локальных речевых особенностей. Идею М. В. Панова развивали такие ученые, как М. В. Китайгородская, Л. П. Крысин, Н. Н. Розанова, Т. М. Николаева. Наряду с фонетическим уровнем языка стали изучаться лексические, синтаксические, морфологические особенности, а также тактики речевого поведения отдельной личности. Л. П. Крысин предпринял попытку описания целого социального слоя – современной русской интеллигенции [12]. Исследователь излагает следующие разделы, которые в совокупности образуют исследовательские очертания речевого портрета современного русского интеллигента:

– вычленение «диагностирующих пятен» [16, с. 73 – 75] – социально маркированных способов выбора и употребления языковых средств и особенностей речевого поведения;

– признание неоднородности описываемого объекта и неединственности типичного представителя этого социального слоя (гуманитарная и техническая интеллигенция, старшее, среднее и молодое ее поколения, территориально маркированные слои интеллигенции);

– особенности в наборе языковых единиц (фонетических и лексико-семантических) и особенности речевого поведения (переключение в процессе коммуни-

кации с одних разновидностей языка на другие в зависимости от условий общения, употребление прецедентных феноменов);

– использование языковой игры для создания условий, в которых могут быть реализованы потенциальные возможности портретируемого как языковой личности – необходимость ответить шуткой на шутку, отразить речевую агрессию и др.;

– для комплексного изучения языковой личности необходимо обращаться к различным по статусу речевым произведениям (научные тексты, мемуары, публицистика, непосредственная запись речи информантов) [12; 4].

Приведенные выше параметры не являются универсальной схемой составления речевого портрета. Метод речевого портретирования отличается широкой вариативностью. Чтобы показать какие особенности языка и речи учитываются при составлении речевых портретов, мы считаем необходимым проанализировать типы и направления данного вида работ. Е. В. Иванцова предлагает типологизировать методологические подходы к речевому портретированию следующим образом [8].

1. Социолингвистические портреты предполагают попарное описание языковой системы информанта и его речевого поведения. Учитываются биографические сведения изучаемой языковой личности, фиксируются индивидуальные особенности речи, выделяются черты, типичные для той или иной социальной группы. К речевым портретам данного направления относятся портреты эмигрантов и носителей диалекта [3].

2. Лингво-исторический портрет предполагает описание языковых личностей – представителей восточной ветви русской эмиграции на широком культурно-историческом фоне [17].

3. Уровневый вариант портретирования является частным вариантом социолингвистического портрета и предполагает изучение одного из уровней языковой

системы индивида (фонетическое, лексическое, грамматическое портретирование). Авторы, публикующие подобные работы, определяют жанр описания как «фрагмент портрета», «некоторые черты речевого портрета» [7].

3. Для **коммуникативного** портрета предметом исследования являются индивидуальные характеристики речевого поведения [5].

4. О. Н. Паршина выделяет **риторический** тип портрета, результатом которого является описание речевого поведения субъекта в сочетании с оценкой его языковых компетенций [21].

4. В методике портретирования, разработанной К. Ф. Седовым, устанавливается связь между особенностями речи индивида (в первую очередь риторическими компетенциями) и глубинными причинами, определяющими своеобразие этих особенностей. Такой тип портрета можно назвать **генезисным**.

Самым распространенным является тип фрагментарного речевого портрета, предполагающий выборочную характеристику наиболее ярких особенностей речи исследуемой ЯЛ. Изучив труды по исследуемой теме, мы можем отметить различный набор параметров для составления речевого портрета. Он зависит от целей, которые ставит перед собой лингвист, характера материала исследования (письменная или звучащая речь), области исследования (политическая лингвистика, онтолингвистика) и др.

Наше дальнейшее исследование будет посвящено составлению речевого портрета матери на материале аудио- и видеозаписей общения матерей со своими детьми. Изучив работы, посвященные составлению речевых портретов, мы можем выделить следующие средства, релевантные для составления речевого портрета по теме нашего исследования:

1) основные параметры описания:

а) речевые манифестации языковых характеристик:

- фонетический уровень;
- лексический уровень;
- грамматический уровень;
- морфологический уровень;
- синтаксический уровень;

б) речевые манифестации коммуникативных характеристик:

- речевые тактики и стратегии;
- речевые практики;
- речевые маркеры коммуникативных ролей

2) вспомогательные элементы описания:

а) экстралингвистические характеристики: возраст, место проживания (страна, регион);

б) паралингвистические и невербальные характеристики.

Целью проводимого исследования мы ставим создание речевого портрета матери как в определённой степени «слепок» типовых, универсальных черт речевого поведения большинства представительниц лингвокультуры в данной социально релевантной роли. В качестве материала исследования привлекаются видеозаписи речевого общения матери и ребёнка в рамках русской и французской лингвокультур.

Проведённый анализ работ, выполненных в рамках методологии речевого портретирования, позволил составить классификацию исследовательских подходов по нескольким параметрам: по количеству объектов исследования, по соотносительности объекта исследования с действительностью, по уровню обобщения объекта, по социальной локализации объекта, по характеру материала и объёму параметров исследования. Работ, которые бы описывали речевые характеристики, свойственные всем представителям лингвокультуры в определённой социально релевантной роли, не обнаружено, что мы рассматриваем как фактор актуальности предпринятого нами проекта.

Литература

1. Алышева Ю. С. Речевой портрет современного политического лидера: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Волгоград, 2012.
2. Астахова О. И. Речевой портрет политика как динамический феномен: дис. ... канд. филол. наук. Екатеринбург, 2013. 245 с.
3. Блохинская А. В. Речевой портрет потомка русских и украинцев на амурской земле (на материале речи Марии Васильевны Остапенко, село Песчаноозерка Октябрьского района) // Слово: фольклорно-диалектологический альманах. Вып. № 10. 2013. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/rechevoy-portret-potomka-russkih-i-ukraintsev-na-amurskoy-zemle-na-materiale-rechi-marii-vasilievny-ostapenko-selo-peschanoozerk-a-#ixzz3Onw9n5E5> (дата обращения: 30.12.2014).
4. Бойко Б. Л. Принципы моделирования речевого портрета носителя социально-группового диалекта (к проблеме создания речевого портрета человека на войне) // Армия и общество. 2008. № 2. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-modelirovaniya-rechevogo-portreta-nositelya-sotsialno-grupпового-dialekta-k-probleme-sozdaniya-rechevogo-portreta-cheloveka> (дата обращения: 12.01.2015).
5. Гаврилова М. В. Некоторые черты речевого портрета первого президента России Б. Н. Ельцина // Политическая лингвистика. 2012. Вып. № 4(42) С. 17 – 22.
6. Гафорова А. С. Речевой портрет: социолингвистические характеристики: дис. ... канд. филол. наук. Тверь, 2006.
7. Голубева И. В. Фрагмент речевого портрета современной женщины (на материале качественно-количественного анализа конструкций, осложняющих структуру простого предложения) // Известия Волгоградского педагогического университета. 2012. Вып. 6. Т. 70. С. 54 – 57.
8. Иванцова Е. В. Проблемы формирования методологических основ лингвоперсонологии // Вестник Томского государственного университета. (Серия: Филология). 2008. № 3(4). С. 27 – 43.

9. Колмогорова А. В. Формирование прагматических функций слова в практике материнского общения // Когнитивные исследования языка. 2011. № 8. С. 356 – 359.
10. Косивцова А. В. Речевой портрет Адресанта (на материале частно-деловых писем Н. А. Демидова): автореф. дис. ... канд. филол. наук. Тюмень, 2011.
11. Крысин Л. П. Социолингвистические аспекты изучения современного русского языка. М.: Наука, 1989. 186 с.
12. Крысин Л. П. Современный русский интеллигент: попытка речевого портрета // Русский язык в научном освещении. М., 2001. № 1. С. 90 – 106. Режим доступа: <http://www.philology.ru/linguistics2/krysin-01.htm#1> (дата обращения: 12.01.2014).
13. Леорда С. В. Речевой портрет современного студента: дис. ... канд. филол. наук. Саратов, 2006. 161 с.
14. Мамаева С. В. Речевой портрет коллективной языковой личности школьников 5 – 7-х классов: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Самара, 2007.
15. Мухортов Д. С. Об общем и частном в понятиях «языковая личность», «речевой портрет», «идиостиль» и «идиолект» (на примере вербального поведения современных политических деятелей) // Политическая коммуникация: перспективы развития научного направления: материалы Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 26 – 28.08.2014) / гл. ред. А. П. Чудинов. Екатеринбург, 2014. С. 167 – 172.
16. Николаева Т. М. «Социолингвистический портрет» и методы его описания // Русский язык и современность: проблемы и перспективы развития русистики: докл. Всесоюзной науч. конф. М., 1991. Ч. 2. С. 73 – 75.
17. Оглезнева Е. А. Русский язык зарубежья: восточная ветвь // Изв. АН. (Серия: Литература и языки). 2004. Т. 63. № 2. С. 42 – 52.
18. Свистельникова С. А. Речевой портрет оппозиционной газеты: концептосфера, жанры, образные средства (на материале газеты «Слово коммуниста»): автореф. дис. ... канд. филол. наук. Белгород, 2010.
19. Тереньтева Е. В. Речевой портрет современного носителя донских медведицких говоров Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного университета. (Серия: Языкознание). 2012. № 2(16). С. 140 – 145.
20. Томберг О. В. Речевой портрет в сопоставительном описании: лингвокультурологический аспект // Вектор науки ТГУ. 2012. № 3(21). С. 196 – 200.
21. Современный русский язык: социальная и функциональная дифференциация. М.: Языки славянской культуры, 2003. С. 150 – 196.

Информация об авторе:

Варламова Ольга Николаевна – аспирант кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации института филологии и языковой коммуникации Сибирского федерального университета, Olga-varlamova@mail.ru

Olga N. Varlamova – post-graduate student at the Department of Linguistics and Intercultural Communication, Institute of Philology and Language Communication, Siberian Federal University.

(Научный руководитель: **Колмогорова Анастасия Владимировна** – доктор филологических наук, профессор кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации института филологии и языковой коммуникации Сибирского федерального университета, nastiaKol@mail.ru

Academic advisor: Anastasia V. Kolmogorova – Doctor of Philology, Professor at the Department of Linguistics and Intercultural Communication, Institute of Philology and Language Communication, Siberian Federal University).

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

УДК 81

КОНТЕКСТУАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ДИСКУРСЕ

Т. С. Галич

CONTEXTUAL INTERPLAY IN DISCOURSE

T. S. Galich

Статья посвящена рассмотрению механизма контекстуального взаимодействия в дискурсе. В ней описываются три типа контекста (внешний, внутренний и общий), а также их роль в дискурсивной репрезентации знаний. Результаты проведенного теоретического исследования обнаруживают, что репрезентация знаний в дискурсе является результатом взаимодействия трех типов контекста, что в свою очередь повлекло введение термина «активизируемое знание» как когнитивного основания репрезентации знаний в дискурсе. Делается вывод о зависимости факторов внешнего контекста, таких как коммуникативная ситуация, и факторов внутреннего контекста, таких как содержание когнитивной базы знаний коммуникантов.

The paper considers the mechanism of contextual interplay in discourse. It describes three types of context (external, internal and common) and the role they play in discourse knowledge representation. The conducted theoretical review analysis reveals that discourse knowledge representation resulted from the interaction of previously mentioned

types of context, which in turn entails the term “knowledge activation” as a cognitive basis of knowledge representation in discourse. Conclusions are drawn about the dependency of both external context factors (communicative situation) and internal context factors (communicator’s knowledge and cognitive abilities).

Ключевые слова: дискурс, когнитивно-дискурсивный подход, ментальность, структурированность, контекст, репрезентация знаний.

Keywords: discourse, cognitive-communicative approach, mentality, structural organization, context, knowledge representation.

Одной из исследовательских тенденций в современной когнитивно-дискурсивной лингвистической парадигме является анализ дискурса «на перекрестке когниции и коммуникации».

Дискурс рассматривается как особая область взаимодействия когнитивных и коммуникативных факторов – процесс и результат интерпретации и конструирования фрагментов действительности, деятельности с информацией, организации знаний, зависимый, в свою очередь, от понимания ситуации общения и намерений субъектов дискурсивной деятельности. Таким образом, за порождением и интерпретацией дискурса стоит сложная иерархическая система когнитивных и коммуникативных факторов.

В трудах отечественных и зарубежных лингвистов (В. З. Демьянков; А. А. Кибрик, В. В. Красных; Е. С. Кубрякова; М. Л. Макаров; М. Ю. Олешков; R. Carston; T. A. VanDijk; A. Herezeg-Deli; A. Reboul, J. Moeshler и др.) дискурс рассмотрен как двухстороннее явление: с одной стороны обращенное «вовне», к внешнему контексту (ситуация, тип деятельности, культурные и антропологические факторы), а с другой – «внутри», к внутреннему контексту (ментальная сфера общающихся индивидов). На основе анализа работ были выделены следующие когнитивно-коммуникативные характеристики дискурса:

- связь дискурса со знаниями и когнитивными способностями коммуникантов (*ментальность*);
- обращенность дискурса к внутреннему, внешнему, общему (текущему) типам контекста (*контекстуальность*);
- структурная организованность репрезентации знаний в дискурсе (*структурированность*).

Прежде чем перейти к рассмотрению вопроса о контекстуальном взаимодействии в дискурсе, представляется необходимым пояснить характеристики ментальности и структурированности и контекстуальности дискурса как базовые для проводимого исследования.

Под *ментальностью* дискурса понимают его обращенность к ментальной (внутренней) сфере общающихся, наличие у коммуникантов когнитивного механизма, позволяющего осуществлять порождение и интерпретацию в рамках дискурсивного взаимодействия [4; 7]. Дискурс предполагает тесную взаимосвязь нескольких составляющих ментальности. Это когнитивные способности (память, внимание, сознание и др.), когнитивные процессы и механизмы, концептуальные структуры представления знаний (концепты, фреймы, сценарии и др.).

В основе дискурса лежит всеобъемлющее понятие когниции как манипуляции со знаниями, работы с информацией, связанной со всеми процессами, посредством которых, как полагает У. Найсер, «сенсор-

ные данные на входе трансформируются, свертываются и развертываются, уточняются и развиваются, хранятся и используются» [18, с. 4]. Данная манипуляция со знанием основана на двух взаимосвязанных когнитивных процессах: языковой концептуализации и категоризации.

Таким образом, дискурс представляет собой деятельность с информацией, «познаваемой в ходе обычного опыта» [7, с. 3], осмысливаемой, оцениваемой, используемой его участниками, а также репрезентируемой как результат сложного, иерархически организованного процесса когниции [9].

Такая характеристика, как *структурированность*, обусловлена представлением о дискурсе как об особом формате организации знаний. Поскольку дискурс представляет собой явление, обращенное к внутреннему и внешнему мирам коммуникантов, в его структуре отражены два уровня репрезентации знаний: внешний и внутренний.

Внутренний уровень дискурса соотнесен со всем объемом знаний коммуникантов. В свою очередь, внешний уровень дискурса соотнесен с той частью знаний, которая задействована и репрезентирована в конкретной ситуации общения. У ряда исследователей данные уровни репрезентации знаний в дискурсе получают различные формулировки, например, внутренняя ментальная структура коммуникантов и прагматическая макроструктура дискурса [13], режим off-line и on-line репрезентации знаний [4], поверхностный и глубокий уровни репрезентации информации [17].

Перейдем к рассмотрению характеристики *контекстуальности* дискурса. Контекстуальность дискурса заключается в его обращенности к внутреннему, внешнему, общему (текущему) контекстам.

Базовой составляющей дискурса является взаимодействие этих типов контекста. Представляется, что именно оно оказывает влияние на порождение и восприятие дискурса. Собственно внутренний контекст включает в себя весь объем знаний коммуникантов. Внешний контекст представляет собой экстралингвистические факторы порождения и восприятия дискурса. Общий контекст является собственно речевым взаимодействием участников. Он ориентирован на конкретные условия данного взаимодействия.

Ситуация общения рассматривается как часть данных типов контекста:

1. Ситуация общения как внешние обстоятельства, в которых происходит взаимодействие (часть внешнего контекста).
2. Ситуация общения как непосредственное речевое взаимодействие участников (общий контекст).
3. Ситуация общения как когнитивный конструкт, благодаря которому участники общения понимают, о

чем идет речь (часть внутреннего контекста) (ср. «субъекты понимают языковые выражения только в том случае, если они интерпретируют контексты, в которых данные выражения появляются» [20, р. 73]).

Рассмотрим подробнее специфику внутреннего, внешнего и общего контекстов.

Внутренний контекст (intrinsic context) представляет собой обращенность дискурса к когнитивным базам знаний участников общения. Именно данный тип контекста контролирует как процесс порождения дискурса, так и процесс его понимания [10; 19; 21]. Структура внутреннего контекста разнообразна. Это обусловлено тем, что он аккумулирует весь опыт контакта коммуниканта с окружающим миром.

В структуру внутреннего контекста включены как знания участников общения, так и ряд факторов, от которых зависит взаимодействие участников и реализация стратегий в дискурсе. Это, прежде всего:

- знания, убеждения;
- нужды, желания, предпочтения;
- отношения к окружающему миру;
- чувства, эмоции [13].

М. Л. Макаров также рассматривает внутреннюю структуру коммуникантов как «знания, верования, представления, намерения в их отношении к коммуникантам, дискурсу, реальному и возможным мирам, к культурной ситуации, статусно-ролевым отношениям участников, способу коммуникации, стилю дискурса, предмету и регистру общения, уровню формальности интеракции, физическим и психологическим состояниям» [10, с. 96].

В свою очередь, природа прагматических условий напрямую зависит от ментальной структуры коммуникантов и включает следующие составляющие:

- говорящий знает, что (speaker knows that);
- говорящий верит, что (speaker believes that);
- говорящий имеет намерение (speaker wants);
- говорящий полагает, что хорошо сделать таким образом (speaker finds it good that) [13].

Отечественные лингвисты включают в структуру знаний коммуникантов знания о ситуации общения, полагая, что определенное коммуникативное поведение участников возможно лишь на основе сформированных знаний о ситуации общения и узнавания данной ситуации («...невзирая на то, что ситуация как экстралингвистическая данность поддается изменениям в определенной системе координат, ее вычисление, узнавание возможно лишь в сознании человека» [8]).

Таким образом, ситуация общения представляется как ментальный конструкт, сформированный в сознании человека. Рассмотрение данного конструкта осуществляется в разных терминологических формулировках: 1) фрейм «ситуация общения» [8], 2) суперконцепт «коммуникативная ситуация», или «когнитивная модель дискурсивного события» [1], ситуация общения как n-мерная матрица контекстов [2].

А. Э. Левицкий и И. И. Савчук определяют ситуацию общения как когнитивный и прагматический конструкт, сформированный в виде фреймовой структуры знания «ситуация общения» со статистическим, динамическим, референтным и коммуникативным аспектами. Под статистическим аспектом понимается

схематическая модель ситуации общения как «результат категоризации событий окружающего мира», под динамическим аспектом – сценарный фрейм, который «содержит информацию о вариантах события и развития ситуации» [8, с. 172].

Знания, хранящиеся в виде сценарного фрейма, позволяют распознавать ситуацию общения, участников общения, языковой контекст. Референтный аспект представляет собой «вербализованный отрезок окружающей среды, т. е. совокупность элементов, присутствующих в сознании в момент речи и обуславливающих отбор языковых элементов при формировании высказывания», в то время как коммуникативный аспект ситуации подразумевает идеальные условия («весь фон лингвистических и экстралингвистических знаний») и материальные условия («физические обстоятельства осуществления общения») [8, с. 173].

Под суперконцептом «коммуникативная ситуация» понимается «набор правил употребления языковых единиц как знаний о коммуникативной (вербальной) деятельности», которая «вбирает в себя все концептуальные структуры всех уровней и реализуется в дискурсивном взаимодействии» [1, с. 185]. Следовательно, естественность дискурса зависит, в первую очередь, от соответствия коммуникативных действий участников общения «норме ожидания» дискурсивного сообщества [1].

Иную концепцию рассмотрения ситуации общения предлагает В. С. Григорьева. Данная концепция основана на взаимодействии матричных систем говорящего и слушающего. Согласно автору, каждому участнику присуща n-мерная матрица как «система взаимосвязанных, когнитивных и коммуникативных, социологических, психологических контекстов» [2, с. 84]. Сознание человека, хранящее знания о контекстах взаимодействия, является центром данной матрицы. Соответственно, распознавание или нераспознавание человеком ситуации общения зависит от сформированных у человека знаний [2].

В. С. Григорьева выделяет три координаты расположения n-мерной матрицы [2, с. 85]: 1) когнитивную, 2) коммуникативную, 3) коммуникативно-дискурсивную. Под когнитивной координатой понимается «совокупность всех знаний о мире, установленная в социуме система понятий и категорий в виде мыслительного компонента» [2, с. 85].

Данная координата ситуации общения представлена двумя матрицами: матрицей тематической координаты, которая включает в себя семантические концепты, отвечающие за тематическое оформление дискурса, и динамической координаты, представляющей собой «вид фрейма в динамике» или «концепт-сценарий» развития ситуации в дискурсе [2, с. 86].

В основе данной координаты лежит когнитивный образ ситуации взаимодействия, знание о котором позволяют коммуникантам строить дискурсивные стратегии в ходе коммуникативного взаимодействия» [2, с. 86].

Внешний контекст дискурса представляет собой обращенность дискурса к таким экстралингвистическим факторам, как ситуация, тип деятельности, культурные и антропологические факторы [4]. Под данным типом контекста целесообразно понимать широ-

кий ряд внешних обстоятельств, в которых происходит взаимодействие. Т. А. ван Дейк данный тип контекста называет социальным контекстом [13]. К внешнему контексту также относят непосредственные обстоятельства взаимодействия, такие как физические и социальные факторы, место, время, институциональные роли участников общения [14].

Под общим контекстом дискурса понимается конструирование общего «мира» между коммуникантами, порождение дискурса в ситуации взаимодействия [3]. Особенностью данного контекста является частичная репрезентированность внутреннего и внешнего контекстов в ситуации общения [13; 15]. Еще одной чертой данного типа контекста является динамичность («...контекст является динамическим, т. е. это среда, которая находится в развитии и обусловлена непрерывным взаимодействием людей» [16, р. 10]). Общий контекст изменяется и дополняется с изменением самой ситуации общения, т. к. участники общения непрерывно проводят анализ собственных действий и изменяющихся условий интеракции [13].

Таким образом, основу порождения дискурса составляет взаимодействие разных аспектов контекстуальности: внутреннего, внешнего, общего типов контекста. Принятие во внимание особенностей их функционирования повлекло за собой введение термина активизируемого знания, под которым понимается результат взаимодействия данных типов контекста, необходимая для процесса речевого взаимодействия часть знаний, активизируемая участниками из всего объема имеющихся знаний в собственной когнитивной базе в зависимости от понимания факторов внеш-

него (ситуации общения, типа дискурса, места и времени взаимодействия) и общего (полученных «новых» знаний от текущего речевого взаимодействия) типов контекста, а также осознания потребности в использовании этой части знаний.

В основе репрезентации активизируемого знания в дискурсе лежит когнитивный процесс активизации, представляющий собой «возбуждение определенных участков мозга в актах мыслительной и речевой деятельности под влиянием тех или иных поступающих сигналов или стимулов, приведение в готовность для дальнейшего использования ментальных репрезентаций концептуальной системы, выведение в осознаваемую часть текущего сознания, образов, определенных структур знания и/или репрезентаций» [6, с. 11].

Взаимосвязь трех типов контекста при репрезентации активизируемого в дискурсе знания представляется возможным представить схематически. При составлении схемы во внимание принимался ряд следующих положений:

1. Наличие off-line и on-line режимов репрезентации знаний [4].
2. Взаимодействие разных аспектов контекстуальности в дискурсе [15; 16; 21].
3. Наличие в когнитивной базе участников знаний о ситуации общения, дискурсе, структурированных в виде концепта/фрейма/модели дискурсивного события [1; 2].
4. Данная часть знания становится видимой в дискурсе и соответствует внешнему поверхностному уровню (higher level of representation) репрезентации информации в дискурсе [17].

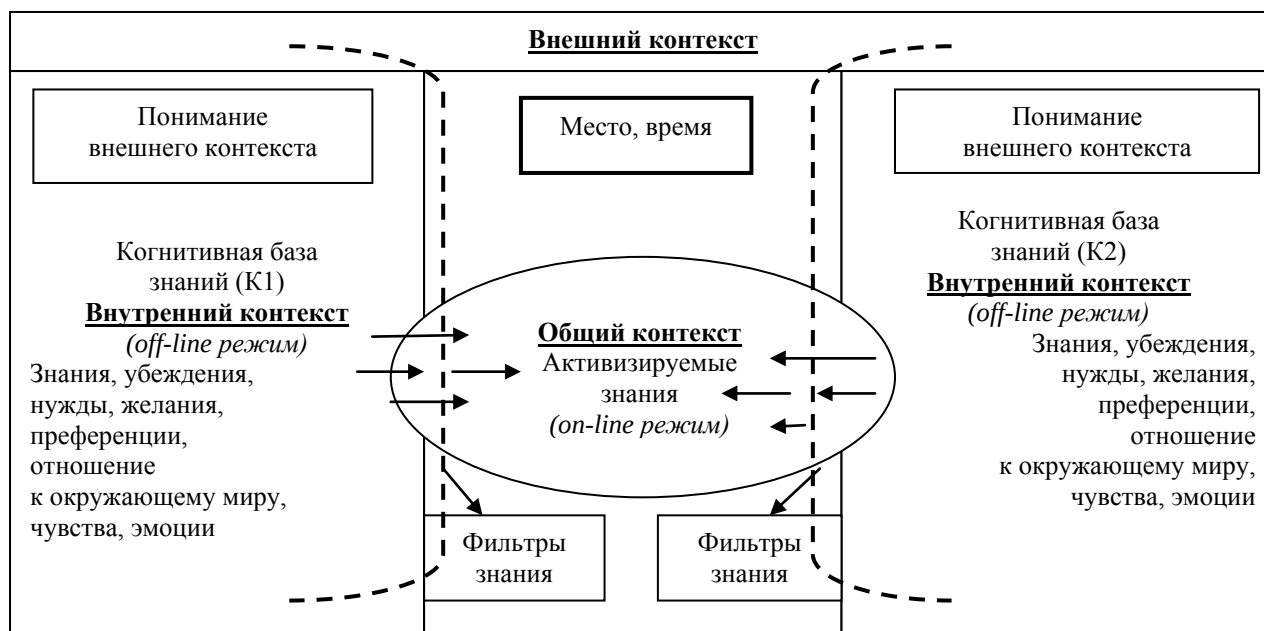


Схема. Взаимодействие трех типов контекста при репрезентации активированного знания

Данная схема позволяет высказать следующие положения.

1. Активизируемые знания из когнитивных баз коммуникантов (K1 и K2) в дискурсе представлены в on-line режиме (режиме вербализации знаний) общего контекста, имеющего пространственно-временную

локализацию на определенном отрезке действительности, т. е. в ситуации общения.

2. Репрезентация активизируемого знания зависит от понимания коммуникантами факторов внешнего контекста и от содержания когнитивной базы знаний коммуникантов – внутреннего контекста, составляющего основу их взаимодействия.

3. Фильтрами при репрезентации активизируемого знания в ситуации общения являются как уже имеющиеся знания коммуникантов (см. структуру внутреннего контекста в схеме), так и знания, полученные при взаимодействии в ситуации общения.

Таким образом, представляется возможным заключить, что взаимодействие разных типов контекста в дискурсе лежит в основе дискурсивного взаимодействия коммуникантов и оказывает влияние на репрезентацию знаний в дискурсе.

Литература

1. Боронин А. А. Суперконцепт «коммуникативная ситуация» и его вербальное воплощение // Проблемы представления репрезентации в языке: типы и форматы знаний. М.: Институт языкознания РАН; Тамбов: Издательство ТГУ им. Г. Р. Державина, 2007. С. 180 – 188.
2. Григорьева В. С. Речевое общение в аспекте взаимодействия когнитивных и речевых структур // Когнитивные исследования языка. Вып. XII. Теоретические аспекты языковой репрезентации. 2012. С. 86 – 90.
3. Демьянков В. З. Текст и дискурс как термины и как слова обыденного языка // Вопросы филологии. 2007. С. 86 – 95.
4. Кибрик А. А. Анализ дискурса в когнитивной перспективе: дис. ... д-ра филол. наук. М., 2003. 90 с.
5. Красных В. В. Структура коммуникации в свете лингво-когнитивного подхода: коммуникативный акт, дискурс, текст: дис. ... д-ра филол. наук. М., 1999. 181 с.
6. Кубрякова Е. С., Демьянков В. З., Панкрац Ю. Г., Лузина Л. Г. // Краткий словарь когнитивных терминов М.: Изд-во МГУ, 1996. 408 с.
7. Кубрякова Е. С. О когнитивной лингвистике и семантике термина «когнитивный» // Вестник Воронежского государственного университета. 2001. С. 4 – 10.
8. Левицкий А. Э., Савчук И. И. Ситуация как когнитивно-коммуникативная форма представления знаний в языке и речи // Проблемы представления репрезентации в языке: типы и форматы знаний: сб. науч. тр. М: Институт языкознания РАН; Тамбов: Издательство ТГУ им. Г. Р. Державина. 2007. С. 171 – 177.
9. Магировская О. В. Когнитивные характеристики дискурса // Когнитивные исследования языка. Вып. XVIII. Язык, познание, культура: методология когнитивных исследований. 2014. С. 639 – 641.
10. Макаров М. Л. Основы теории дискурса. М.: Гнозис, 2003. 277 с.
11. Олешков М. Ю. Ментальность дискурса: информационный аспект // Ментальность и изменяющийся мир. Севастополь: Рибэст. 2009. (Серия: Славянский мир). Вып. 1. С. 371 – 384.
12. Carston R. Thoughts and utterances: the pragmatics of explicit communication. Blackwell Publishing, 2002. 122 p.
13. Dijk T. A. Discourse, context and cognition // Discourse studies. Sage publications. 2006. P. 159 – 177.
14. Herczeg-Deli A. Interactive knowledge in dialogue // Language in different contexts. Research papers. 2009. Vol. 3(1). P. 103 – 111.
15. Levinson S. Pragmatics. Cambridge textbooks in linguistics. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. 420 p.
16. Mey J. Pragmatics: an introduction. Blackwell, 1993. 357 p.
17. Moeschler J., Reboul A. Encyclopedic dictionary of pragmatic. Paris: Seuil, 1994. 523 p.
18. Neisser U. Cognitive psychology. New York: Appleton-Century-Crofts, 1967. 351 p.
19. Ochs E., Schieffelin B. Developmental pragmatics. New York: Academic Press, 1979. 437 p.
20. Parret H. Contexts of understanding. Amsterdam: John Benjamins Publishing company. 1980. 109 p.
21. Sperber D, Wilson D. Relevance: communication and cognition. Blackwell, Oxford and Harvard UP, Cambridge MA. 1986. 326 p.

Информация об авторе:

Галич Татьяна Сергеевна – аспирант кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Института филологии и языковой коммуникации Сибирского федерального университета, tanyagalich91@mail.ru.

Tatiana S. Galich – post-graduate student at the Department of Linguistics and Cross-Cultural Communication, Institute of Philology and Language Communication, Siberian Federal University, tanyagalich91@mail.ru.

(Научный руководитель: Магировская Оксана Валериевна – доктор филологических наук, профессор кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Института филологии и языковой коммуникации Сибирского федерального университета.

Oksana V. Magirovskaya – Doctor of Philology, Professor at the Department of Linguistics and Cross-Cultural Communication, Institute of Philology and Language Communication, Siberian Federal University).

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

К МЕХАНИЗМАМ ЖИЗНЕСТРОИТЕЛЬСТВА ГЕОРГИЯ ГРЕБЕНЩИКОВА: ЧУРАЕВКА КАК РЕПЛИКА СКИТА СЕРГИЯ РАДОНЕЖСКОГО

А. Ю. Горбенко

TO THE MECHANISMS OF G. GREBENSTCHIKOFF'S LIFE-BUILDING: CHURAEVKA AS A REPLICA OF THE HERMITAGE OF SERGIUS OF RADONEZH

A. Yu. Gorbenko

Актуальность исследования обусловлена как структурообразующей ролью рецепции житнетекста Сергия Радонежского в творчестве и жизнестроительстве Георгия Гребенщикова американского периода, так и недостаточной степенью ее исследованности. В работе обсуждается центральная манифестация жизнестроительного проекта Гребенщикова – основанная им в американском штате Коннектикут деревня Чураевка. Чураевка, репрезентируемая Гребенщиковым как «культурный скит», является своеобразным палимпсестом и отсылает к ряду культурных претекстов, в числе которых наибольшей семиотической и идеологической значимостью обладал скит Сергия Радонежского. В статье рассматривается механизм семиотизации Чураевки, процесс надления ее такими значениями, которые позволили ей функционировать в качестве особого рода текста. Автор приходит к выводу, что многочисленные автопроекции на фигуру Сергия Радонежского служили задаче легитимации Гребенщикова в статусе «духовного лидера» русской эмиграции и строителя «возрожденной русской культуры», а также решения символической задачи позиционирования Чураевки как «деревни-сада» и «скита русской культуры».

The topicality of the research is conditioned both by the tempting role of Sergius of Radonezh's biography reception in the creativity and life-building of G. Grebenstchikoff of the American period, and the insufficient degree of its study. The paper discussed the central manifestation of Grebenstchikoff's life-building project – the village of Churaevka in Connecticut, the USA, that he founded. Churaevka was presented by Grebenstchikoff as «a cultural hermitage», it is a peculiar palimpsest and it alludes to a number of cultural pretexts among which the hermitage of Sergius of Radonezh has the greatest semiotics and ideological importance. The paper deals with the mechanism of a semiotization of Churaevka, the process of its investment with the values which allowed its functioning as special type of text. The author comes to a conclusion that numerous autoprojections to Sergius of Radonezh's figure served as the solution of the problems of Grebenstchikoff's legitimation in the status of «the spiritual leader» of the Russian emigration and the builder of «the revived Russian culture», and also positioning Churaevka as a sacral center of emigration – «village-garden» and «the hermitage of Russian culture».

Ключевые слова: Г. Д. Гребенщиков, Сергей Радонежский, жизнестроительство, житнетекст, Чураевка, рецепция, реплика.

Keywords: G. D. Grebenstchikoff, Sergius of Radonezh, life-building, life scenario, Churaevka, receptoin, replica.

Вызывающие неизменный интерес на протяжении последних десятилетий исследования феномена «жизнестроительства» (в качестве синонимичного часто используется термин «житнетворчество») генетически восходят по преимуществу к работам Ю. М. Лотмана, посвященным изучению «поэтики бытового поведения» (см. прежде всего: [10 – 12]). Однако обращает на себя внимание своеобразная «лакуна» в изучении «той области, которая <...> теснее всего связана с трансплантацией литературных сюжетов в жизнь, – жизн[и] святых и их житии[я]» [9, с. 127]. Нас будет интересовать несколько иной, но связанный с отмеченной проблематикой случай – рецепция житнетекста Сергия Радонежского Г. Д. Гребенщиковым, сибирским писателем, в 1920 г. эмигрировавшим из советской России.

Отмеченная исследователями насущная потребность представителей литературы эмиграции в автоописаниях (см., например: [2]) любопытным образом сопрягается с жизнестроительством: автопроекции на тех или иных авторитетных предшественников (писателей, музыкантов, художников или святых), выступающих в качестве моделей для самоопределения эмигранта, в этом случае напряженно балансируют на грани жизнестроительства, понимаемого как органи-

зация собственного житнетекста по образцу (или, как в нашем случае, по нескольким образцам), отыскиваемым в «текстах искусства» или «текстах жизни» (в терминах З. Г. Минц [13], употребляемых ей применительно к эстетике и поэтике символизма, но вполне релевантных в интересующем нас случае в силу модернистской природы жизнестроительства Гребенщикова), граница между которыми к началу XX в. предельно стирается. Случай Гребенщикова позволяет наглядно продемонстрировать эту характерную взаимосвязь.

В разные периоды Гребенщиков ориентировался на различные поведенческие модели, как хронологически близкие (Г. Н. Потанин, Л. Н. Толстой и т. д.), так и дистанцированные во времени. Говоря о последних, необходимо отметить, что в сознании Г. Гребенщикова центральное место занимала рефлексия жизне- и культустроительного опыта Сергия Радонежского – святого, которому отведено «центральное место в тысячелетней истории христианской святости на Руси» [22, с. 346]. Наиболее интенсивно писатель обращался к фигуре святого в американский период своей жизни – начиная с 1924 г. Сергию Радонежскому целиком посвящена книга «Радонега»

(1938; согласно интерпретации самого автора, слово «Радонега» «происходит от древних русских понятий, столь созвучных и даже дополняющих друг друга»: «Радуница», «Радуга», «Радость», которые «логически и символически» связываются друг с другом посредством слова «Радонеж» [7, с. 181–182]) и отдельные письма публицистической книги «Гонец. Письма с Помпея» (опубликована в 1928 г.), публичные лекции, публицистические статьи и письма. Кроме того, проекции на фигуру Преподобного Сергия интенсифицированы в структуре образа главного героя романа «Чураевы» Василия [3].

Но центральный пример рецепции житнетекста Сергия Радонежского лежал не в области художественного или публицистического творчества, а в сфере жизнестроительства. Оказавшись в 1924 г. в США, уже в следующем году Гребенщиков приобрел землю у сына Л. Н. Толстого – Ильи Львовича; купив в том же году еще свыше 100 акров земли, писатель «решил основать на этой земле поселок русских писателей, артистов и ученых» [28, с. 239]. Однако утопический замысел Чураевки выходил далеко за сугубо практические рамки поселения для эмигрантов (формулировка начала 1930-х гг.: «первая роль Чураевки – это роль трудового и культурного центра» [5, л. 1]). В качестве «культурного скита» и «деревни-сада», который, по словам самого писателя, был построен им «на треть своими руками» и репрезентировался как «только попутный этап на пути построения Храма» деревня недвусмысленно отсылала к топосу рая.

Чураевка стала важнейшей манифестацией религиозно-трудовой утопии Гребенщикова, предельно универсальные и масштабные цели которой декларировались Гребенщиковым в непосредственной связи с этим поселением (впоследствии предполагалось создание «Молодых Чураевки» «во всех странах мира, где только есть русская молодежь» [5, л. 2]). Религиозно-мистический оттенок сообщался замыслу тем, что Чураевка должна была воплощать в жизнь рериховскую идею «Практической Школы жизни», причем «самая система трудового улья должна быть так продумана, чтобы это направляло всех ко благу» [5, л. 1]. В геополитическом же смысле Чураевка должна была стать основой «взаимной корпорации» Сибири и США (с установлением «непосредственной связи» «через Берингов пролив») [6, с. 88, 89] или даже объединения России и Америки с центром на Аляске. Обеспечить непротиворечивый синтез делового и религиозного аспектов проекта была призвана фигура Сергия Радонежского, осмыслявшегося Гребенщиковым в качестве «одного из величайших строителей нашей Родины» [7, с. 182].

Поэтому ключевым жизнестроительным жестом в рамках реализации описанной программы стала постройка часовни Святого Сергия Радонежского. Знаменательно, что в то же время чураевская часовня строилась как «замена» московского храма Христа Спасителя, разрушенного в 1931 г. Замысел часовни возник именно после этого события и после уничтожения колоколов Троице-Сергиевой Лавры. Сам Гребенщиков в «Радонеге» четко указывает день, когда часовня была заложена (3 мая 1930 г.) и обозначает сроки окончания работы – конец лета этого же года

[7, с. 257] (любопытно, что «[в] дальнейшем, по примеру Чураевки, часовня Сергия Радонежского была открыта в 1934 г. при Музее Рериха в Нью-Йорке» [23, с. 58]). Небольшая часовня, построенная в американском лесу, должна была символически «заместить» важнейший русский православный храм, актуализируя логику *translatio imperii*, лежащую в основе доктрины «Москва – Третий Рим» (чрезвычайно актуальной для Гребенщикова). В самой идее *translatio imperii* уже заложена идея «трансляции» святости: место, куда «переносится» сакральный центр христианского мира, освящается самим фактом этого «переноса». Необходимо также учесть, что «[с]вятой человек в некотором смысле сам являет собой святое место, т. е. представляет собой средоточие святости» [25, с. 296]. Такая исключительно сложная и многоступенчатая семиотическая процедура позволила Гребенщикову решить сразу несколько задач. Эксплицируя одновременно две проекции (на храм Христа Спасителя и на скит Сергия), он усиливал идею «перемещения» храма Христа Спасителя «переносом» центрального православного святого в американский локус (который, впрочем, и самим Гребенщиковым, и его соратниками репрезентировался исключительно в качестве «русского»). Это как бы удваивало сакральность Чураевки, что, в свою очередь, работало на решение ее главной символической задачи – стать «деревней-садом» и «скитом русской культуры». В утопически-трудовом плане такой «перенос» русских святынь в Америку (ср. разрабатывавшийся Гребенщиковым тоpos «Американской Руси») укладывался в рамки гребенщиковской концепции особой связи и будущего «слияния» России и Америки – строя в Америке часовню, «замещающую» разрушенный в СССР храм, он осуществлял жизнестроительный жест, в миниатюре демонстрирующий возможность такой связи.

Несмотря на то, что Гребенщиков активно апеллировал к имени православного святого в многочисленных автоописаниях и избрал его биографию (вопрос о том, какие именно сведения о жизни Сергия стали объектом рецепции гребенщиковского житнетекста – и в частности в какой мере сочетались те или иные редакции «Жития» Сергия, известные писателю, с агиобиографией Б. Зайцева и другими источниками (в том числе и мифологизированным образом святого, создававшимся, в частности, в близкой Гребенщикову рериховской среде), в силу своей сложности и многоплановости не может быть решен в нашей работе) его в качестве модели для собственного житнетекста, в своих религиозных взглядах он (вопреки утверждениям ряда исследователей (см., например: [20; 21])) очевидно выходил за пределы христианской ортодоксии. Неизбежным следствием подобной рецепции становились более или менее серьезные семантические искажения и реинтерпретации претекста. Так, например, об эклектичной природе часовни говорит тот факт, что она была выполнена по проекту Н. Рериха [7, с. 258], чьи религиозные взгляды и художественная практика находятся в резко конфликтных отношениях с ортодоксальным христианством. Помимо этого, по рериховским рисункам была выполнена отделка дверей [23, с. 58], и, что наиболее

характерно, он же расписывал иконостас [18; 27, с. 190]. А еще за три года до постройки часовни в сентябре 1927 г. Гребенщиков писал своему постоянному корреспонденту и последователю Алексею Ачаиру, основателю в Харбине литературное объединение «Молодая Чураевка»: «изучите жизнь Св. Сергия Радонежского, хотя бы по Ключевскому и по Борису Зайцеву, и Вам тогда станет ясно, что подвиг строителя Русской Общины Сергия есть тот же путь, которым шёл космически-неподражаемый Общинник Будда. И лишь тогда станет во весь рост великий приход и подвиг Христа, истинное учение которого до наших дней не было применено в действительной жизни. И многим из нас предстоит нести прекрасный подвиг насаждения царствия Божия на земле» [15]. Не останавливаясь на других примерах, отметим лишь, что постановка в один ряд «махатм» Сергия Радонежского и Будды, традиционная для оккультно-теософских доктрин, вполне красноречиво свидетельствует о синтетическом характере религиозного дискурса Гребенщикова.

Неудивительно поэтому, что отмеченное выше внимание Гребенщикова к фигуре Сергия Радонежского напрямую связано с влиянием идей семьи Рерихов (констатируемое большинством исследователей Гребенщикова [20; 21; 26]), с которыми писатель сблизился в 1923 г. в Париже. Об «особом почитании Гребенщиковым Преподобного Св. Сергия Радонежского» пишет и Т. Г. Черняева [8, т. 4, с. 471], но в нашем случае показательнее то, что Сергей Радонежский «был особо почитаем Н. К. и Е. И. Рерихами и Г. Д. Гребенщиковым» [14, с. 988; ср.: 26, с. 106]. Сам Гребенщиков в письме Н. К. и Е. И. Рерихам от 20 июня 1925 г. декларировал трудовой подвиг Сергия в качестве недостижимого образца: «всегда ношу в себе образ Сергия, трудившегося так, как нам и мечтать не приходится» [8, т. 4, с. 470]. Такое «почитание» древнерусского святого оккультными мыслителями (и вслед за ними Гребенщиковым) вполне укладывалась в культурный контекст, поскольку «общей тенденцией второй половины 1920-х гг. – начала 1930-х гг. становится осовременивание религиозной проблематики, связанное с прагматической направленностью теософских поисков эмиграции» [16, с. 95].

Конструирование биографических и исторических связей с сакрализованным прошлым («Православная Русь», «Дом Пресвятой Богородицы» как основа для «возрождения» «Великой Будущей России» [7, с. 185, 183]) было важно не только в контексте определения статуса Чураевки, но и в контексте поиска собственной идентичности. В начале американского этапа перед писателем остро стоял вопрос самоидентификации, поэтому «[п]остройка <...> скита Чураевка может быть интерпретирована <...> как попытка ощутить себя внутри исконного историко-культурного пространства» [1, с. 17] (об этом же свидетельствуют «русские» названия чураевских дорог и улиц – Russian Village Rd., Tolstoy Lane и Kiev Drive [28, с. 240]). Тем любопытнее, что впоследствии Гребенщиков, как кажется, все еще решая проблему самоопределения, наряду с регулярными декларациями своей «сибирской» идентичности, максимально радикализо-

вал идею наследования скиту Сергия. В поздней статье-манифесте «Что такое Чураевка» (1952) он пишет: «Идея Чураевки – это тяжкий молитвенный вздох отшельников и строителей потаенных древних русских скитов, когда иго монгольское удушало русскую душу»; «чтобы понять, что такое Чураевка, – прочтите одну из наших книг: Радонега, это о том, почему и, как и какое имел влияние в тяжчайшие времена Игумен Святой Руси, Пр. Сергей, и почему построилась наша часовня. А потом прочтите и другие наши книги. Прочтите все, что можете, для того, чтобы приобщиться духом и сердцем к нашим задачам, а потом, может, и к самим действиям» [8, т. 6, с. 396, 398]. С помощью этого риторического хода основатель «деревни-сада» устанавливает не диахроническую связь преемственности, а синхроническую связь идентичности – Чураевка не наследует традиции «потаенных русских скитов», она и есть такой «древний скит». Имя Сергия Радонежского в цитированном пассаже прямо не называется, однако оно легко читается в парафразе «строители древних скитов» времен татаро-монгольского ига. Таким образом, Чураевка репрезентируется уже не как реплика скита древнерусского святого, но как сам этот скит.

Настойчивые проекции на фигуру Сергием Радонежского служили, помимо прочего, задаче легитимации Гребенщикова в статусе «духовного лидера» русской эмиграции. Гребенщиков «подсвечивает» собственный жизнетекст житийной биографией святого, отводя себе роль строителя анклава «новой» культуры (в то же время целиком основанной на традициях, заложенных Сергием) во временном контексте, который описывается им как рифма к эпохе татаро-монгольского ига. Как показал Е. Пономарев, в эмигрантской литературе второй половины 1920-х – первой половины 1930-х жития святых подвергаются беллетризации, а «волна биографий русских деятелей искусств» приобретает агиографические черты, в результате чего «„житийное“ и „литературное“ смешиваются». Популярным жанром становится «новое житие» [16, с. 95–96]. Такое жанровое новообразование было обусловлено идеологическими причинами: эмигрантская культура должна была «[н]еустанно напоминать о <...> духовной мощи» «канувшей в лету Великой России» – в этом состояла новая «миссия русской эмиграции» [16, с. 92]. В рамках этой традиции «нового жития» была написана и «Радонега» Гребенщикова, выполнявшая идентичные функции (за тринадцать лет до «Радонеги» появилась агиобиография Б. Зайцева «Преподобный Сергей Радонежский» (1925). Характерно при этом, что Е. И. Рерих в книге «Знамя Преподобного Сергия Радонежского» (опубликована в 1934 г.), непосредственно после тезиса о том, что «сибирский писатель Георгий Гребенщиков в лекциях своих, посвященных Преподобному Сергию, знаменательно связывает это великое имя с Сибирью, со славным строительством и неутомимостью», приводит обильные выписки из книги Зайцева [17, с. 104 – 108]), среди которых главная, как нам представляется, состояла в максимально рельефном сопоставлении двух временных пластов (эпохи Сергия и рубежа 1920 – 1930-х гг.) и (менее эксплицированной, но не менее отчетливой) двух фигур – Сергия Радонежского и

Г. Гребенщикова. Это также вполне укладывалось в контуры описанной Е. Пономаревым жанрово-стилевой традиции, поскольку важной чертой агио-биографии стал «анализ древнего жития, выделяющий сущность происходящего, транспонирующий древний текст на современное сознание» [16, с. 94] (задачу «Радонеги» Гребенщикова определял так: «опираясь на примеры прошлого, как бы вынести некий урок для будущего» [7, с. 192]).

Постепенно усиливая проекции Чураевки на скит Сергия Радонежского (вообще говоря, Чураевка носила палимпсестный характер, который сообщался ей ориентацией на собственный роман «Чураевы» (в качестве «примечания[я], живой иллюстраци[и] к неизданным еще томам»), а также на Ясную Поляну Л. Толстого, сопоставлениями ее с Беловодьем, учетом старообрядческого жизнестроительного опыта и т. д.), Гребенщикова рассчитывал и на последующую рецепцию, т. е. на «цитирование» собственного (цитатного на грани центонности) текста (подробнее см.: [4]). Это создает еще один обертоны в интересующем нас комплексе проблем. В. Н. Топоров, описывая взаимодействие Сергия и монастырской братии, указывал: «Братия смотрела на жизнь Сергия и посылно подражала ему и через это приближалась и к Богу» [22, с. 429]. Сходная рецептивная установка работала и в случае Гребенщикова. Разница состояла в том, что здесь в классическую миметическую цепочку (о том, что здесь работает именно миметический механизм, говорит тот факт, что, по точной формулировке В. И. Тюпы, «мимесис не рассказывает, а показывает, имитирует» [24]), которую условно можно обозначить как «ученик – святой – Бог», где святой должен «напоминать» ученику о Боге (ср. классическую идею «подражания Христу» как идеалу для всякого христианина, сформулированную, например, в трактате Фомы Кемпийского *Imitatio Christi*), добавлялось еще одно звено – учитель. Важно, что позиция учителя здесь в той же мере промежуточна по отношению к позиции святого, в какой позиция святого является «ступенью» на пути человека к Христу. В полученной последовательности «ученик – учитель – святой – Бог» Гребенщикова отводил себе роль учителя, цель которого – актуализировать в сознании ученика (или соз-

дать его впервые) образ Сергия, который, в свою очередь, «напомнит» ученику о Христе. Факт подобной миметической демонстрации рефлексировался самим писателем. В письме И. А. Бунину от 28 октября 1937 г. он писал: «Часовня эта мое духовное убежище от страшных и проклятых наших лет смуты, лжи и взаимной клеветы, взаимного предательства. Эта часовня не только место молитвы и уединения: она миссионерствует сама собой. В ней теплится неугасимая лампада, дверь открыта по субботам и воскресеньям, и никогда не бывавшие в церкви люди приходят сперва для любопытства, а потом тайком от спутников приходят посидеть, побыть наедине, иногда вспомнить детство и Россию и поплакать. А главное, посвящена она имени Преподобного Сергия Радонежского, значит, с написанием истории утверждения Русской Державности, самими часто попираемой» [8, т. 5, с. 379]. Таким образом, роль миссионера, которая, как правило, сводится к набору функций проповедника и катехизатора (чтение проповедей, знакомство с Библией и патристической литературой и т. д.), в данном случае реализовывалась гораздо более радикально. В качестве инструмента выступил житиеписателя, выстраиваемый с опорой житийную поведенческую модель Сергия Радонежского и тем самым выступающий в роли миметической репрезентации [24] житиеписателя святого.

Многочисленные и разноплановые автопроекции на фигуру Сергия Радонежского (особенно в начале американского периода его творчества) служили задаче легитимации Гребенщикова в статусе «духовного лидера» русской эмиграции и строителя «возрожденной русской культуры», а также решения символической задачи позиционирования Чураевки как «деревни-сада» и «скита русской культуры». Одновременно с этим семиотизация Чураевки в качестве реплики скита св. Сергия (в первую очередь – с помощью постройки часовни) стала важным шагом утопического жизнестроительства Гребенщикова, давшим писателю возможность не только проповеднической популяризации житиеписателя Сергия Радонежского (в книгах, статьях и лекциях), но и его наглядной миметической демонстрации.

Литература

1. Анисимов К. В. Сибирская литература и проблема авторского самоопределения // Материалы научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов филологического факультета. Красноярск, 1997. С. 11 – 19.
2. Анисимова Е. Е. Б. К. Зайцев и В. А. Жуковский: реактуализация классики как фактор идентичности писателя-эмигранта // Вестник ТГПУ. 2011. № 11(113). С. 142 – 148.
3. Горбенко А. Ю. Идея «Москва – Третий Рим» в романе Г. Д. Гребенщикова «Чураевы» // Вестник КГПУ им. В. П. Астафьева. 2013. № 1(23). С. 295 – 299.
4. Горбенко А. Ю. Чураевка как текст: строительство и жизнестроительство Георгия Гребенщикова «Чураевы» // Вестник КГПУ им. В. П. Астафьева. 2014. № 4(30). С. 217 – 219.
5. Гребенщикова Г. Д. План по Чураевке, начало 1930-х гг. // ГМИИКА. ОФ. 699/11. 2 л.
6. Гребенщикова Г. Д. Моя Сибирь. Барнаул, 2002. 214 с.
7. Гребенщикова Г. Д. Радонега // Гребенщикова Г. Д. Чураевы: Лобзание змия. Роман. Радонега. Статьи. Воспоминания. Барнаул, 2007. С. 179 – 272.
8. Гребенщикова Г. Д. Собрание сочинений: в 6 т. / сост., подгот. текста, вступ. ст. Т. Г. Черняевой. Барнаул, 2013.
9. Живов В. М. Post scriptum к поэтике бытового поведения и к посвященному ей «круглому столу» // Новое литературное обозрение. 2006. № 6. С. 122 – 128.

10. Лотман Ю. М. Беседы о русской культуре: Быт и традиции русского дворянства (XVIII – начало XIX в.). СПб., 1994. 399 с.
11. Лотман Ю. М. О Хлестакове // Лотман Ю. М. О русской литературе. СПб, 1997. С. 659 – 688.
12. Лотман Ю. М. Поэтика бытового поведения в русской культуре XVIII века // Лотман Ю. М. История и типология русской культуры. СПб., 2002. С. 233 – 254.
13. Минц З. Г. Понятие текста и символистская эстетика // Минц З. Г. Поэтика русского символизма. СПб., 2004. С. 97 – 102.
14. Письма Г. Д. Гребенщикова к Н. К. Рериху в Рукописном отделе ИРЛИ (1925 г.) / публ., предисл. и прим. А. А. Санниковой // Ежегодник РО ИРЛИ РАН на 2005 – 2006 гг. / отв. ред. Т. С. Царькова. СПб., 2009. С. 975 – 992.
15. «Полно охватить всю Сибирскую Русь». Переписка Г. Гребенщикова и А. Ачаира / предисловие и публикация В. А. Росова // Новый журнал. 2009. № 256. С. 239 – 263. Режим доступа: <http://www.aryavest.com/work.php?workid=16> (дата обращения: 19.09.2015).
16. Пономарев Е. Россия, растворенная в вечности. Жанр житийной биографии в литературе русской эмиграции // Вопросы литературы. 2004. № 1. С. 84 – 111.
17. Рерих Е. Знамя Преподобного Сергия Радонежского. Минск, 2013. 128 с.
18. Росов В. Часовня св. Сергия Радонежского // Рериховский вестник. Публикации – сообщения – исследования. Вып. 4 (1991, январь – декабрь). СПб.; Извара; Барнаул; Горно-Алтайск, 1992. С. 56 – 57.
19. Росов В. А. Белый Храм на высоких горах: очерки о русской эмиграции и сибирском писателе Георгии Гребенщикове: сборник. СПб., 2004. 120 с.
20. Санникова А. А. Чураевка как идеал русской общины (культурно-просветительская деятельность Г. Д. Гребенщикова) // Алтайский текст в русской культуре: материалы третьей региональной научно-практической конференции. Барнаул, 2006. Вып. 3. С. 18 – 28.
21. Сирота О. С. Проблемы сохранения и развития русской культуры в условиях эмиграции первой волны: культурно-просветительская деятельность и литературное творчество Г. Д. Гребенщикова: дис. ... канд. культур. наук. М., 2007. 204 с.
22. Топоров В. Н. Святость и святые в русской духовной культуре. Т. II: Три века христианства на Руси (XII – XIV вв.). М., 1998. 864 с.
23. Тушине Е. Белый камень Алтая (Гребенщиков и Рерих) // Рериховский вестник. Публикации – сообщения – исследования. Вып. 4 (1991, январь – декабрь). СПб.; Извара; Барнаул; Горно-Алтайск, 1992. С. 57 – 58.
24. Тюпа В. И. Нарратив и другие регистры говорения // Narratorium. 2011. № 1 – 2. Режим доступа: <http://narratorium.rggu.ru/article.html?id=2027584> (дата обращения: 19.09.2015).
25. Успенский Б. А. Дуалистический характер русской средневековой культуры // Успенский Б. А. Избранные труды. Т. 1: Семиотика истории. Семиотика культуры. М., 1994. С. 254 – 297.
26. Царегородцева С. С. Роман Г. Д. Гребенщикова «Чураевы» в социокультурном контексте эпохи: дис. ... канд. филол. наук. Томск, 2005. 182 с.
27. Черняева Т. Г. Хроника жизни и творчества Г. Д. Гребенщикова // Г. Д. Гребенщиков и Г. Н. Потанин: диалог поколений (письма, статьи, воспоминания, рецензии) / сост., автор вступ. статьи, примеч. Т. Г. Черняева / примечания Т. Г. Черняевой (при участии В. К. Корниенко и К. В. Анисимова). Барнаул, 2008. С. 154 – 197.
28. Чистяков В. Д. Русская деревня Чураевка в 1999 году / публикация, вступительное слово и примечания В. М. Крюкова // Вестник ТГУ. 2003. № 277. С. 239 – 241.

Информация об авторе:

Горбенко Александр Юрьевич – аспирант и старший преподаватель кафедры мировой литературы и методики ее преподавания Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева, al_gorbenko@mail.ru.

Alexander Yu. Gorbenko – post-graduate student and Senior Lecturer at the Department of World Literature and Methodology of Teaching, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev.

(Научный руководитель: Садырина Татьяна Николаевна – кандидат филологических наук, доцент кафедры мировой литературы и методики ее преподавания Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева.

Academic advisor: Tatiana N. Sadyrina – Candidate of Philology, Associate Professor at the Department of World Literature and Methodology of Teaching, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev).

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ВАРИАТИВНОСТЬ ИЗЛОЖЕНИЯ ГРАММАТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В РЕГИОНАЛЬНЫХ (РОССИЙСКИХ) УЧЕБНЫХ ПОСОБИЯХ ПО НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Д. А. Данилец

POSSIBLE VARIABILITY IN TEACHING GRAMMAR IN REGIONAL TEACHING BOOKS OF GERMAN AS A FOREIGN LANGUAGE

D. A. Danilets

Данная статья посвящена проведенному в рамках бакалавриата германистики Венского университета анализу региональных (российских) учебных пособий немецкого языка как иностранного. На примере изложения грамматического материала (придаточных предложений с союзом *dass*) в 3-х российских пособиях („Академический школьный учебник – Deutsch“ И. Бим, „Wunderkinder“ О. Радченко и „Mosaik“ Н. Гальскова) последовал вывод об используемых авторами лингводидактических концептах. Задачей данной статьи является привлечение внимания преподавательского состава (германистов) с целью оптимизации/модификации урока немецкого языка как иностранного. Исследования показали, что не все учебные пособия придерживаются строгой поляризации в рамках концепта (эксплицитности-имплицитности, дедуктивности-индуктивности и т.д.), что свидетельствует об их потенциале концептуальной открытости, из которой преподаватель мог бы извлекать максимум пользы в конкретном контексте и для конкретной аудитории.

The paper is devoted to the content analysis of regional (Russian) textbooks of German as a foreign language conducted in the framework of studying for the Degree of Bachelor of German Philology at the University of Vienna. The paper examines the presentation of examples illustrating the use of subordinate clauses with the conjunction *dass* in three school-level textbooks of German as a Foreign Language („Academic school textbook“ by I. Bim, „Wunderkinder“ by O. Radchenko, „Mosaik“ by N. Gal'skova), concluding that the authors use different linguodidactic concepts. The aim is to draw this to the teachers' attention and to encourage the modification and optimisation of lessons in this subject. Research has shown that not all the textbooks adhere to a strict polarization within the concept (explicitness-implicitness; deductive-inductive etc.), which indicates their potential of conceptual openness, of which the teacher could derive maximum benefit in a particular context and for a specific audience.

Ключевые слова: анализ региональных учебников немецкого языка как иностранного, изложение грамматики.

Keywords: textbook content analysis, critique and/or evaluation; local vs. global textbooks; German as a foreign language.

Variationsmöglichkeiten der Grammatikvermittlung in regionalen (russischen) DaF-Lehrwerken

Grammatik ist der wichtigste Bestandteil, um eine Sprache zu erlernen. Zu diesem Thema gibt es jedoch neuerdings einige Diskussionsgründe über die Art, deren Vermittlung, Grammatik zu kennen oder zu können müssen (einige der Möglichkeiten: deduktive / induktive, explizite / implizite, affektive, inhaltbezogene usw. Grammatikvermittlung) und Ähnliches gilt auch für die regionale Lehrwerkentwicklung in Russland.

Die Lehrwerke in Russland wurden schon seit Beginn sehr kritisiert, weil der Unterricht nicht Praxisorientiert gestaltet wurde und sich fast nur auf die Grammatik konzentriert hat. In der letzten Zeit haben sich der Unterricht in den Schulen und das DaF-Lehrwerk drastisch verändert. Die Stunden beziehen sich jetzt mehr auf die Kommunikation, Produktorientierung und die Kultur der deutschsprachigen Länder. Trotzdem werden die Lehrwerke immer noch bemängelt [7, s. 138–139].

Daraus lässt sich die folgende *übergeordnete Forschungsfrage* ableiten: Welches grammatische Konzept wird in den regionalen (russischen) DaF-Lehrwerken verwendet und wie lässt es sich begründen?.. Im Bezug auf die fehlende fremdsprachige Umgebung und die starke Lehrwerk-Orientierung könnte man folgende Hypothese aufzustellen, dass es sich keine anderen Methoden und grammatischen Konzepten, als explizit-deduktive, im

russischen DaF-Unterricht / Lehrwerk eingewöhnen könnten.

Die vorliegende Untersuchung ist der Erforschung der grammatischen / sprachdidaktischen Seite der gesamten Konzeption regionaler aus Russland stammenden DaF-Lehrwerken gewidmet, dargelegt am Beispiel der Verbstellung in den *dass*-(Neben)Sätzen (als Bestandteil des Subjekt- und Objektsatzes), die den Untersuchungsgegenstand unserer Arbeit bildet.

Das **Ziel der Untersuchung** ist daher nicht die Verallgemeinerung der grammatischen Konzeptionen im rein didaktischen Vergleich der regionalen Lehrwerke, sondern die Variationsmöglichkeiten am Beispiel des zu untersuchenden grammatischen Phänomens (des *dass*-Satzes) zu entdecken und hinweisend auf einige ihrer Vorteile und Nachteile die Aufmerksamkeit der Lehrkräfte und Methodiker zu gewinnen, um daran zu erinnern, dass dasselbe zu untersuchende Phänomen (Verbstellung im *dass*-Satz) viele unterschiedliche Möglichkeiten der Darstellung und Vermittlung haben könnte, was die Grammatikerwerksleistungen der Lernenden beeinflussen könnte.

Für die Untersuchung wurden 3 Lehrwerke gewählt:

1. „Akademisches Schullehrwerk. Deutsch“ von I. Bim;
2. „Wunderkinder. Deutsch“ von O. Radtschenko;
3. „Mosaik. Deutsch“ von N. Gal'skova. Alle angeführten Lehrwerke werden vom Bildungsministerium an-

erkannt und empfohlen. Die ersten zwei Lehrbücher sind als Materialien für allgemein bildende Schulen gedacht und das letzte („Mosaik“) – für Schulen mit erweitertem Deutschunterricht. In der Sicht der Untersuchung wurden nur Lehrwerke für Lehrstufen 4 (N. Gal'skova) und 7 (I. Bim, O. Radtschenko) genommen, weil die Einführung

des *dass*-Satzes in den oben genannten Lehrwerken genau in dieser Periode stattfindet.

Variationsmöglichkeiten

Bezüglich der Grammatik (ausgehend von den distinktiven Merkmalen der Grammatikvermittlung) kann man die zu untersuchenden Lehrwerke folgenderweise (tabellarisch) bezeichnen:



Die Tabelleneinteilung ist nicht willkürlich gewählt, sondern bildet die Darstellung der Grammatikkonzeptionen in den einzelnen Lehrbüchern ab.

Die Autoren russischer Lehrwerke versuch(t)en jeweils eine aus ihrer Sicht aktuelle Grammatikvermittlung im „Unterrichtsgeschehen“ zu präsentieren. Die Darstellungsperspektive jeweiliger Konzepte verschiebt sich deutlich, wenn die Lehrwerk-Autoren nicht der Zielkultur entstammen. In diesem Zusammenhang scheint es uns angebracht, in Bezug auf die russischen DaF-Lehrwerke zwei Grammatikvermittlungsvariationen zu unterscheiden: die sogenannte kommunikative Richtung (mit impliziten, induktiven und einsprachigen Mitteln) und die kommunikativabweichende Richtung (mit eher expliziten, deduktiven, zweisprachigen Mitteln). Die kommunikative Orientierung bedeutet für mich keinesfalls das Ignorieren des Sprachsystemwissens sowie der satzgrammatischen Kompetenz, sondern einen weiteren Schritt zum Sprachgebrauch durch das Einbeziehen des pragmatischen Wertes von grammatischen Phänomenen und situativen Gesetzmäßigkeiten ihres Funktionierens. Die Transparenz der Lernziele ist nicht immer gewährleistet. Zwischen zwei Polen („Akademisches Schullehrwerk. Deutsch“ von Bim als Beispiel der grammatischen Explizitheit ↔ „Mosaik“ von Gal'skova als Beispiel der grammatischen Implizitheit) findet man das Beispiel der konzeptionellen Offenheit in „Wunderkinder“ von Radtschenko (explizite zweisprachige Grammatikdarstellung vs. kommunikative einsprachige Projektaufgaben, Spiele usw.). Eine echte Alternative (wie in „Wunderkinder“) sollte in einer Kombination der beiden Varianten bestehen, also in einer Parallelprogression, bei der ein gewisser Kompromiss zwischen grammatischer Komplexität und kommunikativer Adäquatheit [3, s. 46] gefunden werden muss. Dabei wird

zwischen den beiden Formen der Vermittlung für Gleichgewicht gesorgt, so dass keines der analysierten Lehrwerkkonzepte einem Ratgeber ähnelt.

Die oben angeführten Beispiele weisen (wieder laut der Lehrerhandbücher) darauf hin, dass ein induktives, (meistens gleichzeitig implizites) Lernen in mehreren Bereichen öfters angestrebt wird und somit eine induktive Progression in neueren Lehrwerken vorherrscht. Es gilt Hypothesen über die deutsche Sprache zu bilden und auf diesem Weg zu einer Regel zu gelangen. Die eigenständige Regelbildung findet sich in etlichen Aufgaben wieder. Zu ergänzen ist, dass die SchülerInnen aufgeklärt werden müssten, was der Sinn der induktiven Arbeitsweise ist und wie sie angewendet werden könnte [6, s. 1043 – 1045].

Da die folgenden Lehrwerke für eine DaF-LernerInnengruppe konzipiert wurde, teilen sie sich in ein- und zweisprachige auf. Meistens wird hier die Einbeziehung der Erstsprache bzw. der Mehrsprachigkeit nicht nur im Sinne von Übersetzungsübungen, sondern im Sinne der „Vermittlungssprache“ in der grammatischen Erläuterungen verstanden, aber immerhin wird die Erstsprache der SchülerInnen berücksichtigt und einbezogen.

Abschließend (dazu) zeigte sich, dass die Grenzen dieser Variation teilweise beweglich und subjektiv sind, was der Unterschied der Konzeptbestimmung zwischen den Lehrhandbüchern und den Lehrwerken selbst bescheinigt. Andererseits sollte man im Hinterkopf behalten, dass diese Lehrwerke ursprünglich für unterschiedliche (bestimmte) Zielgruppen (allgemeinbildende Schule und die Schule mit dem erweiterten Deutschunterricht) konzipiert wurden. Anzumerken gilt, dass sich Teile aller analysierten Lehrwerke im Großen und Ganzen für das unten aufgeführte Schema einsetzen lassen. Die Methodenkonzeption bei den Lehrwerken ist auch unterschiedlich oder

lässt sich bei der jüngeren Generation (der Lehrwerke) unterscheiden (z. B. „Akademisches Schullehrwerk. Deutsch“ von Bim, das aus der alten Vorlage „1998“ neu entwickelt wurde und das der expliziten Charakterisierung entspricht). Es soll aber nicht behauptet werden, dass die Lehrbücher vollständig der jeweiligen Konzeption entsprechen, jedes Lehrbuch hat sein eigenes Profil.

Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurde versucht, die Vermittlung grammatischer Regelerläuterungen, die Analyse der Übungen (im Großen und Ganzen), alle methodisch-didaktischen Materialien zum Thema „*dass*-Satz“ im Kontext der aktuellen regionalen (russischen) Lehrwerken zu exemplifizieren. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage: Welches grammatische Konzept wird in den regionalen (russischen) DaF-Lehrwerken verwendet und wie lässt es sich begründen?..

Der empirische Teil der Arbeit hat gezeigt, dass Autoren / Methodiker der russischen regionalen Lehrwerke ihre eigenen Irrwege und lehrreichen Pfade im Bereich der Grammatikvermittlung bevorzugen, was die Variation des grammatischen Konzepts bestimmt [1, s. 238, 316]. Für die beschriebenen Differenzen ist es demnach entscheidend, ob es sich um ein „echt (russisches) regionales“ Lehrwerk oder um einen „west tendierten“ Nachfolger handelt, ob es sich um das für allgemeinbildende Schule oder für den erweiterten Deutschunterricht geeignete Lehrwerk handelt [5, s. 3]. Auch als begründete Faktoren gelten das Erscheinungsjahr des Lehrwerkes und gleichlaufende Tendenzen im didaktisch-linguistischen Bereich. Dieser unterschiedliche Status der zu untersuchenden Lehrwerke wurde von uns als Erklärung angeführt.

Die Untersuchung der neuesten Lehrwerke hat gezeigt, dass auf der Realisationsebene von Lehrwerkkonzeptionen viele neue und innovative Strukturen präsentiert werden. An vielen Stellen wird das Bestreben deutlich, auf der Lernangebote vorstellen zu können. Was aber genau in der Grammatikvermittlung nicht beobachtbar bleibt, man findet folgende Neuigkeiten in diesem Bereich: Ein ansprechendes Lay-out, der Einsatz von Visualisierungstechniken im Rahmen der Grammatikvermittlung, Übungsformen mit manchmal „spielerischen“ Elementen, eine beachtenswerte Audio-, Videoproduktion, Internetressourcen und nützliche didaktische Hinweise zur Unterrichtsgestaltung (Lehrerhandreichungen) sind Beispiele für die Bereitschaft der Autoren, traditionelle Elemente von Lehrwerk- und (weniger) Grammatikkonzeptionen kritisch zu überdenken, Freiräume für fachwissenschaftlich begründete Alternativen zu schaffen und diese kreativ zu nutzen.

Anhand der Ergebnisse, angesichts der verschiedenen Arten der Progression lässt sich erkennen, dass sich die drei Lehrwerke zumindest strukturell wesentlich voneinander unterscheiden. Die meisten Lehrwerke beschränken sich entweder auf Grammatikdarstellung / -vermittlung oder auf Übungen. Ein der drei Lehrwerke (das ist „Akademisches Schullehrwerk. Deutsch“ von Bim) erfüllt die Erwartungen nicht vollständig, die man nach der kommunikativen Methode an sie stellen würde

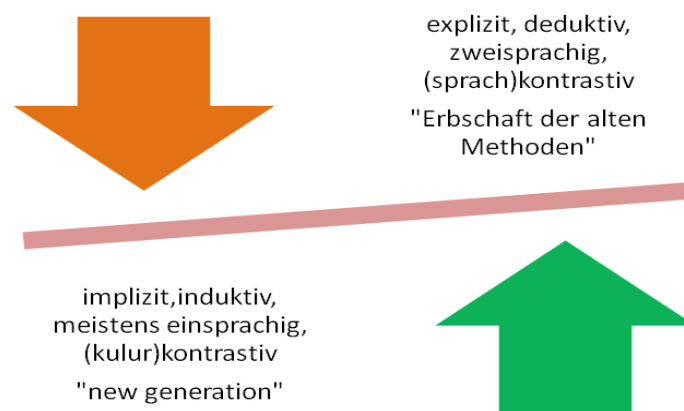
(was einerseits den Freiraum für Grammatik schaffen könnte). Keines der drei Lehrbücher kann als „ideal“ bezeichnet werden (wenn es überhaupt „Ideal“-nahe Lehrwerke sind), das heißt keines ist methodisch so gestaltet, dass die Benutzer in ausgewogenem Maße sowohl sprachliche als auch kommunikative Kompetenz erwerben. Wie es schon bei einiger Lehrwerkanalyse angedeutet, kann man zwei Tendenzen feststellen. In Lehrbüchern, die (meiner Meinung nach) der audiolingualen (oder kommunikativabweichenden) Methode folgen, dominiert die Grammatik, der Wortschatz gewinnt erst in weiteren Lektionen an Bedeutung, kommunikative Fähigkeiten werden nicht genügend trainiert – dieser Gruppe lässt sich eindeutig I. Bims „Akademisches Schullehrwerk. Deutsch“ zuordnen. Den Gegenpol bilden Lehrwerke, die nach der kommunikativen Methode gestaltet sind. Hier wird dem Wortschatz (Redemittel) von Anfang an große Bedeutung zugeschrieben, vor allem die ersten Lektionen enthalten eine Fülle neuer Wörter und Wendungen. Die Verständigung steht im Vordergrund – auch mit wenigen Strukturen. Auch wie Funk und König [4, s. 124] empfehlen, das Arbeiten mit Grammatikregeln zu erleichtern, indem die sprachliche Gesetzmäßigkeiten selbständig erkannt werden, kann die Grammatikerläuterung (*dass*-Satz-Erklärungen) auf diese Weise beobachtet werden. Von den drei analysierten Lehrwerken gehört nur eins zu dieser Gruppe, und zwar Gal'skowa. Zwischen diesen zwei Polen platzieren sich „Wunderkinder“ von Radtschenko. Welches Ziel die Lerner mit diesem Lehrwerk erreichen sollen, ist nicht eindeutig oder bleibt offen und flexibel (bezüglich der Prioritätensetzung). Aber nähere Betrachtung bestimmt für die Lehrkraft bessere Bedingungen der Selbstbestimmung des linguistisch-theoretischen Ansatzes.

Die Untersuchung hat auch ergeben, dass die Grammatikvermittlungsvariation nicht immer mit der Aufgaben- oder Lehrwerkkonzeption angemessen in der Korrelation steht. Deshalb würde als empfehlenswert das Zusammenbringen der Adaption der westlichen Tendenzen und der regionalen / nationalen FSUs-Sicht von Radtschenko markieren.

Nicht ohne Grund hat man in dieser Arbeit bei der Lehrwerkanalyse auf die Verbstellung / Topologie im *dass*-Satz geachtet. Umfassendere Ausführungen sind an dieser Stelle nicht möglich. Nur so viel sei gesagt, dass nur einige der Lehrwerke diesbezüglich zufriedenstellend ist.

Diese Art von Analysen wird man in folgenden Arbeiten weiter verfolgen, insbesondere sollen dabei weitere regionale Lehrwerke untersucht werden. Dazu sollte auch ihre Zahl erhöht werden, um statistisch abgesicherte Aussagen formulieren zu können und die Tendenzen im Bereich der (russischen) regionalen Lehrwerkforschung zu erkennen.

Ein geschultes Auge und eine genaue Betrachtung der Lehrwerke im Vorhinein sind jedoch ein Muss, um einen adäquaten Grammatikunterricht / Grammatikvermittlung mit DaF-Schülerinnen halten zu können. Werden diese Lehrwerke im Unterricht eingesetzt, sollte eine Bewusstmachung, auch auf Seiten der SchülerInnen erfolgen [2, s. 357–359].



Die Integration der Polarität in den regionalen DaF-Lehrwerken

Литература

1. Ammon U., Kemper D. (Hg.). Die deutsche Sprache in Russland: Geschichte, Gegenwart, Zukunftsperspektiven. München: IUDICIUM Verlag, 2011. 428 s.
2. Brill L. M. Lehrwerke. Lehrwerkgenerationen und die Methodendiskussion im Fach Deutsch als Fremdsprache. Aachen: Shaker Verlag, 2005. 436 s.
3. Fischer G. Wieviel Grammatik braucht der Mensch? // Moderne Sprachen 32, 2-3 (1988). S. 46.
4. Funk H., König M. Grammatik lehren und lernen. Fernstudieneinheit I. München: Langenscheidt, Goethe-Institut, 1991. S. 124.
5. Gerighausen J., Seel P. C. (Hg.). Zum Thema: Regionale Lehrwerke – eine Erwiderung // Goethe-Institut: Spracharbeit 2 (1984). S. 1–5.
6. Helbig G. (Hg.). Deutsch als Fremdsprache: ein internationales Handbuch. Berlin, New York: DeGruyter, 2001. (Bd. 19). S. 1041–1049.
7. Perfilowa G. Deutsch als fremdsprachliches Schulfach in Russland // Die deutsche Sprache in Russland: Geschichte, Gegenwart, Zukunftsperspektiven, 2011. S. 138–156.

DaF-Lehrwerke / анализируемые учебные пособия

„Akademisches Schullehrwerk“:

- Bim I. L., Sadowa L. W. Akademisches Schullehrwerk Deutsch 7. (Lehrbuch) Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2011. 224 s.
- Bim I. L., Sadowa L. W. Akademisches Schullehrwerk Deutsch 7. (Arbeitsbuch) Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2014. 96 s.
- Bim I. L. Akademisches Schullehrwerk Deutsch 7. (Lehrerhandbuch) Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2014. 95 s.

„Mosaik“:

- Gal'skova N. D., Schukowa I. W., Mironowa L. W. Mosaik 4 (Lehrbuch). Moskau: AST-PRESS Verlag, 2011. 128 s.
- Gal'skova N. D., Schukowa I. W., Mironowa L. W. Mosaik 4 (Lehrerhandbuch). Moskau: AST-PRESS Verlag, 2005. 48 s.
- Schukowa I. W., Mironowa L. W. Mosaik 4 (Arbeitsbuch). Moskau: AST-PRESS Verlag, 2009. 88 s.

„Wunderkinder“:

- Radtschenko O. A., Kongo I. F., Gertner U. Wunderkinder 7 (Lehrbuch). Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2013. 215 s.
- Radtschenko O. A., Gluschak W. M. Wunderkinder 7 (Arbeitsbuch). Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2012. 174 s.
- Radtschenko O. A., Sacharowa O. L. Wunderkinder 7 (Lehrerhandbuch). Moskau: Prosveschtschenie Verlag, 2013. 176 s.

Информация об авторе:

Данилец Даниил Александрович – преподаватель кафедры германских и восточных языков факультета лингвистики и перевода Международного гуманитарного университета (Одесса), магистр филологии (Одесса), бакалавр искусств / Bachelor of Arts (Бена), daniels.daniil@gmail.com, kinder.07@list.ru.

Daniil D. Danilets – Lektor des Lehrstuhls für Germanistik und Orientalistik. Fakultät für Linguistik und Translationswissenschaft. Internationale Universität für Geisteswissenschaften (Odessa).

Daniil D. Danilets – Lecturer at the Department of German and Oriental Studies, Faculty of Linguistics and Translation, International Humanitarian University (Odessa).

Статья поступила в редколлегию 08.05.2015 г.

ОПЫТ ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДРЕВНЕИСЛАНДСКОЙ РУНИЧЕСКОЙ ПОЭМЫ

С. С. Калинин

AN APPROACH TO THE LINGUISTIC-CULTURAL ANALYSIS
OF THE OLD ICELANDIC RUNE-POEM

S. S. Kalinin

В работе дается лингвокультурологический анализ Древнеисландской Рунической Поэмы. Показывается, что каждая руна представляет собой сложный образ-символ с многослойной семантикой, последовательно разворачиваемой в микротекст. Даются интертекстуальные связи между руническими микротекстами и другими сакральными текстами древнегерманской мифологии, в частности эддическими песнями о богах. Раскрываются семантические и лингвокультурологические связи рунических символов с блоками других сакральных символов древнегерманской лингвокультуры. Анализируется рунический культурный код как единое целое, воспроизводящее картину мира древних германцев.

The paper deals with the linguistic-cultural analysis of the Old Icelandic Rune-Poem. Each rune is presented as a complicated shaped token with the multilayer semantics which evolves to the microtext consequently. The intertextual links between the runic microtexts and other sacred texts of Old Germanic mythology, especially the eddaic mythological poems are given. The semantic and linguistic-cultural links between the runic symbols and the units of other sacred symbols in the Old Germanic linguoculture are demonstrated. The runic cultural pattern is analyzed as the integrated structure representing the world view of the Old Germanics.

Ключевые слова: Древнеисландская Руническая Поэма, руны, образ-символ, интертекстуальность, древнегерманская лингвокультура, культурный код, Старшая Эдда, древнегерманское язычество, древнеисландский язык.

Keywords: Old Icelandic Rune-Poem, runes, shaped token, intertextuality, Old Germanic linguoculture, cultural pattern, The Poetic Edda, Old Germanic paganism, Old Norse language.

Данная работа посвящена лингвокультурологическому анализу такого малоизученного памятника древнеисландской письменности и культуры XV в., как Древнеисландская Руническая Поэма. Всего существовало несколько (около 5) различных рунических поэм, однако Древнеисландская Руническая Поэма выделяется из них своей архаичностью. В ней также репрезентируется ментальность ее создателей более архаичного периода по сравнению с остальными руническими поэмами.

Актуальность данной работы заключается в том, что Древнеисландская Руническая Поэма представляет собой малоисследованный и малоизученный образец древнегерманского фольклора. Существует несколько работ, посвященных описанию данного памятника, однако до сих пор не существует публикаций, посвященных лингвокогнитивному и лингвокультурологическому анализу этой поэмы. Также руническая письменность до сих пор представляет собой во многом неисследованный и даже несколько загадочный культурный код. Известно лишь несколько исследований, посвященных анализу рунического культурного кода. Настоящая работа призвана хотя бы частично восполнить данный пробел.

Следует сказать несколько слов о понятии культурного кода. Согласно Д. Б. Гудкову и М. Л. Ковшовой, это «система знаков (знаковых тел) материального и духовного мира, ставших носителем культурных смыслов; в процессе освоения человеком мира они воплотили в себе культурные смыслы, которые «прочитываются» в этих знаках» [5, с. 9]. Эти знаки могут

быть как вербальной, так и невербальной природы, наиболее универсальной знаковой системой является язык. В. В. Красных дает следующее определение культурного кода: это «сетка, которую культура набрасывает на окружающий мир, членит его, категоризирует, структурирует и оценивает его» [9, с. 232]. В. Н. Телия определяет культурный код таким образом: «это вторичные знаковые системы, использующие разные материальные и формальные средства для кодирования одного и того же содержания, сводимого в целом к картине мира, к мировоззрению данного социума» [17, с. 288]. Такое определение представляется чрезвычайно важным, поскольку рунические символы, структурированные в виде Старшего Футарка, передают в конечном итоге культурные и мировоззренческие ценности древнегерманского социума. Интересно в этом отношении высказывание Р. Барта о том, что культурные коды «суть не что иное, как цитации – извлечения из какой-либо области знания или человеческой мудрости» [3, с. 44]. Культурный код «откуда-то возникает и куда-то исчезает – вот все, что о нем известно; порождаемые им единицы (как раз и подлежащие анализу) сами суть не что иное, как текстовые выходы; все это осколки чего-то, что уже было читано, видно, совершено, пережито; код и есть след этого уже» [3, с. 45]. Данная мысль Р. Барта представляется очень важной, поскольку она раскрывает природу рунического символа как разворачиваемого при интерпретации микротекста. В этом отношении рунический культурный код

пересекается с понятиями стереотипов и архетипов [4, с. 24].

Поскольку руна является особым типом символа, то следует раскрыть само понятие символа, так как оно также тесно связано с понятием культурного кода, который состоит из набора символов. Перефразируя Э. Кассирера [7, с. 21 – 24], можно сказать о том, что культурный код является, наряду с человеческим языком, особым типом символических форм. Существует много различных определений символа, хотя единого, общеконвенционального определения символа наука о языке не выработала до сих пор.

Н. Д. Арутюнова упоминает о том, что понятие символа тесно связано с понятием образа и что данные структуры «вступают между собой в системные отношения стабилизации» [2, с. 313 – 314]. Как она пишет, образ проходит путь «возвышения» до символа, поскольку в нем дифференцируются все три структурных компонента [2, с. 44 – 46]. Согласно Н. Д. Арутюновой, между понятиями «образ», «знак» и «символ» (она называет их «семиотическими концептами» [2, с. 313]) существует следующая взаимосвязь, отражающая их развитие: образ → символ → знак [2, с. 345]. С другой стороны, Ю. Н. Караулов не считает символ самостоятельной структурой знания, а такой структурой, которая может только «настраиваться» над другими, например, над тем же образом или знаком [6, с. 202 – 203]. А. Ф. Лосев определяет символ следующим образом: это «идейная, образная или идейно-образная структура, содержащая в себе указания на те или иные отличные от нее предметы, для которых она является обобщением и неразвернутым знаком» [11, с. 51].

В онтологическом смысле М. М. Маковский определяет символ как «двуединую энергетическую сущность», возникающую в результате сочетания двух типов языковой энергии – положительной и отрицательной [12, с. 174]. В свою очередь, положительная и отрицательная энергии представляют собой свободную энергию (с большими степенями свободы) и связанную энергию, находящуюся в формах слов и в их значениях [12, с. 174]. Из их взаимодействия по принципу «параллелограмма сил» и рождаются «символы или целые блоки символов» [12, с. 174].

С. С. Аверинцев так говорит о взаимоотношениях между понятиями образа и символа: «В широком смысле можно сказать, что символ есть образ, взятый в аспекте своей знаковости, и что он есть знак, наделенный всей органичностью и неисчерпаемостью образа. Всякий символ есть образ (и всякий образ есть, хотя бы в некоторой мере, символ); но категория символа указывает на выход образа за собственные пределы, на присутствие некоторого смысла, нераздельно слитого с образом, но ему не тождественного. ...Предметный образ и глубинный смысл выступают в структуре символа как два полюса, немыслимые один без другого (ибо смысл теряет вне образа свою явленность, а образ вне смысла рассыпается на свои компоненты), но и разведенные между собой и порождающие между собой напряжение, в котором и состоит сущность символа. Переходя в символ, образ

становится «прозрачным»; смысл «просвечивает» сквозь него, будучи дан именно как смысловая глубина, смысловая перспектива, требующая нелегкого «вхождения» в себя» [1, с. 607 – 608].

Образы и символы являются концептуальными единицами, содержащими в себе информацию о языковом отражении действительности. Согласно теоретическим выводам М. В. Пименовой, как образ, так и символ являются языковыми объективациями определенного концепта [16, с. 6]. В. В. Колесов пишет о том, что образ, понятие и символ являются проявлениями, объективациями единого, более общего понятия концепта [8, с. 39]. С его точки зрения, символ – это образное понятие, в котором сочетаются попарно связанные «вещь, идея и слово» [8, с. 39]. Кроме того, образы и символы имеют и важное лингвокультурологическое значение, поскольку образность несет в себе информацию о связи слова с тем или иным фрагментом культуры [15, с. 44 – 45].

Архаические люди, каковыми являлись создатели рунических символов и текстов – древние германцы, воспринимали мир символически: «Важнейшим средством концептуализации окружающего мира для архаического человека была именно символика, которая теснейшим образом связана с магическим мышлением язычников. Любое действие и движение... облекались в форму символа, соотносимого с божественной благодатью, опасностью, жизнью или смертью, божественным очищением, принесением клятвы и т. д.» [14, с. 24]. В качестве символов первоначально избирались предметы, которые человек мог наблюдать непосредственно: природные явления, небесные светила, Солнце, Луна, звезды, атмосферные явления (дождь, гроза, гром, молния и т. п.), деревья, леса и др. [2, с. 340]. Позднее символика усложнялась и совершенствовалась. Так, например, мир виделся древним германцам как огромный ясень, имеющий девять ветвей и девять корней. Персонификацией мирового океана и вообще стихийного начала в мире являлся змей Ермунганд, живущий на дне моря (можно сопоставить этот образ со средневековым Оуроборосом). Стихийные, разрушительные силы природы представлялись в виде гигантов и великанов. Именно символизацией собственного человеческого образа и объясняется наличие большого количества антропоморфных божеств в мифологии древних германцев.

Для мифологического мышления характерно оперирование именно символической. В. В. Колесов пишет об этом так: «Средневековая культура насквозь символична... средневековая культура традиционна – это культура культа, и тексты ее таковы же» [8, с. 19]. В данном плане, по словам Ю. Кристевой, мышление, «вращаясь на орбите символа, оперирует символическими единицами» [10, с. 414]. М. М. Маковский пишет об особенностях символизма мифологического мышления схожим образом: «Мифологическое (мифотворческое) мышление не определяет предмет со стороны его признаков. Оно еще не умеет замечать признаков, а тем более объединять их («характеризовать ими»). Оно берет любой предмет, имеющий реальные признаки величины, цвета, качества, назначе-

ния и т. д. и наделяет его образными, воображаемыми чертами, идущими мимо признаков предмета. Тут... решающую роль играют не признаки предмета, а его семантика. Значимость заменяет признаки» [13, с. 22].

В архаических символах, каковыми, несомненно, являются рунические символы, отражаются особенности мифологического мышления их создателей. Прежде всего, это синкретичность данных структур, в которых слито несколько, иногда достаточно большое количество различных концептуальных смыслов: «Большинство сакральных значений слова, обычно, табуированы, как бы «упрятаны» в пределах одного слова. Необходимо иметь в виду, что в целом ряде случаев в одном слове может быть скрыта тайна другого слова того же языка или целой семьи слов, а в этих словах может быть скрыта тайна человеческого бытия. Буквенные формулы (слова), имевшие изначально сугубо сакральный характер, хранят в себе тайну человеческой духовности, сущность различных ступеней, форм и параметров духовной энергии, глубоко скрытой от взглядов поверхностного наблюдате-

ля» [14, с. 24]. Рунический символ является не просто письменным знаком, он передает не просто тот или иной алфавитный знак и звук того или иного языка. Рунический символ содержит также и сакральные мифопоэтические значения, употребляемые, например, при составлении рунических заклинаний, при освящении того или иного предмета путем нанесения на него рунических символов. Такие заклинания и рунические знаки, используемые с этими целями, описываются в эддических песнях «Речи Высокого» и «Речи Сигдривы». Помимо этого, у рунического символа есть особые значения, которые употребляются в ритуалах гадания и предсказания судеб. Таким образом, рунический символ предстает комплексной, многомерной единицей древнегерманского культурного кода. В этом отношении интересен тот факт, что древние германцы считали линейно или циклически выписанный рунический алфавит символом Космоса, всего мироздания (рис. 1 и 2). Они использовали такую запись алфавита в качестве очень сильного оберега.



Рис. 1. Линейный способ записи рун Старшего Футарка

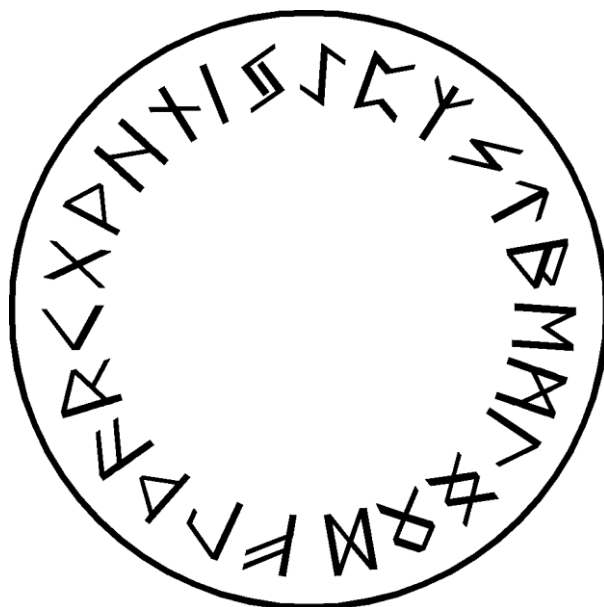


Рис. 2. Циклический способ записи рун Старшего Футарка

Сама Древнеисландская Руническая Поэма написана древнегерманским аллитерационным стихом. Ее структура следующая: в ней содержится 16 строф, каждая из которых начинается с имени (названия) той или иной руны. Далее в тексте поэмы следует несколько различных кеннингов (особый тип концептуальной метафоры), которые тем или иным образом

связаны с именем руны и мифопоэтическими понятиями, лежащими в основе данного имени. В конце каждой строфы стоит одно латинское слово, близкое по семантике имени руны, стоящему в начале строфы. За ним следует одна древнеисландская лексема, которая мифопоэтически близка к имени руны и которая практически во всех случаях начинается с того звука,

который передает данная руна. В качестве примера можно привести самую первую строфу поэмы:

fé er frænda róg
ok flæðar viti
ok grafseiðs gata.
Aurum fy<l>ker

Здесь fé – это имя руны (первоначальное значение имени этой руны – «скот», дальнейшее метафорическое развитие этого названия – «золото», «материальное богатство»), frænda róg, flæðar viti, grafseiðs gata – кеннинги, метафорически передающие содержание имени руны. В данном случае эквивалентами этих кеннингов на русском языке могут служить следующие словосочетания: «распря родни», «огонь (или пламя) воды» (обычный скальдический кеннинг для наименования золота), «путь могильной рыбы» (т. е. «путь дракона», также обычный скальдический кеннинг для наименования золота). Стоящая в конце латинская лексема aurum переводится как «золото» и ее вполне можно соотнести с именем руны fé. Древнеисландская лексема fylker же имеет русским эквивалентом лексему, стоящую во множественном числе, – «страны», «земли». В данном случае мы видим простое фонетическое соотнесение первой согласной слова fylker со звуком, передаваемым руной fé.

Исходя из приведенного выше анализа структуры и архитектоники строф Древнеисландской Рунической Поэмы, можно сделать вывод о том, что каждая из этих строф представляет собой микротекст, последовательно разворачиваемый перед взором читателя либо интерпретатора. Соответственно, для данных микротекстов может быть характерно и явление интертекстуальности, а также отсылка к различным прецедентным образом, символам и архетипам. Таким образом, сами рунические символы представляют собой особые типы микротекста, которые по-разному разворачиваются и актуализируются в зависимости от прагматической стороны их употребления (создание надписи, ритуал гадания, совершение рунического заклинания, создание символа-оберега или символа-хранителя, наносимого на предметы и т. д.). В качестве подтверждения такой точки зрения приведем анализ следующей строфы рунической поэмы:

óss er aldingautr
ok ásgarðs jöfurr
ok valhallar vísi.
Jupi<ter> Oddviti

Кеннинги aldingautr, ásgarðs jöfurr и valhallar vísi имеют русскими эквивалентами, соответственно, «древний Гаут», «вождь Асгарда» и «князь Вальхаллы». Все эти кеннинги отсылают к одному и тому же мифологическому персонажу – верховному богу германо-скандинавского пантеона Одину. Это подчеркивается также и сопоставлением образа Одина с образом главы римского пантеона Юпитера, поскольку древнеримские авторы, в частности Корнелий Тацит, зачастую сопоставляли образ Одина с Юпитером и отмечали поклонение этому божеству у древних германцев. Лексема oddviti, стоящая в конце данной строфы, не только фонетически близка звуку, передаваемому руной óss, но и семантически близка к

ней: ее русским эквивалентом является лексема «вождь», «предводитель» (Один – предводитель всех богов).

Интересен тот факт, что данная строфа связана интертекстуальными связями с эддической песней «Речи Гримнира». В ней также Один перечисляет множество различных своих имен, в том числе и имя Гаут («Гаут... у богов,... но все имена стали мной неизменно»), которыми он назывался в различных ситуациях и в различных местах. Известна мифологема о том, что Один любил странствовать по всем мирам древнегерманской мифопоэтической Вселенной, изменив свой облик. На основании этого можно сделать вывод о том, что древнеисландская руническая поэма имеет свои концептуальные основы именно в эддической мифологии, в том ее виде, как она представлена в песнях «Старшей Эдды».

Именно поэтому в Древнеисландской Рунической Поэме часто встречаются различные мифологические существа и персонажи. Помимо Одина, это также и бог Тюр, имя которого приводится в следующей строфе:

týr er einhendr áss
ok úlfs leifar
ok hofa hilmir.
Mars Tiggi

Здесь имя Тюра упоминается в связи с известным эддическим мифом об обуздании им огромного волка Фенрира. Кеннинги einhendr áss (однорукий ас/бог) и úlfs leifar (волчий объедок) отсылают напрямую к этому мифу. Интересным представляется последний кеннинг – hofa hilmir (властитель капищ). Известно, что античные авторы сопоставляли бога Тюра с богом войны Марсом, поскольку Тюр был также и богом войны. Тюра называли также «Марсом тингов», что отражено в последней строке данной строфы – Mars Tiggi. Считалось также, что Тюр является покровителем различных священных мест, в частности, капищ.

Упоминают в Древнеисландской Рунической Поэме и другие мифологические существа, в частности, такие, как великаны-турсы. Имеется даже отдельная руна, которая носит имя þurs (турс) и упоминается в следующей строфе:

þurs er kvenna kvöl
ok kletta búi
ok varðrúnar verr.
Sat<ur>nus þengill

Здесь с помощью различных кеннингов дается метафорическое обозначение великанов-турсов. Kvenna kvöl русским эквивалентом имеет словосочетание «пытка жен», kletta búi – «житель гор/скал» (по легендам, турсы жили в горах), varðrúnar verr – супруг Вардун. Интересен тот факт, что в последней строке данной строфы содержится отсылка к римскому богу Сатурну. Сатурн был связан со стихией земли и покровительствовал плодородию и земледелию. Турсы также связаны с земной стихией: они древние хтонические чудовища, порождение земной стихии, воплощения гор и скал.

Встречается в рунической поэме отсылка к имени еще одного великана. Это великан Фарбаути, отец

Локи. Он упоминается в последней строфе рунической поэмы:

ýr er bendr bogi
ok brotgarnt járn
ok fífu fárbaúti.
Arcus ynglingr

Fífu fárbaúti можно перевести на русский язык как «былинка Фарбаути». Само имя этого великана является интертекстуальным маркером и отсылает к циклу эддических песен, связанных с богом Локи, в частности, к известным песням «Перебранка Локи» и «Прорицанию вёльвы», где говорится о роли Локи в гибели богов и мира, в Рагнареке.

В поэме есть также и солярные божества. Они упоминаются в строфе, посвященной руне sól:

sól er skýja skjöldr
ok skínandi röðull
ok ísa aldrtrégi.
Rota Siklin<gr>

В данной строфе приводятся различные метафорические кеннинги, обозначающие солнце: это skýja skjöldr («щит туч»), skínandi röðull («сияющая слава», обычный кеннинг для обозначения солнца) и ísa aldrtrégi («вековая скорбь льда»). Можно сопоставить приводимый в поэме образ солнца с образом божества Деллинга из «Речей Вафтруднира», отвечающего за день: «Деллингом звали день породившего...». В «Речах Вафтруднира» же встречается зооморфный образ коня Скинфакси, который приносит людям и богам дневной свет. С другой стороны, образ Солнца в поэме можно сопоставить с образами солярных божеств Синтгунт и Сунны из древневерхненемецкого Второго Мерзебургского Заговора. Там эти божества, наряду с другими богами, участвуют в сотворении заговора для излечения раненого коня Бальдра. На основании этого можно сделать вывод о том, что без участия солярных божеств невозможно никакое волшебство в древнегерманской мифопоэтической Вселенной. Упоминание образа Солнца в рунической поэме только подчеркивает эту мысль.

Встречаются в рунической поэме и различные зооморфные образы-символы. В поэме упоминаются и образы коня (в пятой строфе), и образы рыбы (в строфах 1 и 15), и образы волка и змеи (соответственно, в строфах 12 и 7). Особенно интересны в данном случае упоминания образов рыбы и змеи. Приведем вначале строфы, где упоминается образ рыбы (одна из этих строф уже упоминалась ранее):

fé er frænda róg
ok flæðar viti
ok grafseiðs gata.
Aurum fy<l>ker

lögr er vellanda vatn
ok víðr ketill
ok glömmunga grund.
Lacus Lofð<ungr>

В первой строфе образ рыбы содержится в кеннинге grafseiðs gata, который буквально переводится «путь могильной рыбы». Этот кеннинг, в свою очередь, значит «путь змеи, дракона». Известно, что у

древних индоевропейцев рыба выступала как символ мудрости и сверхъестественной силы [13, с. 285]. Это особо важно и интересно при рассмотрении данного кеннинга в рунической мифопоэтической традиции (руны также наделены сверхъестественной силой). С другой стороны, как пишет М. М. Маковский, рыба являлась символом производящей энергии, фаллическим символом [13, с. 285], что также является крайне важным для поддержания жизни и порядка в древнегерманской мифопоэтической Вселенной.

Во второй строфе образ рыбы встречается в концептуальной метафоре glömmunga grund, которому можно сопоставить русский эквивалент «земля рыбы», «почва рыбы». Как пишет М. М. Маковский, «в индоевропейской мифопоэтической традиции рыба считалась существом «нижнего» или «подземного мира». В связи с этим слова со значением «рыба» нередко имеют также и значение «земля»» [13, с. 287]. Подтверждением данному высказыванию служит вышеприведенный метафорический кеннинг, который служит развернутым микротекстом для имени руны lögr. Таким образом, можно сделать вывод о том, что данная руна описывает в какой-то мере мифопоэтический ландшафт древнегерманского Космоса, и что у каждой руны имеется такой (описательный) аспект при развертывании ее имени в микротекст.

Образ змеи упоминается в следующей строфе Древнеисландской Рунической Поэмы:

hagall er kaldakorn
ok krapadrífa
ok snáka sótt.
G<ran>do Hildingr

Кеннинг snáka sótt ассоциируется с именем руны hagall (буквально – «град») и имеет русским эквивалентом словосочетание «змеиная болезнь». С другой стороны, змея имеет эсхатологическое значение и может символизировать судьбу [13, с. 175]. Кроме того, змея являлась символом Вселенной (ср., например, Ермунганд – Мировой Змей древнегерманской мифологии) [13, с. 175]. Это особенно важно для понимания рунической поэмы, поскольку, как уже говорилось выше, выписанный полностью рунический алфавит символизировал собой законченный Космос. В то же время, наряду со змеей, символами Вселенной являются вода и дерево [13, с. 285]. Рыба также нередко отождествляется с деревом как символом Вселенной [13, с. 286], в частности с ясенем Иггдрасилем, Мировым Древом древнегерманского Космоса. Таким образом, получаем здесь целый блок близкородственных и взаимосвязанных символов (земля – вода – дерево – рыба – змея), которые описывают мифопоэтический ландшафт древнегерманской Вселенной.

Проанализировав лингвокультурологические особенности Древнеисландской Рунической Поэмы, можно прийти к следующим выводам. Каждая руна представляет собой особый тип образа-символа. Этот образ-символ можно развернуть в полноценный микротекст, который связан сложными интертекстуальными отношениями с корпусом древнегерманских эддических мифологических и сакральных текстов. У рунического символа многослойная семантика, в ко-

торой концептуальные значения и смыслы синкретично связаны между собой. Рунический алфавит образует своеобразный культурный код, который полностью описывает древнегерманский мифопоэтический мир. Изучение рунической письменности и рунических поэм важно еще и потому, что позволяет

понять мировоззрение древних германцев, их мировидение и миропонимание. Оно также позволяет глубже проникнуть в древнегерманскую духовную культуру, понять, чем и как жили люди этой далекой эпохи.

Литература

1. Аверинцев С. С. Символ // Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. С. 607 – 608.
2. Арутюнова Н. Д. Язык и мир человека. 2-е изд., испр. М.: Языки русской культуры, 1999. 895 с.
3. Барт Р. S/Z. 2-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 232 с.
4. Бувеч А. А. Теолингвистика. Витебск: Витебская епархия БПЦ, 2013. 56 с.
5. Гудков Д. Б., Ковшова М. Л. Телесный код русской культуры. М.: Гнозис, 2007. 238 с.
6. Караулов Ю. Н. Русский язык и языковая личность. Изд. 8-е. М.: ЛИБРОКОМ, 2014. 264 с.
7. Кассирер Э. Философия символических форм. Т. 1: Язык / пер. с нем. С. А. Ромашко. М.: Академический проект, 2011. 271 с.
8. Колесов В. В., Пименова М. В. Языковые основы русской ментальности. Изд. 3-е, доп. (Серия: Концептуальные исследования). Вып. 14. СПб.: СПбГУ, 2011. 136 с.
9. Красных В. В. Этнопсихоллингвистика и лингвокультурология. М.: Гнозис, 2002. 283 с.
10. Кристева Ю. Избранные труды: разрушение поэтики. М.: РОССПЕН, 2004. 652 с.
11. Лосев А.Ф. Диалектика мифа. М.: Мысль, 2001. 558 с.
12. Маковский М. М. Лингвистическая генетика: проблемы онтогенеза слова в индоевропейских языках. Изд. 2-е, испр. и доп.. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 208 с.
13. Маковский М. М. Сравнительный словарь мифологической символики в индоевропейских языках: образы мира и миры образов. М.: ВЛАДОС, 1996. 416 с.
14. Маковский М. М. Язык – миф – культура: символы жизни и жизнь символов. Изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2014. 320 с.
15. Маслова В. А. Лингвокультурология. М.: Академия, 2001. 208 с.
16. Пименова М. В. Концепт сердце: Образ. Понятие. Символ (Серия: Концептуальные исследования). Вып. 9. Кемерово: КемГУ, 2007. 500 с.
17. Телия В. Н. Русская фразеология. М.: Языки русской культуры, 1996. 288 с.

Информация об авторе:

Калинин Степан Сергеевич – соискатель кафедры русского и иностранных языков Военного института Железнодорожных войск и военных сообщений Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева (Санкт-Петербург, Россия), rage_of_gods@inbox.ru.

Stepan S. Kalinin – post-graduate student at the Foreign and Russian Languages Department, Military Institute of Railway Force and Military Transportation, Military Academy of Logistical Support named after A. V. Khrulev.

(Научный руководитель: Пименова Марина Владимировна – доктор филологических наук, профессор кафедры иностранных и русского языков Военного института железнодорожных войск и военных сообщений ВА МТО (Военная академия материально-технического обеспечения), чл.-корр. САН ВШ.

Academic advisor: Marina V. Pimenova – Doctor of Philology, Professor at the Foreign and Russian Languages Department, Military Institute of Railway Force and Military Transportation, Military Academy of Logistical Support).

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

МНЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В ИЗУЧЕНИИ КИТАЙСКОЙ ИЕРОГЛИФИКИ

П. А. Катышев, Е. А. Мартемьянов

USING MNEMONICS TO LEARN CHINESE CHARACTERS

P. A. Katyshev, E. A. Martemyanov

Статья посвящена выявлению эффективного метода запоминания китайских иероглифов. Объектом исследования являются различные приемы и техники, используемые при изучении китайской иероглифики. Так как в последнее время все больше людей видят практическую значимость изучения китайского языка, но процесс его изучения сильно осложняется проблемой запоминания иероглифов, то была поставлена задача установить эффективный алгоритм запоминания иероглифов с использованием приемов мнемоники. Предложенный метод основывается на знании графем китайской иероглифики: при запоминании иероглифа предлагается разбивать его на составные части, придумывать ассоциации к каждой части, а затем связывать полученные ассоциации и значение слова в образ. Эффективность методики была проверена экспериментально. Установлено, что у испытуемых, которые применяли мнемотехнические приемы, эффективность закрепления в долговременной памяти иероглифов выше, чем у испытуемых контрольной группы.

The paper is devoted to finding an effective method of memorizing Chinese characters. The objects of the study are different methods and techniques that are used in the study of Chinese characters. At present more and more people see the practical significance of studying the Chinese language, but the process of studying is highly complicated by the problem of memorizing characters. So it has been tasked to find an efficient algorithm for memorizing characters using mnemonic techniques. The proposed method is based on the knowledge of Chinese characters graphemes: it is offered to split a character into its constituent parts, imagine an association to each part, and then bind the association and the meaning of the word in the whole image. The efficacy of the technique has been tested experimentally. It was found that the respondents who used the mnemonic method, have higher efficiency of memorizing characters in the long-term memory, then of the respondents of the control group.

Ключевые слова: китайский язык, мнемотехники.

Keywords: Chinese, mnemonics.

Проблемы, связанные с взаимодействием языка и памяти и с функционированием в нашей памяти иностранных слов, всегда очень актуальны. А научные исследования в данной сфере в свою очередь сделали возможным использование законов функционирования памяти в практической деятельности [1, с. 222 – 234]. И изучение китайского языка в этом смысле не исключение [4].

В настоящее время в связи с укреплением связей с Востоком все больше людей видят практическую значимость изучения китайского языка. Однако китайский язык, ввиду особенностей своей грамматики, сильно отличается от языков, которые в своей письменности основываются на алфавите. Более того, китайский язык даже занесен в Книгу рекордов Гиннеса как один из самых сложных языков в мире. Основной сложностью в изучении этого языка являются иероглифы, которые становятся непреодолимым препятствием, включающим в себя запоминание тысяч похожих друг на друга картинок-символов, каждый из которых имеет свое написание, значение и звучание.

Большинство изучающих китайский язык при запоминании иероглифов используют только известные им техники механического запоминания, иначе говоря, «зубрежку», которая плохо подходит для изучения китайской иероглифики.

Также на сегодняшний день можно найти множество других техник запоминания иностранных слов, таких как методы карточек, таблиц, стикеров, списков, родственных связей, фонетических ассоциаций, нарративный метод и многие другие [6]. Их использо-

вание в разной степени эффективно, ввиду специфики и сложности китайской иероглифики.

Считается, что наилучшим способом изучения языка является погружение в языковую среду. Однако носители китайского языка не могут ответить на вопрос о том, как учить иероглифы, людям, для которых китайский язык является иностранным, просто потому, что никогда сами не сталкивались с такой проблемой, так как еще детьми они привыкают к устному языку и учатся ассоциировать звучание слов с их значением. Когда же приходит время изучать письменный язык, носители языка уже имеют необходимую базу слов, звучание и значение которых им знакомы, следовательно, им остается только соотнести написание слова с известным им звучанием и значением [7].

Изучение китайского языка еще с раннего детства позволяет легче запоминать иероглифы, используя встроенные механизмы запоминания, так как у детей сильнее развито воображение. Однако так как в детстве еще не развиты механизмы логической категоризации и организации информации, то единственным выходом остается обычное механическое заучивание. Именно этот опыт и переносится на обучение китайскому языку как иностранному. А так как большинство изучающих китайский язык делают это уже в сознательном зрелом возрасте, то такая техника может быть совершенно неэффективной. Следовательно, необходим метод, который подходил бы иностранцам для изучения китайского языка, и таким методом может стать использование приемов мнемоники.

Мнемоника – это совокупность специальных техник, которые облегчают запоминание необходимой информации путем образования ассоциативных связей. Запоминание происходит с помощью замены абстрактных понятий, слишком сложных для хранения в памяти, на образы, подкрепляемые органами чувств, а главное – с помощью создания связей между этими образами. Наш мозг устроен так, что при запоминании в памяти отпечатываются преимущественно не сами образы, а связи между ними. Поэтому при запоминании акцент всегда нужно делать именно на связях [3].

Мнемоника применяется для запоминания не свойственной и не логичной для нашего сознания информации. Например, последовательность цифр в номере телефона, различные списки, математические формулы, иностранные слова. А так как в сознании обычного русского человека китайский иероглиф – это нечто среднее между рисунком, математической формулой и иностранным словом, то можно предположить, что использование мнемотехник будет эффективно при запоминании иероглифов.

При запоминании с помощью мнемотехник различают 4 этапа.

1. *Кодирование* – преобразование знаков в образы. Чтобы информация запомнилась в зрительной анализаторной системе, запоминаемые сведения должны быть преобразованы в простые зрительные представления. Перевод знаков в образы лучше осуществлять ограниченным набором приемов кодирования, которые впоследствии можно будет выбрать индивидуально среди наиболее эффективных приемов.

2. *Запоминание* – соединение образов. После преобразования информации в зрительные образы их необходимо соединить в искусственную ассоциацию. При этом происходит фиксация в мозгу взаимосвязей между образами ассоциаций.

3. *Запоминание последовательности* – формирование «информационного блока», то есть последовательности непосредственно связанных между собой образов.

4. *Закрепление связей* – многократное мысленное повторение, при котором используется метод интервального повторения [2. с. 11].

Существуют определенные правила, с помощью которых запоминание придуманных образов будет наиболее эффективным:

1. *Правило необычности* – связь между элементами должна быть нестандартной.

2. *Правило непривычности размера* – воображаемые элементы должны быть неестественных размеров.

3. *Правило динамичности* – воображаемые элементы должны двигаться, совершать какие-либо действия; лучше, если элемент выступает как действующее лицо; при этом постарайтесь избегать в своих сюжетах бесцветного глагола «быть», используйте более яркие глаголы, обозначающие конкретные действия.

4. *Правило привлекательности* – представляемые элементы должны быть приятны, рождать позитивные ощущения.

5. *Правило визуализации* – воображаемые элементы и связь между ними нужно представить в виде зрительной картинки, нужно оживить сюжет как кадр фильма или мультфильма [3, с. 13; 5, с. 44 – 50].

Начиная изучать китайскую иероглифику, необходимо помнить, что все иероглифы состоят из составных частей, которые называются графемами. Графемы (ключи, радикалы) – это базовые знаковые единицы китайской иероглифики. Примечательны и важны они тем, что являются составными частями более сложных иероглифов, а главное, что их набор ограничен. Наиболее распространенным является набор из 214 ключей. Несмотря на то, что ключи почти не употребляются самостоятельно, у них все же есть свое примерное значение (力 – сила, 人 – человек). Знание ключей также позволяет определить примерную сферу значения самого иероглифа. Например, иероглиф с ключом (火 – ‘огонь’) никогда не будет означать понятий, связанных с холодом, льдом, зимой. Очевидно, что знание ключей помогает как при запоминании, так и при узнавании иероглифов.

Многие китайские иероглифы имеют свою, встроенную мнемонику и логику построения. Для примера возьмем иероглиф 女 (женщина), который входит в состав многих других иероглифов. Он принимает различные значения при добавлении других радикалов, но все же имеет свою внутреннюю логику. Например, если «женщина» находится под «крышей» (安), то этот новый иероглиф приобретает значение «спокойный». Если вместе стоят ключи «женщина» и «ребенок» (好), то иероглиф приобретает значение «любить, нравиться». Такая внутренняя мнемоника китайского языка облегчает процесс запоминания и позволяет экономить силы на создание искусственных мнемонических ассоциаций.

Применение мнемотехник возможно уже на этапе запоминания графем, например, 土 ‘земля, почва’ похож на росток из земли или на могильный крест. Значение осталось похожим, но ассоциация стала ярче. Графема 尸 ‘труп’ похожа на топор, на русскую букву «Р», первую букву из фамилии «Раскольников». Ассоциативный ряд «Раскольников – топор – труп», согласно мнемоническим представлениям, легче запоминается человеком.

Каждый такой ключ должен иметь ассоциацию с конкретным образом. В таком случае при запоминании сложного иероглифа образы входящих в него графем, а также значение самого слова соединяются в уникальную ассоциацию, позволяющую восстановить в памяти не только значение, но и порядок написания иероглифа.

В качестве самого простого примера можно привести запоминание слова 卫星 wèixīng ‘спутник’.

1. Для начала нужно разделить иероглиф на составные части (ключи или известные простые иероглифы): 卫, 日, 生.

2. Придумать ассоциации к этим частям, например 卫 – стражник с щитом, 日 – солнце, 生 – королева.

3. После этого нужно последовательно связать слова списка в небольшую историю. Спутник – это стражник со щитом, защищающий королеву-солнце. Эта фраза позволяет восстановить в памяти написание иероглифа.

Чтобы проверить на практике эффективность данной техники, был проведен психолингвистический эксперимент. Основная гипотеза эксперимента состояла в том, что даже при кратком знакомстве студентов с приемами мнемотехники возможно количественное и качественное улучшение запоминания ими китайских иероглифов.

Эксперимент состоял из двух серий. В первой серии проверялось запоминание и воспроизведение списка китайских слов в кратковременной памяти, во второй серии – повторное воспроизведение списка в долговременной памяти. Исследование проводилось в двух группах: экспериментальной и контрольной. Экспериментальной группе предлагалось использовать метод мнемонических ассоциаций при запоминании иероглифов, контрольной группе не давалось указаний к методу запоминания. Для членов как экспериментальной, так и контрольной групп родным языком был русский, а опыт изучения китайского языка составлял не ниже полутора лет.

Для запоминания предлагался список из 9 слов названий планет: 水星 *shuǐxīng* ‘Меркурий’, 金星 *jīnxīng* ‘Венера’, 地球 *dìqiú* ‘Земля’, 月球 *yuèqiú* ‘Луна, спутник Земли’, 火星 *huǒxīng* ‘Марс’, 木星 *mùxīng* ‘Юпитер’, 土星 *tǔxīng* ‘Сатурн’, 天王 *tiānwángxīng* ‘Уран’, 海王星 *hǎiwángxīng* ‘Нептун’.

По каждому опыту подсчитывалось количество правильно воспроизведенных иероглифов вместе с переводом. Результаты эксперимента показали, что использование мнемотехник не сильно повлияло на качество запоминания информации.

Для удобства представления результатов эксперимента вычислялся коэффициент запоминания по формуле: $X = k/n \cdot 100\%$, где X – коэффициент запоминания, k – количество правильно воспроизведенных иероглифов, n – объем материала (в данном случае $n = 20$). А после этого была составлена сводная таблица количественных данных обоих опытов по группам испытуемых, и были вычислены средние показатели.

Судя по статистике, эффективность закрепления в кратковременной памяти иероглифов у испытуемых контрольной группы несколько выше, чем у экспериментальной (72 % против 76 %), возможно, из-за новизны и сложности самой техники для испытуемых (Рис. 1).

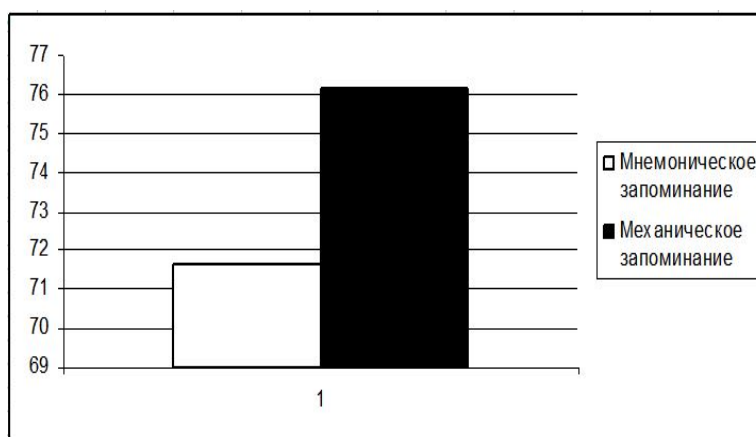


Рис. 1. Воспроизведение материала испытуемыми сразу после запоминания.

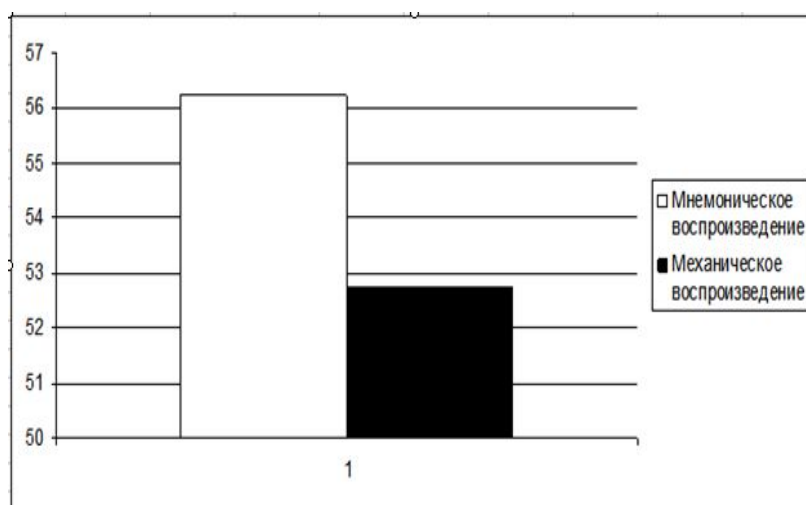


Рис. 2. Воспроизведение материала испытуемыми через неделю после запоминания.

Однако эффективность закрепления в долговременной памяти иероглифов у испытуемых экспериментальной группы выше, чем у испытуемых контрольной группы (53 % против 56 %). Это означает, что в целом данная техника более эффективна (Рис. 2).

Теоретическое обоснование этого вывода заключается в том, что иероглиф, как слишком сложное и совершенно чуждое нашему (русскоязычному) сознанию явление, не может восприниматься мозгом как полноценная языковая единица, а воспринимается лишь как схематичное изображение. Вследствие этого для изучения иероглифов не могут подойти «классические» техники, такие как механическая техника запоминания. Это происходит из-за того, что наша память с большой неохотой запоминает абстрактную информацию, такую как числа, формулы и иероглифы

– т. е. символы, вызывающие минимальные чувственные ассоциации.

Мнемоника позволяет решить эту проблему, так как использование мнемотехник связано с заменой абстрактных понятий, слишком сложных для восприятия нашей памяти, на образы, подкрепляемые органами чувств, и созданием связей между ними.

Эффективность мнемонических приемов при изучении китайских иероглифов зависит от практики, их использование на начальном этапе очень трудоемко и времязатратно и не может решить проблему полного запоминания иероглифов. Однако использование мнемотехник может разнообразить процесс обучения, а при постоянной практике использование образно-мнемонических приемов в нашем мозгу происходит автоматически, что может сделать процесс запоминания хранения иероглифов более надежным.

Литература

1. Араева Л. А., Катышев П. А., Малахова Н. Е., Князькова Т. В., Оленев С. В., Паули Ю. С., Стрыгина О. В. Риторика: учебное пособие для студентов гуманитарных факультетов / под ред. П. А. Катышева. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. 338 с.
2. Зиганов М. А. Мнемотехника. Запоминание на основе визуального мышления. М.: Школа рационального чтения, 2000. 11с.
3. Козаренко А. В. Учебник мнемоники. Система запоминания Джордано. М., 2007. 19 с.
4. Маринич Н. Ю. Использование образно-мнемонических приемов в процессе изучения китайской иероглифики // Коммуникативные аспекты языка и культуры: сб. мат. XIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Ч. II. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. С. 338 – 343. Режим доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C77/V2/C77_V2.pdf (дата обращения: 23.07.2015).
5. Никитина Т. Самоучитель по развитию памяти (техника скоростного запоминания). М.: Международное агентство "A.D.&T.", 1999. 293 с.
6. Обзор методов изучения китайского языка и запоминания иероглифов // Магазета. 24.01.2013. Режим доступа: <http://magazeta.com/2013/01/methods-review/> (дата обращения: 01.04.2015).
7. Heisig J. W. Remembering Simplified Hanzi Book 1, How Not to Forget the Meaning and Writing of Chinese Characters. Honolulu, 2009. 17 p.

Информация об авторах:

Катышев Павел Алексеевич – доктор филологических наук, профессор кафедры стилистики и риторики КемГУ, katpa@rambler.ru.

Pavel A. Katyshev – Doctor of Philology, Professor at the Department of Stylistics and Rhetoric, Kemerovo State University.

Мартемьянов Евгений Александрович – бакалавр направления фундаментальная и прикладная лингвистика факультета филологии и журналистики КемГУ, eugenemartemyanov@gmail.com.

Evgeniy A. Martemyanov – Bachelor of Fundamental and Applied Linguistics, Faculty of Philology and Journalism, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

МЕЖЪЯЗЫКОВЫЕ КАЛАМБУРЫ В АНИМЕ-СЕРИАЛАХ «ONE PIECE» И «GINTAMA» КАК СЛЕДСТВИЕ ПРОЦЕССА ГЛОБАЛИЗАЦИИ

С. С. Медведев, А. Г. Фомин

BILINGUAL PUNS ON THE MATERIAL OF ANIME TV SERIES “ONE PIECE” AND “GINTAMA” AS A RESULT OF THE GLOBALIZATION PROCESS

S. S. Medvedev, A. G. Fomin

В данной статье рассматриваются межкультурные каламбуры в японских аниме-сериалах «One Piece» и «Gintama». Распространение аниме за пределами Японии является одним из компонентов глобального процесса межкультурной коммуникации. Актуальность исследования обусловлена тем, что вследствие процесса глобализации происходит взаимопроникновение культур, что также находит свое отражение в текстах аниме-сериалов в виде более частого употребления межкультурных каламбуров, использующих лексемы собственного (японского) языка и заимствованные лексемы других языков. При рассмотрении прагматического аспекта использования данных межкультурных каламбуров были сделаны следующие выводы: в подавляющем большинстве случаев (67 %) интенцией является оказание комического воздействия на реципиента, но в то же время выявлено семантическое расширение, коррелирующее с вербальным и невербальным контекстом употребления данных каламбуров, что в последнем случае нередко находит свое отражение в качестве креолизованного текста (67 % случаев). С точки зрения классификации, используемой в данном исследовании, 100 % проанализированных межкультурных каламбуров можно отнести к смешанному типу лексико-фонетических. Практическая ценность исследования обуславливается возрастающим числом аниме и вариантов их перевода для российского зрителя. Данные, полученные в рамках проведенного исследования, могут быть полезны в переводческой практике и при изучении специальных переводческих дисциплин.

The paper focuses on bilingual puns on the material of Japanese anime series «One Piece» and «Gintama». The spread of anime outside Japan is one of the components of the global process of intercultural communication. The relevance of the study is due to the fact that the globalization process causes interpenetration of cultures, which is also reflected in the texts of anime series in the form of more frequently occurring bilingual puns that contain tokens from their native (Japanese) language and words borrowed from other languages. When considering the pragmatic aspects of the bilingual puns given, the following findings were made: in most cases (67 %) the intention is that of producing a comic effect on the recipient. At the same time, we should also take into consideration semantic extension that is achieved by correlation with both verbal and non-verbal context, with the latter achieved by the usage of creolized text (in 67 % of the cases). In terms of structure, 100 % of the analyzed bilingual puns can be attributed to the lexical-phonetic type. The practical value of the undertaken study, the results of which are presented in the paper, are due to the growing number of anime and variants of its translation for the Russian audience. The data obtained in the study may be used in the practice of translation and in the teaching special translation subjects.

Ключевые слова: межкультурная коммуникация, стилистика, каламбур, креолизованный текст.

Keywords: cross-cultural communication, pun, stylistics, semantics, creolized text.

XXI век – это век глобального информационного общества, для которого характерны множественность каналов, средств коммуникации, а также контактирующих языков и культур, взаимодействие которых находит свое отражение в различных сферах жизни. В эпоху глобализации, в языковую картину мира носителей конкретной лингвокультуры включаются и усваиваются различные элементы других культур.

Японская культура в настоящее время оказывает значительное влияние на культуры других стран. Со второй половины 1980-х гг. японская массовая культура стала распространяться по всему миру, начиная с Восточной Азии и заканчивая США и рядом европейских стран [4]. Примечательно, что массовая культура уже не отождествляется с низкопробными формами развлечений или досугом рабочего класса, как было принято считать ранее. Напротив, она является прямым отражением усредненных представлений носителей культуры об окружающем их мире. Так, согласно Джону Триту, массовая культура служит «условным обозначением для несчётного числа способов,

делающих современных людей “современными” или даже просто “людьми”» [8]. Применительно к японской массовой культуре, к наиболее общеизвестным и распространённым ее репрезентантам можно отнести аниме и манга. Несмотря на то, что само слово «アニメ» («аниме») непосредственно в Японии употребляется в отношении любого анимационного фильма или мультфильма безотносительно его происхождения или стиля [3], в остальных странах данное слово используется для обозначения анимации исключительно японского происхождения.

В начале 1990-х гг., когда Россия стала полноценным участником процесса межкультурной коммуникации, в стране появился довольно высокий интерес и к японской культуре, в частности, к манга и аниме, популярность которого в России продолжает расти, стимулируя появление новых молодёжных субкультур, черпающих своё вдохновение из Японии; аниме-сериалы официально переводятся на русский язык профессиональными переводчиками и транслируются на российском телевидении.

В процессе перевода аниме-сериалов часто возникают трудности с передачей такого стилистического приема как «межъязыковой каламбур». Под данным термином в исследовании понимается комплексное образование, в основе которого лежит смешение кодов двух и более языков. Создание и перцепция данного вида каламбуров предполагает владение как минимум двумя языками на довольно высоком уровне [5].

Говоря о классификации каламбуров с точки зрения основы их построения, исследователи выделяют следующие типы:

- фонетические;
- лексические;
- фразеологические [1].

Тем не менее неправомерно утверждать, что существуют каламбуры, базирующиеся исключительно на фонетической основе, поскольку не представляется возможным отделение фонетики от графики или семантики. Кроме того, нельзя предположить и наличие исключительно лексической основы по той причине, что каламбур возникает именно в результате несоответствия звучания и значения. Другими словами, любой каламбур может быть одновременно отнесен к двум или более типам, вследствие чего не представляется возможным утверждать о существовании «чистых» фонетических или лексических каламбуров. Проведенный анализ показал, что данная классификация также применима и к межъязыковым каламбурам.

Данное исследование посвящено межъязыковым каламбурам из японских аниме-сериалов «One Piece» (в российском прокате получивший название «One Piece. Большой куш») и «Gintama», выбор которых обусловлен их современностью, продолжительностью их присутствия на японском телевидении (17 и 9 лет соответственно), широким охватом аудитории, а также наличием их официального перевода, в первом случае – на русский и английский, во втором – на английский язык. Был проведен анализ 4 межъязыковых каламбуров из аниме-сериала «One Piece» и 5 из аниме-сериала «Gintama». Пристальное внимание было уделено определению дополнительных лексем, в полном или усеченном виде входящих в состав анализируемых каламбуров; анализу изменения семантики; рассмотрению прагматического аспекта использования межъязыковых каламбуров; выделению структурных характеристик и соответствию критериям вышеупомянутой классификации каламбуров.

В качестве примера межъязыкового каламбура можно привести следующее имя одного из главных персонажей аниме «One Piece»: пират Усопп (яп. *ウソップ*, *Usopp*, англ. *Usopp*). Данный персонаж отличается от остальных своей необычной способностью к выдумыванию различных неправдоподобных историй; в сериале он заработал репутацию лжеца и обманщика, несмотря на то, что входит в список положительных героев. Первые два слога «*ウソ*» (*uso*, англ. *uso*) в имени данного персонажа созвучны со словом «*лж*» (*uso*, англ. *uso*) [2], что переводится с японского как «ложь, обман». Кроме того, *Usopp* также созвучно с японским вариантом произношения имени полубогатого греческого баснописца Эзопа –

*Ис*опф (*Isopu*), славу которому принесли его многочисленные басни, такие как «Черепаша и заяц», «Мышь из города и Мышь из деревни» и др. Итак, в имени данного персонажа сокрыта игра слов японского и греческого происхождения, а семантика данного имени находит свое отражение непосредственно в поступках персонажа, что является примером креолизации. Следует отметить, что использование греческих элементов в контексте японского произведения является наглядным примером взаимопроникновения культур. При рассмотрении прагматического аспекта использования данного каламбура, можно заключить, что здесь он служит скорее не для создания комического эффекта, а для расширения семантики слова, что достигается не с помощью использования дополнительных лексем, а включения дополнительной семы в состав одной и той же лексемы. Структурно данный каламбур можно отнести к типу лексико-фонетических, так как в его основе находится созвучие двух различных лексем.

Еще одним примером межъязыкового каламбура является титул персонажа по имени Масира – «*サルベージ王*» (Сарубэ: дзи О:), что в официальном английском переводе было передано как «*The Salvage King*». Иероглиф «*王*» переводится на русский язык как «король», а «*サルベージ*» является передачей английского глагола «*to salvage*» (спасать, отыскивать) на японский язык; таким образом титул главного героя можно перевести на русский как «Король Поисков», что напрямую коррелирует с его родом занятий. В то же время в слове «*サルベージ*» первые два символа «*サル*» (*Saru*) образуют омоним слова «*猿*» (*saru*, англ. *saru*), что переводится как «обезьяна». Следовательно, в титуле данного героя появляется дополнительная сема, которая также подкрепляется визуальным отображением данного персонажа, обладающего обезьяноподобной внешностью (рис. 1).



Рис. 1. Масира

Другими словами, в данном случае также происходит креолизация данного каламбура. Прагматический аспект анализируемого каламбура характеризуется интенцией адресанта сообщения на создание комического эффекта у реципиента. Следует отметить, что дополнительная сема «обезьяна» не выполняет какой-либо смысловой функции в контексте сериала, но она находит свое отражение в качестве вышеупомянутой креолизации. Данный каламбур также, как и проанализированный ранее, можно отнести к типу лексико-фонетических, поскольку в его основе находится созвучие двух различных лексем.

При рассмотрении топонимов из данного аниме-сериала мы можем обнаружить скрытую полисемию, раскрываемую путем сопоставления контекста функционирования данного каламбура и одновременной перцепции употребляемой лексемы на двух языках. В 408-м эпизоде сериала герои попадают на остров, который в оригинале несет название «アマゾン・リリー»

(Амазон Рипри: англ. Amazon Riri:). «リリー» является вариантом записи английского слова «Lily» (лилия), цветка, чье исконно японское название звучит как «ゆり» (юри, англ. yuri). Примечательно, что точно такое же название и в честь такого же цветка получил свое название жанр манга и аниме, посвященный изображению гомосексуальных отношений между девушками. Таким образом, благодаря использованию слова иностранного происхождения, двойная семантика слова «ゆり» реализуется в контексте сериала, поскольку население вышеупомянутого острова составляют исключительно девушки, враждебно настроенные по отношению к персонажам мужского пола и проявляющие неприкрытый интерес романтического характера по отношению к персонажам женского пола. Мы снова наблюдаем расширение семантики, в данном случае, топонима, поскольку заключенный в лексему дополнительный смысл напрямую коррелирует с контекстом.

Далее следует рассмотреть название боевого приема другого главного героя, Ророноа Зоро (口口ノア・ゾロ, Ророноа Дзоро, англ. Roronoa Zoro) – 二剛力羅 (Нигорира, Nigorira), что можно перевести как «Две великие силы». В данном названии обыгрывается японский вариант произношения английского слова «Gorilla» (горилла), который в японском языке выглядит как «ゴリラ» (gorira, англ. gorilla). Как мы видим, данный прием, подразумевающий одновременное фехтование двумя мечами, несет двойное название: «Две великие силы» и «Две гориллы». В официальном английском переводе данного аниме-сериала этот прием получил название «TwoGorilla», где обыгрывается омонимия английского предлога «to», в препозиции обозначающего глагол, а также числительного «two» (два), вследствие чего «Gorilla» меняет свою частеречную принадлежность и становится глаголом, что является одним из примеров стилистического приема транспозиции. Тем не менее очевидно, что в данном варианте перевода допущены

определенные потери в семантике, поскольку опускаются семы «великий» и «сила». Рассмотрение прагматического аспекта употребления этого межъязыкового каламбура позволило заключить, что интенцией адресанта в данном случае является создание комического эффекта, поскольку дополнительная семантика не находит свое отображение в контексте сериала. Проанализированный каламбур также можно отнести к типу лексико-фонетических, поскольку в его основе находится созвучие двух различных лексем.

Примечательно, что большая часть межъязыковых каламбуров связана с личными именами персонажей и топонимами. В основе практически всех (75 %) проанализированных межъязыковых каламбуров из аниме «One Piece» лежит омонимичный элемент, обладающий семантикой, либо соответствующей контексту событий сериала, либо находящей свое отражение посредством креолизации.

Далее рассмотрим межъязыковые каламбуры в комедийном аниме-сериале «Gintama», выбор которого обусловлен его долгой историей (данный сериал выходит уже в течение 9 лет), а также той репутацией, которую он завоевал у зрителя. Этот аниме-сериал известен своей комплексной игрой слов, встречающейся практически в каждой серии, а также многочисленными аллюзиями на японские, американские и европейские реалии, что напрямую свидетельствует о большой роли процесса межкультурной коммуникации. Другими словами, одним из факторов, обуславливающих существование данного сериала, является процесс глобализации.

Примером межъязыкового каламбура, явно свидетельствующего о высокой степени взаимопроникновения культур, является следующая реплика одного из персонажей из аниме «Gintama»: «で浴衣デートから浴衣デッドに早変わりか?».

Официальный перевод на английский звучит следующим образом: «So, he's gone from wishing a yukata [традиционное японское женское кимоно] date to wishing the yukata dead?». Игра слов в данном случае строится на неполной омонимии слова «デート» (d̄:to, англ. de:to), «свидание» (слова, являющегося заимствованием из английского и прочно укрепившегося в японском вокабуляре) и «デッド» (d̄ddo, англ. deddo) – японским вариантом произношения английского слова «dead», «мертвый». Необходимо отметить, что в данном случае речь идет именно о межъязыковой игре слов, поскольку, несмотря на очевидное английское происхождение обоих лексем, только первая воспринимается рядовым носителем японского языкового сознания как полностью заимствованное слово, а «デッド» в данном случае должен быть расценен как варваризм. Вместе с тем, становится очевидным, что адресант, используя варваризм в тексте произведении поп-культуры, ожидает от реципиента знания как минимум двух, и это напрямую свидетельствует о высокой степени взаимовлиянии культур. Следует отметить, что данный каламбур относится к типу лексико-фонетических: в его основе созвучие двух различных лексем.

Нередко межъязыковой каламбур в аниме строится на фонетическом соответствии части синтагмы и отдельного слова. По всей видимости, это обусловлено силлабическим характером японского языка и радикальными отличиями фонетической системы японского от английского. В качестве примера рассмотрим следующий каламбур: «ウイルス...ミスだ» (*Uirusu... misu da*, англ. *Uirusu... misu da*). В момент фонации данной реплики, персонаж предстает изображенным наподобие американского актера Уилла Смита (Will Smith) (рис. 2). Здесь снова правомерно сказать о приеме креолизации, поскольку «ウイルスミス» является японским вариантом записи и произношения имени вышеупомянутого актера. В то же время «ウイルス» (*Uirusu*, англ. *Uirusu*) в японском обозначает «вирус», что соответствует контексту данного эпизода: в городе бушует инфекция, из-за которой меняется облик персонажей. Переводчик на английский язык предпринял, как нам кажется, весьма удачную попытку передать данный каламбур, вследствие чего на английском данная фраза прозвучала как «I'm Ill Smith». Слово «ill» («больной, заболевший») созвучно с именем актера «Will». Кроме того, необходимо отметить, что данный каламбур, как и ряд вышеприведенных, успешно осуществляет свою прагматическую установку на создание комического эффекта исключительно в контексте сериала, в котором он употребляется, в связи с чем можно сделать вывод, что в ряде случаев одной внешней формы лексем недостаточно для перцепции и интерпретации данного стилистического приема.



Рис. 2. Ill Smith

Обратимся к одному из наиболее сложных межъязыковых каламбуров из аниме-сериала «Gintama». Мацуи, один из многочисленных персонажей данного сериала, дает следующий комментарий происходящей на экране ссоре между двумя братьями: «兄弟げんか» (*Kē: dai genka*, англ. *Kyo: dai genka*), что дословно переводится как «ссора между братьями [и сестрами]», в то время как официальный английский перевод данной фразы звучит следующим образом: «A sudden deathmatch between blood(ied) relations». При обращении к японскому тексту манга, экранизацией

которой является вышеупомянутый аниме-сериал, обнаруживается, что данная фраза в первоисточнике была записана как «競DIEげんか». Такое нестандартное написание обусловлено попыткой автора создать весьма сложный межъязыковой каламбур. Во-первых, иероглиф «競» (*Kē*; англ. *Kyo*;) имеет лексическое значение «вражда, ссора, соревнование», в то время как составляя синтагматическое единство с английским словом «DIE» (умирать), образует омофон слова «兄弟» (братья и сестры, англ. *sibling/siblings*), поскольку «DIE» омонимичен иероглифу «弟» (*dai*, англ. *dai*). Иными словами, слова «競DIE» и «兄弟» для носителя японского языка являются полными омофонами. Переводчик данного фрагмента, во-первых, прибег к использованию приема лексико-семантической трансформации путем добавления лексемы, отсутствовавшей в ИЯ («Sudden»); во-вторых, переводчик включил дополнительную лексему «died» в состав «blood», аналогично тому, как английское слово «DIE» входит в состав оригинальной японской словоформы «競DIE». По всей видимости, данный вариант перевода, являясь, безусловно, неидеальным, все же справляется с задачей исполнения прагматической установки оригинального межъязыкового каламбура, поскольку в обоих случаях сохраняется функционирование семы «смерть, умирать» в тексте произведения.

Далее будет рассмотрен следующий межъязыковой каламбур: «攘夷がJOY» (англ. *Joui ga JOY*). 攘夷 – сокращенный вариант 攘夷志士 (англ. *Jouishishi*), названия экстремистской организации, в которой состоит ряд персонажей аниме-сериала «Gintama». «攘夷がJOY», что можно перевести как «Джой – это весело», является названием песни, которую один из членов данной организации исполнял, чтобы привлечь новых участников. В основе данного каламбура – практически полное омофоническое соответствие лексем «攘夷» (англ. *Joui*, само название организации) и «Joy» (радость, веселье). Необходимо отметить, что в данном случае мы сталкиваемся с распадом одной фонетической оболочки на две лексемы-омофона: «攘夷» и «Joy», эксплицитно выраженных в тексте сообщения. Несмотря на очевидную тавтологичность высказывания, эквивалентное соответствие слов позволяет донести до реципиента следующий смысл: «攘夷[Joui] – это весело, потому что 攘夷[Joui] – это и есть веселье [joy]». Данный межъязыковой каламбур был переведен на английский язык как «Joui is Joy», что в целом является эквивалентным вариантом перевода оригинального сообщения ИЯ на ПЯ.



Рис. 3. *Salad ba*

Функционирование еще одного межъязыкового каламбура обусловлено полной омонимией слов японского и английского происхождения, что также находит свое отражение в виде креолизованного текста: (англ. «They meant a salad-ba (ориг. яп. サラダバー), as in old lady eating salad?»). В данном случае игре слов способствует омофония японского слова английского происхождения «バー» (*баа*, англ. *ba:*), «бар» и «баа» (*баа*, англ. *ba:*), «старушка, бабушка». Таким образом, удваивается семантика лексемы «*サラダバー*», имеющей значение «салат-бар», и появляется дополнительный смысл «салатная бабушка/старушка». Следует отметить, что в тексте-первоисточнике отсутствует синтагма «as in old lady eating salad?» – здесь переводчик на английский язык явно прибег переводческому приему лексического добавления в целях передачи изначальной прагматики текста ПЯ на оказание комического эффекта на реципиента. В данном случае мы также наблюдаем пример креолизованного текста: на экране в момент произнесения персонажем вышеупо-

мянутой реплики изображена престарелая женщина, держащая в руках различные овощи (рис. 3). Структурно данный каламбур можно отнести к типу лексико-фонетических.

Таким образом, подводя итоги, можно заключить, что культуры, находясь в постоянном процессе взаимодействия, оказывают влияние друг на друга на самых различных уровнях, в том числе и языковом. Межъязыковой каламбур является одним из частных случаев данного процесса, и он широко представлен в самых различных сферах массовой культуры, в том числе и анимации. Анализ 9 языковых единиц на материале аниме-сериалов «One Piece» и «Gintama» позволил сделать следующие выводы: в состав межъязыковых каламбуров в контексте японской анимации в большинстве случаев (8 из 9) входят лексемы из английского языка; 9 из 9 (100 %) проанализированных каламбуров относятся к смешанному типу фонетических и лексических каламбуров; прагматика их использования характеризуется интенцией на создание комического эффекта у реципиента, а также на расширение семантики высказывания путем использования креолизованного текста в 6 случаях из 9 (67 %). Исследование межъязыковых каламбуров актуально не только с точки зрения вопросов межкультурной коммуникации, а также в рамках решения проблем, которые данные каламбуры представляют в связи со сложностями их адекватного перевода, востребованность в котором постоянно увеличивается в связи со все более широким распространением и влиянием аниме не только за рубежом, но и в России.

Литература

1. Влахов С. И., Флорин С. П. Непере译имое в переводе. М.: Международные отношения, 1980. 334 с.
2. Зарубин С. Ф., Рожецкий А. М. Большой русско-японский словарь. М.: Живой язык, 2010. 898 с.
3. Иванов Б. А. Введение в японскую анимацию. 2-е изд. М.: Фонд развития кинематографии; РОФ Эйзенштейновский центр исследований кинокультуры, 2001. 336 с.
4. Мошняга П. А. Билингвальное образование в Японии: межкультурная коммуникация vs мультикультурализм // Информационный гуманитарный портал «Знание. Понимание. Умение». 2010. № 4. С. 10.
5. Санников В. З. Каламбур как семантический феномен // Вопросы языкознания. 1995. № 3.
6. Kinsella Sh. Chapter 5: The Movement against Manga // Adult Manga. Culture and Power in Contemporary Japanese Society. Richmond: Curzon, 2002. P. 197.
7. Murdock G. Mass Communication and the Construction of Meaning // Reconstructing Social Psychology. Harmondsworth: Penguin, 1974. P. 213.
8. Treat J. W. Contemporary Japan and Popular Culture. Richmond: Curzon, 1996. P. 6.

Информация об авторах:

Медведев Сергей Сергеевич – магистрант факультета романо-германской филологии КемГУ, smedvedev08@mail.ru.

Sergey S. Medvedev – Master's Degree student at the Faculty of Romance and Germanic Philology, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **А. Г. Фомин**). (Academic advisor – **A. G. Fomin**).

Фомин Андрей Геннадьевич – доктор филологических наук, профессор кафедры переводоведения и лингвистики КемГУ, andfomin67@mail.ru.

Andrey G. Fomin – Doctor of Philology, Professor at the Department of Translation, Interpretation and Linguistics, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

МЕНТАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО СОТРУДНИКОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: ОБРАЗЫ ЧЕЛОВЕКА И МЕХАНИЗМА

А. Э. Мезит

THE MENTAL SPACES OF THE HYDROPOWER INDUSTRY EMPLOYEES: IMAGES OF THE HUMAN BEING AND THE MACHINE

A. E. Mezit

Статья посвящена изучению ментального пространства сотрудников производственной отрасли. Объектом исследования выступила специальная лексика подязыка гидроэнергетической отрасли, собранная в результате проведения структурированного интервьюирования и анкетирования сотрудников Красноярской, Богучанской и Волжской ГЭС в 2012 – 2014 гг., а также выборки письменных источников (материалы ГОСТов, словарей, профессиональной периодики, учебных и научных работ по гидроэнергетике), Интернета (профессиональные блоги). Цель данной статьи – построение метафорических моделей, которые являются основой для создания профессионального ментального пространства сотрудников гидроэнергетической отрасли. В качестве основного метода выступает моделирование: строятся модели представления ГЭС как человека и сотрудника, ГЭС как электрического заряда и/или прибора для его измерения. Делается вывод о том, что языковое мышление работников гидроэнергетической отрасли образно в своей основе. Отождествление человека и машины дает возможность лучше объяснить и понять сложную структуру гидроэлектростанции и ее частей. А механистическая метафора позволяет более полно раскрыть физический и интеллектуальный потенциал человека, т. е. проецировать на человека более широкие возможности машин.

The paper is concerned with studying of the mental space of the hydropower industry employees. The subject of inquiry is the special vocabulary of the sublanguage of hydropower branch collected as a result of carrying out the structured interviewing and questioning of employees from hydroelectric power stations of Krasnoyarsk, Boguchansk and Volzhsky in 2012 – 2014, and also selections of written sources (all-Union State Standard's materials, dictionaries, professional periodical publications, educational and scientific works on hydropower), the Internet (professional blogs). The purpose of the paper is creating the metaphorical models which are the base for creation of professional mental spaces of the hydropower industry employees. Modeling is the main method: models of representation of hydroelectric power stations as a person and the employee of a hydroelectric power station as an electric charge and/or device for its measurement. The conclusion is that the language thinking of the hydropower industry employees is figurative in its basis. The identification of the person and the machine gives the chance to explain and understand the complex structure of hydroelectric power station and its parts in a better way. So the mechanistic metaphor allows opening more widely the physical and intellectual potential of the person, i.e. projecting more ample opportunities of machines on the person.

Ключевые слова: подязык, дискурс, метафора, метафорическое моделирование, языковой образ.

Keywords: sub-language, discourse, metaphor, metaphorical modeling, language image.

На современном этапе развития лингвистики, характеризующейся антропоцентризмом, особое значение получают исследования, посвященные изучению ментального пространства людей, объединенных в разные социальные группы, в том числе – профессиональные. В таких работах рассматривается отражение в языке ментального опыта, приобретенного в процессе трудовой деятельности, и подчеркивается функция метафоры в построении концептуальной и вербальной систем человека, ее активное участие в категоризации языка, процессах мышления и восприятия [1 – 3; 6 – 7; 10 – 11]. Метафора общепризнанно определяется как универсальный механизм мышления и познания действительности, для изучения которого все активнее привлекается метафорическое моделирование. В ходе исследования мы опирались на определение метафорической модели, принятое в когнитивной теории метафоры. Согласно этому определению, метафорическая модель представляет собой понятийную область (область источника), элементы которой связаны различными семантическими отношениями («выполнять функцию», «способствовать»,

«каузировать», «быть примером» и др.); названием метафорической модели служит родовое понятие, объединяющее элементы ее таксонов [4]. В настоящее время подобные модели выявлены в технической, медицинской [8] терминологии, в подязыке металлургии [9] и др. Метафоризация играет важную роль в производственном дискурсе. Функции метафоры разнообразны: они помогают быстро «опознать» технический предмет, способствуют объективизации научного знания, являются средством концептуализации. Подязык гидроэнергетики представляет собой иерархию различных по сложности видов языковой деятельности, одним из которых выступает метафоризация.

Цель данной статьи – построение метафорических моделей, которые являются основой для создания профессионального ментального пространства сотрудников гидроэнергетической отрасли.

Объектом исследования выступила специальная лексика подязыка гидроэнергетической отрасли (термины, профессионализмы, профессиональные жаргонизмы). Источниками исследования послужили тек-

сты разных жанров (ГОСТы, словари, отраслевые журналы), данные, собранные методом сплошной выборки и социолингвистических опросов сотрудников ОАО «Красноярская ГЭС», ОАО «Богучанская ГЭС», ОАО «Волжская ГЭС». В основу исследования легла картотека, насчитывающая около 1000 специальных единиц, из них 280 зафиксировано в устной сфере профессиональной речи.

В языковом сознании работников производственной сферы важными являются представления о механизмах и людях. Сотрудники гидроэлектростанции хотят определить ГЭС как главный объект производства и себя, коллег как субъектов профессиональной среды. Обе темы в нашей картотеки представлены наименованиями, включающими в себя языковые образы. Под языковым образом, вслед за Е. А. Юриной, мы понимаем «особый тип содержательной структуры, позволяющий выразить определенное со-

держание в нетождественной этому содержанию об-разной форме посредством ассоциативного сближе-ния разнородных представлений и выражений одного концепта сквозь призму другого» [12, с. 34].

Анализ материала осуществляется при помощи обобщенной методики построения таксономического фрейма. Проведенный анализ метафорических моде-лей подязыка гидроэнергетики показал, что наиболее частотным и продуктивным источником метафориче-ского осмысления центральных устройств, механиз-мов ГЭС является сфера «человек». Заметим, что для подязыка гидроэнергетики характерно определение ГЭС не просто **как человека**, а конкретно как жен-щину, *кормилицу, мать*. Домен Человек, выделяемый на основе наиболее общей категоризации, определяет дальнейшее деление таксонов на базовые таксоны: Человек как биологическое существо, Семья и быт человека. Разберем каждую из этих групп (таблица).

Таблица

Метафорическая модель: ГЭС как человек

Уровень таксонов	Домен человек				
	человек				
Базовый таксон	Социальный субъект			Биологическое существо	
Таксон	артефакты		семейные от-ношения	части тела	физиология
Видовой таксон	одежда, обувь	предметы быта			
Единич-ные мета-форы	<i>башмаки</i> – «полюса ро-тора генера-тора»	<i>ванна, корыто</i> – «судовозная камера»	<i>неженатый генератор</i> – «холостой ход генератора»	<i>подпятник гене-ратор</i> – «упорный подшипник»	<i>спаривание</i> – «соеди-нение втулка ротора и фланца вала»

Человек как биологическое существо

1. Части и органы тела человека

Ключевым термином в данной модели является определение основной части плотины (без дополни-тельных устройств – понура, водобоя, экрана и др.), воспринимающей напор воды, как *тела плотины*. Имея туловище, ГЭС имеет и части тела: палец, зуб, кишки и т. д.

Чаще всего эта модель применяется для наи-менования механизмов, по форме или функциям на-поминающих органы человека, например: термин *подпятник генератора*, имеющий вариант в нижнем регистре специальной лексики – *пята*, обозначает «упорный подшипник, воспринимающий осевые на-грузки генератора». Другие примеры: *кишки* в значе-нии «сварочные кабели», *собирать кишки* – «соби-рать растянутые сварочные кабели», *палец* – «метал-лический клин крепления чего-либо», *зуб плотины* – «частичное заглубление водоупорного элемента в основание плотины в целях повышения ее устойчи-вости или увеличения фильтрационной прочности».

II. Проявление физиологии

В группу включены примеры, обозначающие раз-ные проявления жизнедеятельности человека как биологического существа: *поставить клизму* – «про-вести принудительную смазку подпятника генерато-

ра», *пердун* – клапан сброса воздуха на ВВБ-500, ко-торый издаёт характерный звук при срабатывании, *фекальная* – насосная откачка № 1 Красноярской ГЭС, *спаривание* – соединение втулки ротора и фла-зенца вала генератора.

Механизмы на гидроэлектростанции представ-ляются живыми, поэтому, если сгорает электрический *предохранитель*, о нем говорят, что он *умер*.

Базовый таксон «Семья и быт человека» тоже включает в себя несколько групп:

1. Семейные отношения

Для русской культуры является чрезвычайно важ-ным концепт семьи, человеку характерно проециро-вать представления о доме, семье на свою профессио-нальную сферу. На Красноярской ГЭС крупную ку-валду называют *тещей*, данной метафорой специали-сты в шутку подчеркивают ее силу и стойкость.

Любопытным фактом является то, что для обо-значения кувалды в подязыке гидроэнергетической отрасли часто используется приём замены нарица-тельного именем собственным (прономинии). В одном цехе Красноярской ГЭС 16-ти килограммовая кувалда называется *Машкой*, в это же время в другом цехе, без уточнения веса, кувалду называют *Настень-кой*. Обозначение инструмента женским именем тра-диционно для русского профессионального просторе-

чия. Например, в армейском жаргоне *Машкой* называют «Устройство (обтянутый шинелью и набитый кирпичами ящик с длинной ручкой) для натирки полов в казарме» («Сейчас берешь машку и вперед! Полы в казарме драить!»). Кувалду называют *Машкой* в жаргоне шахтеров, дальнобойщиков, а также в молодежном сленге [5http://www.slovoonline.ru/term/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%BA%D0%B0]. Такое распространение можно объяснить тем, что *Машка* вызывает ассоциации со звучанием глагола «махать», «тот, кто работает кувалдой, ею машет». Кувалду двигают в воздухе попеременно в разные стороны, то есть делают махи.

Терминологическое сочетание *холостой ход*, являясь образным, формирует ассоциации для порождения языковой игры с целью создания шутки. Слово-сочетание *Неженатый генератор* применяют к обозначению холостого хода, выражение построено на многозначности слова «холостой».

II. Артефакты

Метафора артефакта является достаточно продуктивной на протяжении всего развития русской лингвокультуры [5, с. 105]. Субсфера «Артефакты» как источник метафоры в языке гидроэнергетиков занимает центральное место по количеству зафиксированных примеров. Под артефактами подразумевают вещи, создаваемые человеком. Человек постоянно совершенствует мир, в котором существует, приспосабливает его к себе, делая этот мир более комфортным и наиболее полно отвечающим своим потребностям. Результатами такого процесса созидания являются артефакты. В основе рассматриваемой метафорической модели лежат следующие понятийные сферы:

1.1. Одежда и обувь

В эту группу входят таксоны, некоторых из которых можно группировать в виде своеобразных «гнезд» терминов. Слово *штаны* имеет несколько значений в подязыке гидроэнергетической отрасли. Во-первых, так называют соединение двух небольших проводов в один общий, который используется на ОРУ-500 (открытом распределительном устройстве) Красноярской ГЭС. Схожее значение – соединение двух опор линии электропередач в одну. Перенос в данном случае по форме. Во-вторых, словом *штаны* обозначают защитный лист обмотки статора. Перед нами – перенос по функции, так как в прямом значении *штаны*, как и любая другая одежда, в первую очередь выполняют функцию защиты – покрывают нижнюю часть тела. Статор гидрогенератора для изоляции тоже покрывают специальной обмоткой.

Приведем еще несколько примеров: *баишаки* – «полюса ротора генератора», напоминающие по форме обувь, *водосливной носок* – «выступ в конце водосливной поверхности, при сходе с которого струя воды свободно сбрасывается в нижний бьеф или сопрягается с ним с помощью гидравлического прыжка», *носок-трамплин* – «концевой участок водосброса, при сходе с которого струя свободно отбрасывается в нижний бьеф», *подошва плотины* – «поверхность примыкания плотины к основанию».

1.2. Предметы быта, окружающие человека

Судоподъемник называют *ванной* или *корытом*, с одной стороны, из-за сходства форм, общая сема: «открытая продолговатая ёмкость». С другой стороны, сема «вода», погружение чего-либо в воду объединяет денотатив и ассоциатив. *Чемоданом* по схожести форм называют «приспособление для замены срезанных пальцев, представляющее собой две соединенные трубой пластины с ручкой для переноски», *ковшовой турбиной* – «активную гидравлическую турбину, имеющую форму ковша».

Еще одна традиционная область-источник метафорического осмысления – «Природа», куда вошли таксоны «Растительный мир» и «Животный мир». Стоит отметить, что данный домен слабо представлен в подязыке гидроэнергетики. Возможно, это связано с существующим в культуре противопоставлением ГЭС природе, природа – это то, что плотина смогла «укротить», побороть. Гидроэнергетикам данная тематическая группа неинтересна.

Таксон «Животный мир» представлен названиями животных, а также предметов, принадлежащих животных, а, следовательно, имеющих прямую ассоциацию с ними. Преимущественно метафорический перенос осуществляется на основе ассоциативных связей по сходству формы. Отводящая спиральная камера гидроагрегата по форме напоминает свернутую раковину *улитки*, крестовины генератора выглядят как *лапы* животного. *Удав* – длинный электрический кабель большого сечения большой массы, *крокодил* – зажим для проводов. Кабину машиниста крана называют *«скворечник»*, а каретку крана – *«телега»*. Крановщицы обычно обижаются на слово «телега», объясняя это тем, что «Телега сзади у лошади», а они себя с лошадьёю не ассоциируют.

Растительный мир больше относится к обозначению места, пространства на ГЭС. *Полевым оборудованием* называют оборудование, которое находится не в машинном зале. *Выйти в поле* – значит сделать обход такого оборудования.

Антропоморфные, зооморфные метафоры в подязыке гидроэнергетики встречаются для обозначения механизмов, инструмента, состояний и т. д. И только сам гидроэнергетик в эту модель не вписывается. В нашей картотеке нет примеров обозначения сотрудника ГЭС через антропоморфные метафоры. И это нам кажется логичным, ведь если станция выступает в роли живого организма, человеку нет в такой модели места. Им приходится меняться местами.

В качестве гипотезы мы предлагаем еще одну метафорическую модель, представленную в производственном дискурсе, это **сотрудник ГЭС как электрический заряд и/или прибор для его измерения**.

Данный видовой таксон формируют следующие метафоры: *Фаза и Ноль* – «электрики, которые часто работают в паре», *блуждающий ток* – «электрик, которые относятся к работе с ленью», *мега вольт* – «инженер, который часто работает с инструментом мегавольтом».

Для описания состояний гидроэнергетиков используются метафоры, обозначающие действия, совершаемые с электрическим током: *включиться в сеть* – «понять что-то трудное», *ввести системное*

ограничение – «перестать употреблять алкогольные напитки», *выпасть из синхронизма* – «напиться».

Характерным примером является использование шуточного выражения *Иван-реле* для обозначения человека, который вместо машины следит за каким-либо параметром (например, за давлением). Если управление переводят с автоматического на ручное, говорят «перевести на *Иван-реле*». К традиционному русскому мужскому имени добавляется слово, обозначающее электрическое или электронное устройство и употребляющееся в таких терминах, как пневмореле, гидрореле, кипп-реле.

Как мы видим, поиск нужного образа в уже имеющемся опыте происходит бессознательно, но его адаптация к представлению модели объекта происходит на логической основе. Два отличных друг от дру-

га способа осмысления мира (интуитивный и рациональный) сочетаются в метафорических моделях подъязыка гидроэнергетической отрасли.

Итак, мы можем сделать вывод, что языковое мышление работников гидроэнергетической отрасли образно в своей основе. ГЭС и все ее части представляются в образе человека, а сотрудник гидроэлектростанции наоборот отождествляется с образами механизма. Отождествление человека и машины помогает, с одной стороны, объяснить сложную структуру такого объекта как гидроэлектростанция. С другой стороны, механистическая метафора позволяет более полно раскрыть физический и интеллектуальный потенциал человека, т. е. проецировать на человека более широкие возможности машин.

Литература

1. Алексеева Л. М., Мишланова С. Л. Медицинский дискурс: теоретические основы и принципы анализа. Пермь, 2002. 200 с.
2. Арутюнова Н. Д. Метафора и дискурс // Теория метафоры. М., 1990. С. 5 – 32.
3. Баранов А. Н., Добровольский Д. О. Постулаты когнитивной семантики // Известия РАН. (Серия: Литературы и языки). 1997. Т. 56. С. 11 – 21.
4. Баранов А. Н., Караулов Ю. Н. Словарь русских политических метафор. М., 1994. 354 с.
5. Жаргон.ру: интерактивная энциклопедия современного языка. Режим доступа: <http://jargon.ru/> (дата обращения: 02.07.2015).
6. Кондратьева О. Н. Метафора как лингвокультурный феномен // Лингвокультурология. М., 2014. № 8. С. 104 – 106.
7. Лакофф Дж., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем // Теория метафоры. М., 1990. С. 387 – 415.
8. Мишланова С. Л. Когнитивный аспект метафоризации в медицинском дискурсе // Научно-техническая терминология. М., 2003. Вып. 1. С. 30 – 36.
9. Пристайко Т. С. Термины-метафоры как маркеры национальной научной картины мира // Проблемы концептуализации действительности и моделирования языковой картины мира: сб. науч. тр. Вып. 2. Архангельск, 2005. С. 201 – 207.
10. Телия В. Н. Метафора в языке и тексте. М., 1988. 176 с.
11. Чудинов А. П. Россия в метафорическом зеркале: когнитивное исследование политической метафоры (1991 – 2000). Екатеринбург, 2001. 238 с.
12. Юрина Е. А. Образный строй языка. Томск, 2005. 158 с.

Информация об авторе:

Мезит Анна Эдуардовна – аспирант Сибирского федерального университета, преподаватель кафедры русского языка как иностранного Сибирского федерального университета, г. Красноярск, anna.mezit@yandex.ru.

Anna E. Mezit – post-graduate student at Siberian Federal University; Lecturer at the Department of Russian as a Foreign Language, Siberian Federal University, Krasnoyarsk.

(**Научный руководитель: Фельде Ольга Викторовна** – доктор филологический наук, профессор Сибирского федерального университета, feldeo@list.ru).

Academic advisor: Olga V. Felde – Doctor of Philology, Professor at Siberian Federal University).

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

СИНТАКСИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В РЕЧИ ЧЕЛОВЕКА ПОД ВЛИЯНИЕМ СТРЕССА (на материале фильмов-катастроф)

М. В. Ступкина

SYNTACTIC CONSTRUCTIONS AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE HUMAN SPEECH UNDER STRESS (the material of disaster films)

M. V. Stupkina

В данной статье рассматривается речь человека в ситуации катастрофы на материале художественных фильмов. Поставленной задачей является описать, выделить эмоциональные синтаксические конструкции, которые используются человеком в речи под влиянием стресса. Предмет исследования – эмоциональные синтаксические конструкции. Целью работы были анализ и выявление эмоциональных синтаксических структур, реализуемых в речи человека в экстремальной ситуации в фильмах. В ходе работы были использованы методы интроспекции и анализа. Материалом для исследования послужили языковые проявления стрессовых ситуаций, представленные в фильмах-катастрофах. В результате работы были выделены синтаксические конструкции, реализуемые человеком в момент катастрофы. В конце работы было выдвинуто предположение, что речь человека в ситуации катастрофы строится по определенным закономерностям вне зависимости от языка, и существует возможность построения универсальной модели речеповедения человека в стрессовой ситуации.

The paper discusses the human speech in the situation of disaster on the material of disaster films. The research task is to describe the emotional syntactic constructions, which are used in human speech under stress. The subject of investigation is the emotional syntax. The objective of the work is analysis and identification of emotional syntactic constructions implemented in human speech in a stressful situation in the films. In the course of the work the methods of introspection and analysis were used. The material for the study is the linguistic manifestations of stress presented in disaster films. As a result of the work the syntactic constructions used by people in disaster were allocated. At the end of the research the author suggests that the human speech in the situation of disaster is constructed according to certain laws, regardless of the language, and there is a possibility of constructing a universal model the human's speech in a stressful situation.

Ключевые слова: катастрофа, эмоциональная речь, синтаксические конструкции, фильм-катастрофа, стресс.

Keywords: disaster, emotional speech, syntactic constructions, disaster film, stress.

В настоящее время человек может в любой момент попасть под давление стресса. Это может быть обусловлено как профессией, сферой деятельности, так и какими-либо экстремальными ситуациями (стихийное бедствие, катастрофа, авария и т. д.). Состояние человека в таких условиях достаточно четко проявляется через речевое поведение.

Тема, связанная с изучением речи человека в стрессовой ситуации, разрабатывается при антропоцентрической лаборатории Алтайской государственной академии образования имени В. М. Шукшина, руководителем темы является доктор филологических наук, профессор Е. Б. Трофимова.

Статья посвящена исследованию речи человека в ситуации стресса в фильмах-катастрофах. Интерес к данному вопросу возрастает с каждым годом, так как, во-первых, установление связи языка и сознания всегда является актуальной, во-вторых, в режиме современной жизни и политической обстановки проблема стресса ставится все «острее». Новизна работы обусловлена тем, что общее исследование эмоционального синтаксиса проводилось (Т. Н. Синеокова, 2004; И. А. Шипова, 2005; А. А. Лаврова, 2010; А. С. Илинская, 2007; М. Я. Блох, 1976 и т. д.), но анализ синтаксических конструкций, реализуемых в речи человека в ситуации катастрофы не являлся темой научных обсуждений. В статье будет использоваться термин «эмоциональные синтаксические конструкции», уже использовавшийся вышеперечисленными авторами в

значении синтаксических конструкций, которые реализуются человеком в момент стрессовой ситуации и имеющих эмоциональную окраску.

Объектом изучения в работе являются катастрофы, представленные в фильмах, а предметом эмоциональные синтаксические конструкции и их особенности.

Цель исследования – анализ и выявление на основе фильмов-катастроф эмоциональных синтаксических структур, реализуемых в речи человека в экстремальной ситуации.

В работе были использованы следующие методы:

- ретроспективный анализ научной литературы по данной проблематике;

- метод интроспекции: собственная оценка речи человека в экстремальной ситуации, представленной в фильмах-катастрофах;

- анализ синтаксических структур, реализуемых в речи человека под влиянием стресса в фильмах-катастрофах, а также сопоставительный анализ выделенных синтаксических структур с точки зрения разных языков.

Считается, что речеповедение человека под воздействием стрессовой ситуации или эмоционального напряжения плохо контролируется сознанием. Речь приобретает размытую, хаотичную форму. В данной статье ставится задача выявить некоторые закономерности, создать определённую модель, систему употребления синтаксических конструкций, реализуемых

в речи человека под влиянием стресса. Автором работы уже была создана модель отражения метаязыкового сознания создателей фильма «Метро» на фонетическом уровне [6].

Материалом для исследования послужили языковые проявления стрессовых ситуаций, представленные в фильмах-катастрофах: в отечественном «Метро», британском «Титаник» («Titanic») и китайском «Землетрясение» («唐山大地震»). Выбор был обусловлен тем, что в данных художественных фильмах представлены реальные экстремальные ситуации: авария в подземном метро, крушение легендарного лайнера и землетрясение силой 7,8 балла, которое разрушило китайский город Таншань, унеся свыше 200 тысяч жизней.

Фильм-катастрофа – это «фильм, герои которого попали в катастрофу и пытаются спастись. <...> Речь может идти как о природном бедствии (смерч, землетрясение, извержение вулкана и т. п.), так и о техногенной катастрофе (крушение самолёта, например)» [8]. Катастрофа, в Толковом словаре Д. Н. Ушакова трактуется как: «1) неожиданное несчастье, бедствие, событие, влекущее за собой трагические последствия; 2) крупное потрясение трагического характера, обуславливающее собой резкий перелом в личной или общественной жизни» [7]. Данное определение дает возможность понять катастрофу как стрессовую ситуацию высокой степени напряженности, которая несет в себе резко отрицательную эмоциональную коннотацию. Также главным параметром такой ситуации является абсолютная неготовность человека к такому повороту событий. Данное явление у известного отечественного психолога В. М. Аллахвердова обозначается термином «закон разрыва шаблона», где «нарушение ситуативной закономерности ведет к разрушению привычных схем поведения, к затруднению в принятии самых простых решений, вызывает сбой в поведении и хаотические попытки избавиться от навязанной ситуацией закономерности» [1, с. 329], иначе говоря, человек не знает решения ситуации, и его речь воспроизводится абсолютно на бессознательном уровне.

Т. Н. Синеокова в своих исследованиях приходит к выводу, что «эмоциональная речь является особой формой речи, подчиняющейся общим, универсальным законам речемыслительной деятельности в эмоциональной ситуации» [5, с. 74], так как отмечается схожесть употребляемых структур разными людьми в разных стрессовых ситуациях.

Для анализа синтаксических структур, реализуемых в речи человека в состоянии стресса, важными критериями являются: объем наполнения высказывания, инверсия, наличие эллиптических предложений, повторы и т. д. Для спонтанной устной речи «характерны отсутствие длинных законченных периодов, перестановка слов, повторение одних и тех же слов, нарушение правил канонического синтаксиса, отрывочность, незаконченность, частое употребление инверсий, разрыв синтаксических конструкций, возрастание роли интонации» [3, с. 58].

«Синтаксическое своеобразие эмоциональной речи состоит в том, что реализуемые формы представляют собой деформации структур, характерных для

нейтральной речи. Такого рода деформации возникают в результате воздействия бурно протекающих эмоциональных состояний (аффектов) на речемыслительные процессы» [4, с. 9]. Таким образом, получается неконтролируемое эмоциональное состояние, в котором оказывается личность.

Можно сделать вывод, что речеповедение человека в стрессовой ситуации определяется обстоятельствами, которые и являются фактором изменения психолингвистического состояния. В таком случае речь имеет большое количество синтаксических отклонений и особенностей.

В ходе анализа языкового материала были выделены следующие синтаксические конструкции, которые наиболее часто реализуются в речи героев в момент экстремальной ситуации:

1. *Эллиптические конструкции или неполные предложения*, делающие речь более краткой и информативной. По мнению К. А. Долинина, эллипсис, синтаксическая неполнота являются косвенными средствами выражения эмоций [2, с. 210]. Неполное предложение резко выделяется на фоне полного и демонстрирует эмоциональное состояние говорящего:

1. «Хочу к маме».

2. «Где моя сумка?».

3. «Ксюша» (в значении, где находится Ксюша?).

4. «– Сюда!

– куда сюда?

– сюда, идите сюда!»; («Метро»).

5. «– I know.

– What? A woman and a little girl, both asleep upstairs».

6. «– We can do this, right? – You're fuckin', and we can do this. – Not with me. Not with people»; («Титаник»).

7. «你姐呢?».

8. «-在哪儿呢.

– 这呢, 这呢». («Землетрясение»).

В эллиптических предложениях отсутствует, по крайней мере, один главный член предложения, который с точки зрения логико-грамматической структуры предложения является необходимым. Особенность данных предложений состоит в том, что под влиянием ситуации один из элементов теряется, но смысл и формальная законченность сохраняется, так как сам контекст восполняет недостающую смысловую единицу.

2. *Повторы*, реализуемые с целью привлечения внимания, увеличения значимости информации, используемые в фильме с целью получения контроля над ситуацией с одной стороны, и с другой для демонстрации высокого эмоционального напряжения, когда человек не может контролировать свою речь:

1. «Пойдем. ...Эй. Пойдем отсюда. Пойдем!»;

2. «Не надо бояться (3 раза). Не надо бояться, не надо. Не надо!»;

3. «Ой, спаси, ой, мамочка, спаси»;

4. «Бежим, бежим, бежим»;

5. «Вы это слышите? Слышите? Вы это слышите?»;

6. «Вставай, вставай, давай потихоньку вставай, вставай»;

7. «Быстрее сюда, быстрее сюда!»;
8. «Тихо, тихо, тихо!»; («Метро»)
9. «Come on, come on, come on»;
10. «Go! Go, lads!»;
11. «Get out! Get out the door!»;
12. «You know I didn't do this, Rose. You know it»; («Титаник»);

13. «地震, 这是地震»;
14. «方达, 快跑, 快跑»;
15. «坚持, 坚持, 坚持, 坚持, 大强!»;
16. «别哭, 别哭, 妈在这呢»;
17. «等着啊, 等着啊, 方达». («Землетрясение»).

Интересным здесь является тот факт, что повторы, реализуемые в речи, чаще направлены на другого человека, т. е. через адресанта демонстрируется состояние адресата. Мы понимаем, что тот, на кого направлена речевая ситуация, находится под сильным эмоциональным напряжением, он не может ясно дать себе отчет о происходящем, поэтому говорящий использует многократный повтор до тех пор, пока не получит адекватной реакции.

3. *Номинативные предложения*, используя которые человек лишь одним словом сообщает необходимую, понятную всем информацию. Реализация в речи такого вида предложений отражает резкое обострение ситуации, угрозу. Чаще в экстремальной ситуации данные конструкции несут в себе указательную функцию, а краткость, позволяет экономить время, что является важным показателем в момент катастрофы:

1. «Господи!»;
2. «Поезд!»;
3. «Вода!»; («Метро»)
4. «My drawings!»;
5. «Iceberg! Right ahead!»; («Титаник»)
6. «志国»;
7. «过来»;
8. «来啦». («Землетрясение»).

Данные примеры используются в фильме в момент особо критической ситуации, и люди находятся в режиме, когда время решает все, ставится вопрос жизни и смерти. Предложения такого типа содержат в себе указательную функцию для адресата, т. е. обращают внимание на надвигающуюся опасность и сообщают о необходимости немедленно спастись.

4. *Восклицательные предложения*, выражающие сильные эмоции героя, повышенную экспрессивность:

1. «Нам нужна помощь! Помогите!»;
2. «Стой!»;
3. «Сюда! Скорее сюда!»;
4. «Назад!»; («Метро»)
5. «We need help! Hello!»;
6. «Stay back, the lot of you! Stay back!»;
7. «You're going the wrong way!». («Титаник»).
8. «老天爷, 你个王八蛋!»;
9. «又来了!»;
10. «我在这呢!»». («Землетрясение»).

Предложения такого вида в ситуации стресса используются человеком для обращения внимания кого-то на что-то, а также с целью побуждения к действию.

5. *Апозиопесис*, представляется в материале исследования как прерванное высказывание под давлением сильного, неожиданного стресса, который мешает закончить мысль. «Апозиопесис <...>— сигналы взволнованного состояния персонажа и являются средством выражения повышенного эмоционального тонуса адресанта» [3, с. 13].

1. «Не надо...»;
2. «Это же... бежим»;
3. «Я что-то слышал...»; («Метро»)
4. «Did you see the... When the ship docks...». («Титаник»).

Это явление в ситуации катастрофы в первую очередь обусловлено шоковым состоянием, ступором, когда человек в состоянии аффекта не может закончить высказывание. В китайском фильме «Землетрясение» данное явление представлено не было, можно сделать вывод, что это основано на особенностях китайского языка, который позволяет сократить свое высказывание до одного слога.

6. *Инверсия*, является часто встречаемым явлением в речи человека в стрессовой ситуации и в разговорной речи вообще. Является отклонением от правил построения предложения, демонстрирует, что у говорящего нет времени и возможности выстраивать грамматически верное высказывание:

1. «Моя сумка где?»;
2. «Замолчи ты!»; («Метро»).
3. «看不着我姐»;
4. «怎么的了这是». («Землетрясение»).

При использовании инверсии демонстрируется то, что именно важно человеку в его высказывании, так как главное слово или словосочетание выносится на первое место. Явление инверсии в англоязычном фильме-катастрофе «Титаник» обнаружено не было, можно сделать предположение, что это основывается на строгом порядке слов в английском предложении, которое не дало возможности создателям фильма менять местами члены предложения.

7. Также в ходе исследования было отмечено, что для кинотекста характерно использование *вопросов*, целью которых не является поиск ответа, а лишь отражение сильного эмоционального напряжения человека. Данные виды высказываний риторические и, как правило, обращены к Богу или вселенной:

1. «Господи, за что?»;
2. «Как же так?»; («Метро»).
3. «你拉我干什么?»;
4. «你留我一个人干什么?». («Землетрясение»).

Характерной чертой данного вида вопроса в ситуации стресса является безвыходность, беспомощность человека в сложившихся обстоятельствах.

На основе проведенного исследования, можно прийти к выводу, что эмоциональный синтаксис в речи персонажей фильмов-катастроф представлен достаточно широко. Для нее характерны следующие синтаксические приемы: эллипсис; повторы, как полные, так и вариативные; номинативные предложения;

большое количество восклицательных высказываний; апозиопесис; инверсия и риторический вопрос.

В разноязычных фильмах были представлены практически все типы рассмотренных конструкции. Так, в русском «Метро» наблюдается наибольшее количество употребление предложений всех выделенных видов. В английском не были найдены конструкции по типу инверсия и риторический вопрос. «Землетрясение» не имеет в речи персонажей апозиопесис. Данные различия обусловлены особенностями языков, русский язык – наиболее гибкий и позволяющий создателям фильма по возможности намного дальше отклоняться от норм для увеличения воздействия на зрителя. Фиксированность и строгая грамматика английского языка не позволяет так сильно отходить от грамматических правил. Китайский язык позволяет сокращать свои смысловые конструкции до одного, двух слогов. Но важным является то, что, несмотря на индивидуальности языков, все же в условиях экстремальной ситуации речь строится в основном по одним закономерностям. Таким образом, можно предположить, что речь человека в ситуации катастрофы имеет схожие тенденции построения вне зависимости от языка говорящего, и существует возможность построения универсальной модели речеповедения человека в стрессовой ситуации.

Литература

1. Аллахвердов В. М. Методологическое путешествие по океану бессознательного к таинственному острову сознания. СПб.: Речь, 2003. 364 с.
2. Долинин К. А. Стилистика французского языка: учеб. пособие для пед. ин-тов по спец. № 2103 "Иностр. яз.". 2-е изд., дораб. М.: Просвещение, 1987. 302 с.
3. Исаева А. А. Структура тематических монологов в звучащей спонтанной речи: на материале русского и английского языков: дис. ... канд. филол. наук. Воронеж, 2002. 232 с.
4. Синеокова Т. Н. Некоторые направления в исследовании синтаксиса эмоциональной речи // Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 6. С. 9 – 13.
5. Синеокова Т. Н. Универсальный характер синтаксических конструкций, реализуемых в состоянии эмоционального напряжения // Вестник Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н. А. Добролюбова. 2011. Вып. 13. С. 74 – 81.
6. Ступкина М. В. Модель метаязыкового сознания носителей русского языка (на материале фильма-катастрофы «Метро») // Общетеоретические и типологические проблемы языкознания: сборник научных статей / отв. ред. У. М. Трофимова; Алтайск. гос. акад. образ. им. В. М. Шукшина. 2014. Вып. 3. С. 123 – 125.
7. Толковый словарь русского языка / под ред. Д. Н. Ушакова. М., 1935 – 1940. Режим доступа: <http://ushakovdictionary.ru/> (дата обращения: 30.07.2015).
8. Фильм-катастрофа // Википедия: свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/-Фильм-катастрофа> (дата обращения: 30.07.2015).

Информация об авторе:

Ступкина Марина Владиславовна – аспирант кафедры русского языка Алтайской государственной академии образования им. В. М. Шукшина (Бийск, Россия), malitaitai@mail.ru.

Marina V. Stupkina – post-graduate student at the Department of the Russian Language, Shukshin Altai State Academy of Education (Biysk, Russia).

(Научный руководитель: Трофимова Елена Борисовна – доктор филологических наук, профессор кафедры восточных языков и методики обучения иностранным языкам Алтайской государственной академии образования им. В. М. Шукшина.

Academic advisor: Elena B. Trofimova – Doctor of Philology, Full Professor, Professor at the Department of the Asian Languages and Methods of Teaching the Foreign Languages, Shukshin Altai State Academy of Education).

Подводя итоги можно сказать, что все выделенные синтаксические приемы делают речь более краткой, но емкой. Герои фильма, как правило, используют их неосознанно. Синтаксис речи человека в стрессовой ситуации эмоционален и главной целью реализации имеет быстрое озвучивание своей мысли. В условиях экстремальной ситуации наиболее ярко выражены различного рода отклонения от нормы, обычно недопустимые в повседневной разговорной речи людей. В них отражается эмоциональное напряжение говорящего.

Представленная статья – это попытка создания системы синтаксических структур, реализуемых человеком в стрессовой ситуации на материале фильмов-катастроф, не является исчерпывающей и скорее может считаться отправной точкой к размышлению над закономерностями построения эмоциональных речевых высказываний.

В виде дальнейшей перспективы работы ставится задача исследовать и описать эмоциональный язык на большем количестве материала и под углом других языковых уровней (морфологического и лексического) для создания точной модели и возможности четко сформулировать закономерности, по которым выстраивается речь человека в состоянии стресса.

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015 г.

ХИМИЯ

УДК 535.341: 544.454

**ЛАЗЕРНОЕ ЗАЖИГАНИЕ СМЕСЕВЫХ СОСТАВОВ БУРОГО УГЛЯ
И ТЕТРАНИТРОПЕНТАЭРИТРИТА**

Б. П. Адуев, Д. Р. Нурмухаметов, Р. Ю. Ковалев, А. П. Никитин, Н. В. Нелюбина, Г. М. Белокуров

**LASER IGNITION OF MIXED COMPOSITION OF BROWN COAL
AND PENTAERYTHRITOL TETRANITRATE**

B. P. Aduiev, D. R. Nurmukhametov, R. Yu. Kovalev, A. P. Nikitin, N. V. Nelyubina, G. M. Belokurov

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-03-98032 р_сибирь_а на оборудовании КемЦКП.

В работе приводятся результаты измерений порогов (H_{cr}) и кинетических характеристик зажигания смесевых составов на основе бурого угля и тетранитропентаэритрита при воздействии импульсов неодимового лазера (1064 нм, 120 мкс). Показано, что пороговые и кинетические характеристики немонотонно зависят от массового соотношения уголь-тетранитропентаэритрит.

The paper presents the results of measurements of the threshold (H_{cr}) and kinetic characteristics of the ignition of the mixed compositions based on brown coal and pentaerythritol tetranitrate when exposed to pulses of neodymium laser (1064 nm, 120 ms). It is shown that the threshold and kinetic characteristics are monotonically dependent on the mass ratio of coal-pentaerythritol tetranitrate.

Ключевые слова: тэн, уголь, лазерное излучение, кинетика воспламенения, порог зажигания.

Keywords: PETN, coal, laser radiation, kinetics of ignition, ignition threshold.

Введение

В настоящее время в энергетике широко применяются пылеугольные котлы. Экологичность эксплуатации определяется затратами на разжигание угольной пыли. Для снижения порога зажигания в настоящее время применяют мазут, что снижает экономические показатели. Представляет интерес поиск других способов разжигания угольной пыли без использования мазута. Например, ведется изучение и внедрение разжигания угольной пыли СВЧ-излучением [1; 2]. В настоящей работе изучена возможность лазерного зажигания бурого угля, а также возможность снижения порога зажигания за счет применения смеси угля и энергетического материала тетранитропентаэритрита (тэна).

Образцы и методика

Использовался бурый уголь марки «Б» Кайчакского месторождения. Состав угля представлен в таблице 1.

Уголь подвергался помолу на шаровой мельнице. После помола отбиралась самая мелкая фракция угольной пыли размером ≤ 0.1 мм. Порошок тэна синтезировался в лаборатории и имел узкое гранулометрическое распределение с максимумом распределения 1 – 2 мкм. Смесевые составы приготавливались следующим образом. На аналитических весах делались навески угля и тэна, и механически перемешивались в необходимой пропорции. Далее для более равномерного перемешивания частиц смесь помещалась в гексан и перемешивалась в ультразвуковой ванне, производилась сушка смеси и навеска экспериментальных образцов. Экспериментальные образцы насыпной плотности $\rho = 0.5$ г/см³ представляли собой навески массой 10 мг,

помещенные в медный колпачок диаметром 5 мм и глубиной 2 мм массой 10 мг.

Таблица 1

Характеристика угля марки «Б»

<i>Технический анализ, %</i>		
<i>Содержание влаги (W^a)</i>	<i>Зольность (A^a)</i>	<i>Содержание летучих компонентов (V^{daf})</i>
8,3	10,3	48,3

Схема эксперимента представлена на рис. 1.

В качестве источника зажигания использовалась первая гармоника ($\lambda = 1064$ нм) импульсного лазера (1) на иттрий-алюминиевом гранате активированным Nd⁺³, работающим в режиме свободной генерации. Длительность импульса составляла 120 мкс, максимальная энергия в импульсе 0.5 Дж. Регулирование энергии лазерного излучения осуществлялось с помощью набора стеклянных светофильтров (2) с известными коэффициентами ослабления излучения. Для контроля энергии лазерного излучения часть энергии излучения (8 %) отводилась прозрачной стеклянной пластиной (3) на пирозлектрический приемник OPHIRPESOBFC-C (4). При помощи поворотного зеркала (5) лазерное излучение направлялось через фокусирующую линзу (6) с фокусным расстоянием 25 см на образец (7), находящийся на основании (8). Диаметр лазерного пятна, падающего на образец, составлял 2.5 мм. Свечение, возникающее при воздействии импульса излучения на образец, фиксировалось фотоэлектронным умножителем Hamamatsu H10721-01 (9), преобразовывалось в электрический сигнал и регистрировалось осциллографом LeCroy WY332A (10).

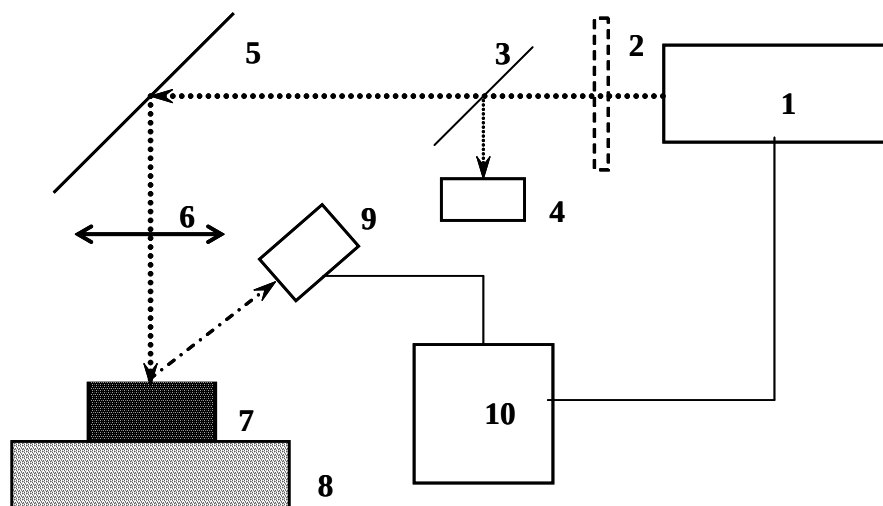


Рис. 1. Схема эксперимента. 1 – лазер; 2 – нейтральные светофильтры; 3 – светоделительная пластинка; 4 – пироэлектрический приемник; 5 – поворотное зеркало; 6 – линза; 7 – образец; 8 – основание; 9 – фотоэлектронный умножитель; 10 – осциллограф

Результаты и обсуждения

Исследовались кинетика свечения и пороги зажигания смесей бурого угля и тэна в соотношениях от 0 до 99.5 масс. %. Десять образцов последовательно облучались одиночным импульсом лазера определенной энергии, регистрировалась кинетика свечения с помощью фотоумножителя. За вероятность зажигания смеси p принималось отношение зарегистрированных сигналов фотоумножителя к общему числу образцов. Далее увеличивалась энергия лазерного импульса и эксперимент повторялся. Таким образом, измерялась вероятность появления вспышки в зависимости от плотности энергии лазера (кривые частоты). Эксперименты повторялись для различных составов энергетических смесей. За порог зажигания принимали плотность энергии H_{cr} , соответствующую 50 % вероятности вспышки. Пороги зажигания, в зависимости от состава смеси, представлены на рис. 2.

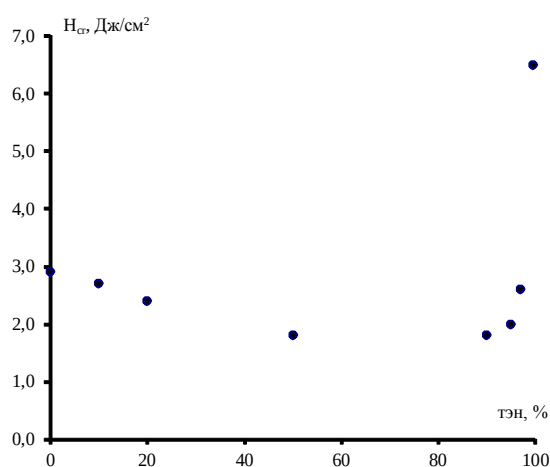


Рис. 2. Зависимость порога зажигания угля от массового содержания тэна при импульсном лазерном воздействии

Отметим, что для порошка угля без добавок тэна $H_{cr} = 2.9$ Дж/см². Порошок тэна без добавок угля не зажигается при максимальных возможных использованных энергиях 10 Дж/см². Отчетливое снижение порога зажигания наблюдается при увеличении содержания тэна 0 – 50 % по массе. В интервале 50 – 90 % содержания тэна в порошке порог зажигания слабо зависит от плотности энергии лазерного излучения, при увеличении содержания тэна от 90 – 99.5 % наблюдается резкое возрастание H_{cr} .

Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. Известно, что чистый порошок тэна практически прозрачный длине волны 1064 нм [3]. Лазерное излучение поглощается частицами угля. В результате их нагрева до температуры вспышки тэна $T \approx 215^\circ\text{C}$ [4] и экзотермической реакции загораются частицы тэна и поджигают окружающие частицы угля. Это приводит к снижению порога зажигания смеси в интервале 0 – 50 % содержания тэна. При дальнейшем увеличении содержания тэна, вследствие уменьшения содержания поглощающих частиц угля H_{cr} сначала слабо зависит от состава, а при содержании поглощающих частиц угля < 10 % по массе начинает резко возрастать. Некоторые кинетики свечения, возникающие при горении смесей, представлены на рис. 3.

Длительность вспышки немонотонно зависит от состава смесей. Для наглядности на рис. 4 представлена зависимость момента времени, соответствующего максимальной интенсивности вспышки от состава смеси.

Сравнение рис. 2 и 4 показывает, что длительность вспышки снижается по мере снижения H_{cr} и резко возрастает при содержании тэна выше 90 %. Приведенные модельные эксперименты позволяют сделать вывод, что использование смесевых составов энергетических материалов и углей с применением лазерного зажигания открывает перспективу для разработки новых способов разжигания топлива в пылеугольных котлах.

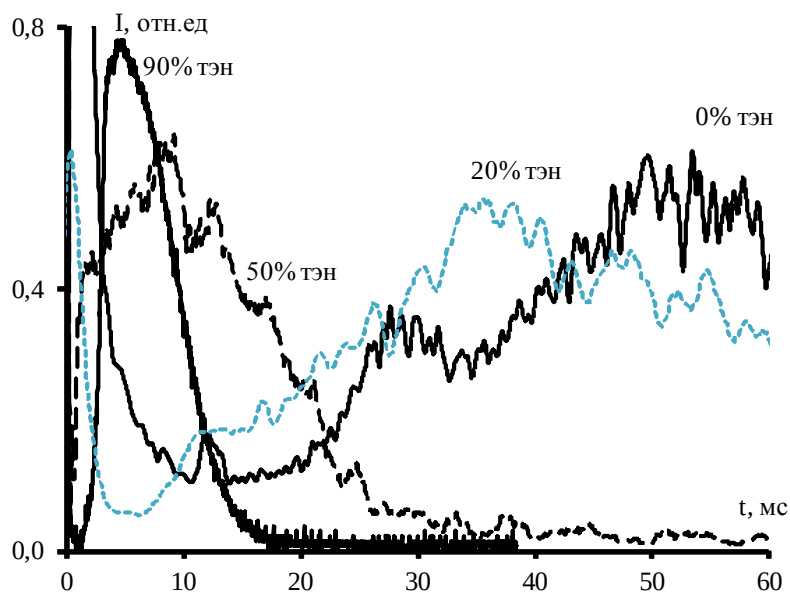


Рис. 3. Кинетика интенсивности свечения, возникающего при горении смеси с различным содержанием тэна в угле

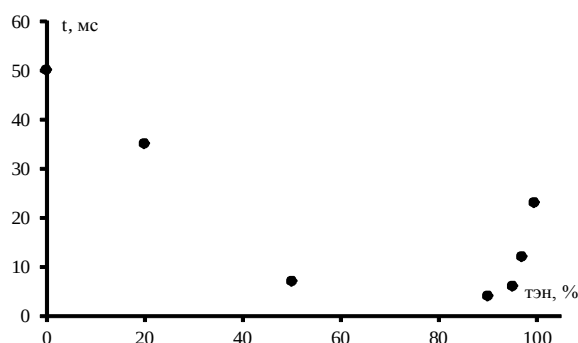


Рис. 4. Зависимость момента времени достижения максимальной интенсивности свечения горения от содержания тэна в угле

Литература

1. Жуков М. Ф., Карпенко Е. И., Перегудов В. С. [и др.]. Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела. Новосибирск: Наука, 1995. 304 с.
2. Казанцев В. И., Капило П. М. [и др.]. Исследование СВЧ-плазменной технологии сжигания низкосортных углей // Теплоэнергетика. 2002. № 12. С. 39 – 44.
3. Aluker E. D., Krechetov A. G., Mitrofanov A. Y., Nurmukhametov D. R., Kuklja M. M. Laser Initiation of Energetic Materials: Selective Photoinitiation Regime in Pentaerythritol Tetranitrate // J. Phys. Chem. C. 2011. V. 115. № 14. P. 6893 – 6901.
4. Орлова Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л.: Химия, 1981.

Информация об авторах:

Адуев Борис Петрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, профессор кафедры теоретической физики КемГУ, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Boris P. Aduев – Doctor of Physics and Mathematics, Full Professor, Head of the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS, Professor at the Department of Theoretical Physics, Kemerovo State University.

Нурмухаметов Денис Рамильевич – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, старший преподаватель кафедры теоретической физики КемГУ, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Denis R. Nurmukhametov – Candidate of Physics and Mathematics, Research Associate at the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS, Senior Lecturer at the Department of Theoretical Physics, Kemerovo State University.

Ковалёв Родион Юрьевич – аспирант, инженер лаборатории энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Rodion Yu. Kovalev – post-graduate student, engineer the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS.

(Научный руководитель – **Б. П. Адыев**). (Academic advisor – **B. P. Aduiev**).

Никитин Андрей Павлович – аспирант, инженер лаборатории энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, инженер кафедры химии твердого тела КемГУ, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Andrey P. Nikitin – post-graduate student, engineer the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS, engineer at the Department of Chemistry of Solids, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **Б. П. Адыев**). (Academic advisor – **B. P. Aduiev**).

Нелюбина Наталья Васильевна – кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Natalia V. Nelyubina – Candidate of Chemistry Sciences, Research Associate at the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS.

Белокуров Геннадий Михайлович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории энергетических соединений и наноклампозитов ИУХМ СО РАН, lesinko-iuxm@yandex.ru.

Gennadiy M. Belokurov – Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Associate at the Laboratory of Energetic Compounds and Nanocomposites, Institute of Coal Chemistry and Materials Science of SB RAS.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

УДК544.47

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ N_2O В КАТАЛИЗИРУЕМОЙ РЕАКЦИИ МЕЖДУ ГИДРОКСИЛАММОНИЕМ И НИТРИТОМ В ВОДЕ, ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕ И ДИОКСАНЕ

А. С. Баишаков, Е. П. Дягилева, Д. А. Кургачев, Е. В. Леонтьева

ABOUT THE MECHANISM FOR N_2O FORMATION IN CATALYZED REACTION BETWEEN HYDROXYLAMMONIUM AND NITRITE IN WATER, ETHYLENE GLYCOL AND DIOXANE

A. S. Bashmakov, E. P. Dyagileva, D. A. Kurgachev, E. V. Leonteva

Газообразный продукт реакции между гидроксиламмонием и нитритом в этиленгликоле, диоксане, смеси этиленгликоль – диоксан идентифицирован как N_2O . Показано, что эта реакция катализируется борной кислотой и ионами меди. Представлен механизм образования N_2O в воде и органических растворителях. Полученные результаты позволяют оптимизировать условия получения N_2O из солей гидроксиламмония и увеличить его выход.

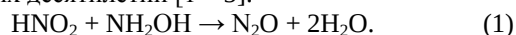
The gaseous product of the reaction between hydroxylammonium and nitrite in ethylene glycol, dioxane and ethylene glycol-dioxane mixture was identified as N_2O . It was shown that this reaction is catalyzed by boron acid and copper ions. The mechanism for N_2O formation and the influence of copper ions on it in water and organic solvents is discussed. The obtained results allow optimizing the conditions of obtaining N_2O from hydroxylammonium salts and increasing its yield.

Ключевые слова: гидроксиламин, гидроксиламмоний, нитрит, азотистая кислота, азотноватистая кислота, оксид азота (I), катализ ионами меди.

Keywords: hydroxylamine, hydroxylammonium, nitrite, nitrous acid, hyponitrous acid, nitrogen oxide (I), catalysis by copper ions.

Введение

Реакцию между азотистой кислотой и гидроксиламином в водных растворах изучали на протяжении нескольких десятилетий [1 – 5]:



Кинетику данной реакции изучали только на основании определения изменения концентрации исходных реагентов, так как существуют надежные аналитические методики их количественного определения [6 – 7]. Эта реакция протекает медленно при комнатной температуре, а ее скорость зависит от контро-

лируемых в эксперименте факторов, таких как pH раствора и наличия катализаторов. Промежуточным продуктом реакции является азотноватистая кислота $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ [1 – 5]. Установлено, что реакция катализируется кислотами и тиоцианат- и бромид-ионами [2 – 5].

Цель настоящей работы установить влияние катионов металлов и природы растворителя на кинетику образования и выход N_2O .

Методика эксперимента

Все используемые реактивы были марки «ч.д.а.». Диоксан был дополнительно очищен от образующихся при хранении примесей перекисных соединений перегонкой с KOH и Na_2SO_3 .

Реакцию проводили при комнатной температуре путем смешивания эквивалентных объемов 0.1 М (0.2 М и 0.5 М) раствора NaNO_2 с 0.1 М раствором NH_3OHCl до общего объема 50 мл. В качестве растворителей для приготовления указанных растворов использовали дистиллированную воду, этиленгликоль, раствор этиленгликоля в диоксане, водный раствор этиленгликоля, раствор воды в диоксане и раствор, состоящий из воды, этиленгликоля и диоксана.

Значения pH, равные 1 и 2, в водном растворе реакционной смеси создавали добавлением соответствующих количеств 1 М раствора HCl к исходному раствору хлорида гидроксиламмония. Для получения pH 9.5 к реакционной смеси добавляли 1 М раствор NaOH в количестве эквивалентном начальному количеству NH_3OHCl . pH реакционной смеси без добавления кислоты или щелочи определяется катионом NH_3OH^+ и равно 4.5. В последнем случае pH в ходе реакции увеличивалась до 6.5.

Количество образующегося газа измеряли по убыли массы пластикового стакана с реакционной смесью, находящегося на аналитических весах (БСЛ – 200/0.1А). Для предотвращения потери капелек воды, увлекаемых выделяющимся газом, стакан накрывали марлей.

Для изучения каталитического влияния H_3BO_3 , HCl, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CuCl, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NiSO_4 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CoCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и HgO на данную реакцию к 50 мл водного или неводного раствора NaNO_2 добавляли эти вещества в количестве $(1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-7})$ моль).

Образующийся в реакции газ идентифицировали на основании изучения ИК-спектров насыщенных растворов этого газа в бутаноле и диоксане, полученных на спектрометре Tenzor 27 «Bruker». Образцами сравнения служили чистые бутанол и диоксан.

Результаты эксперимента

На рис. 1 представлены ИК спектры поглощения продукта реакции (1) в бутаноле и диоксане. Как видно, в спектрах наблюдается единственная полоса поглощения при $\nu = 2221.5$ и 2225.7 см^{-1} , соответственно. Подобная полоса поглощения при 2218.6, 2235.9 и 2214.8 см^{-1} отнесенная к валентным колебаниям связи $\text{N}=\text{N}$ в молекуле N_2O наблюдается в спектрах, полученных для N_2O в кристаллических Ar, N_2 и Xe, соответственно [8 – 9]. Сдвиг полосы ИК поглощения, на наш взгляд, связан с наличием водо-

родных связей между N_2O и молекулами растворителя.

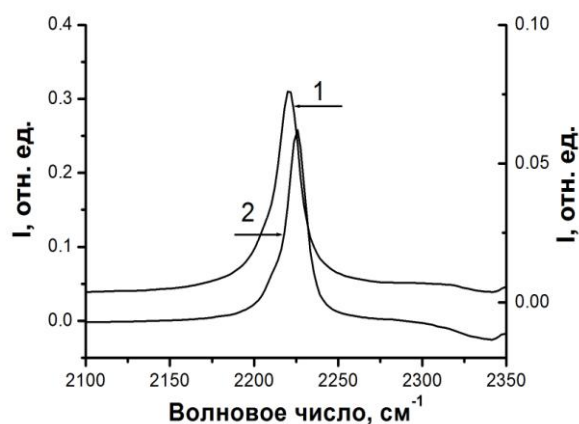


Рис. 1. ИК спектры поглощения N_2O в бутаноле (1) и диоксане (2)

На рис. 2 представлены зависимости Y (выход N_2O , рассчитанный как отношение количества вещества N_2O к исходному количеству вещества NH_3OHCl) в водных растворах без добавления катализаторов, кислоты или щелочи от времени протекания реакции для различных R (отношение количества вещества NaNO_2 к количеству вещества NH_3OHCl). Как мы наблюдали – на начальном участке они близки к линейным и практически не зависят от R . При больших временах выход становится постоянным, а его значение увеличивается симбатно избытку NaNO_2 .

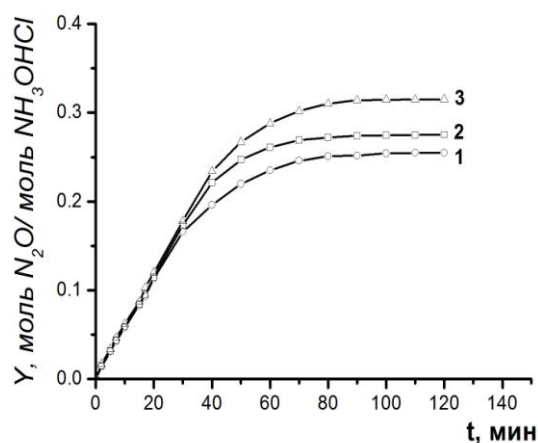


Рис. 2. Зависимость выхода N_2O от времени реакции в воде при различном стехиометрическом соотношении реагентов: R равно 1, 2 и 5 (кривые 1, 2 и 3, соответственно)

На рис. 3 представлена зависимость выхода N_2O от времени реакции для различных pH раствора для R равного 1. Надо полагать, скорость реакции на начальном участке кинетической кривой и Y на квазистационарном участке растут по мере увеличения кислотности среды.

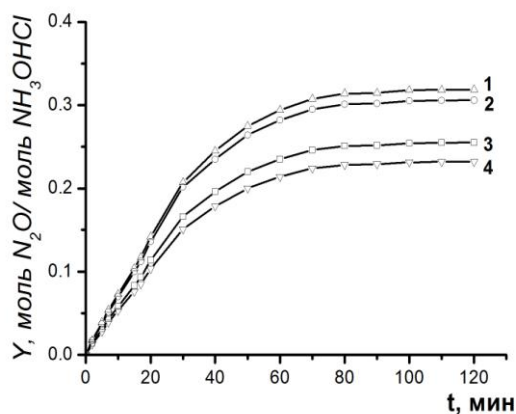


Рис. 3. Зависимость выхода N_2O от времени реакции в водном растворе при pH равном 1, 2, 4.5 и 9.5 (кривые 1, 2, 3 и 4, соответственно)

Нами установлено, что образования N_2O в органических растворителях в отсутствие воды или H_3BO_3 за ~ 2 часа не наблюдается.

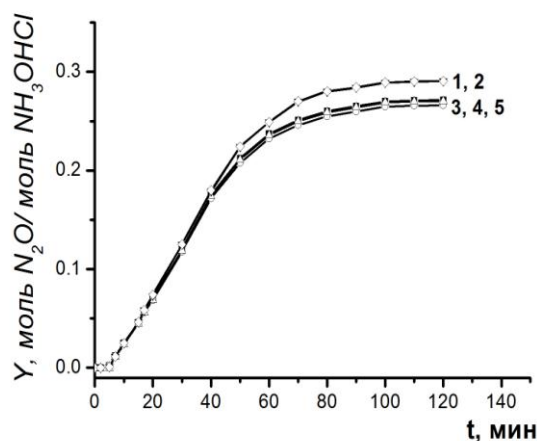


Рис. 4. Зависимость выхода N_2O от времени реакции в органических растворителях, содержащих H_2O или H_3BO_3 . Этиленгликоль с добавлением $1 \cdot 10^{-6}$ моль H_3BO_3 (1); смесь этиленгликоля и диоксана в молярном соотношении 1:1 с добавлением $1 \cdot 10^{-6}$ моль H_3BO_3 (2); смесь этиленгликоля и воды в молярном соотношении 9:1 (3); смесь этиленгликоля, диоксана и воды в молярном соотношении 4.5:4.5:1, соответственно (4); смесь диоксана и воды в молярном соотношении 9:1 (5)

На рис. 4 представлены зависимости выхода N_2O от времени протекания реакции в различных органических растворителях с добавками воды и H_3BO_3 при R равном 1. Как видно из представленных данных, в отличие от кинетики реакции в водных растворах выделение газа происходит с индукционным периодом. Природа растворителя не влияет на кинетику реакции катализируемую водой или борной кислотой.

Исходя из проведенных исследований, оказалось, что в водных и органических растворителях только катионы $Cu(II)$ и $Cu(I)$ обладают каталитической активностью по отношению к реакции (1).

На рис. 5 представлена зависимость выхода N_2O от времени протекания реакции в различных растворах, содержащих ионы меди (I и II) при R равном 1. В водном растворе небольшие добавки $CuSO_4$, $CuCl_2$ и $CuCl$ (кривые 1 – 3) одинаково влияют на скорость реакции (1). В органических растворителях кинетические кривые для реакций, катализируемых солями $Cu(I)$ и $Cu(II)$, отличаются при малых временах, а при больших временах совпадают (кривые 4 – 7).

Исходя из данных, представленных на рис. 4 можно утверждать, что кинетика реакции образования N_2O одинакова в этиленгликоле и смеси этиленгликоль – диоксан с добавкой солей меди (рис. 5, кривые 4 – 6), воды или H_3BO_3 .

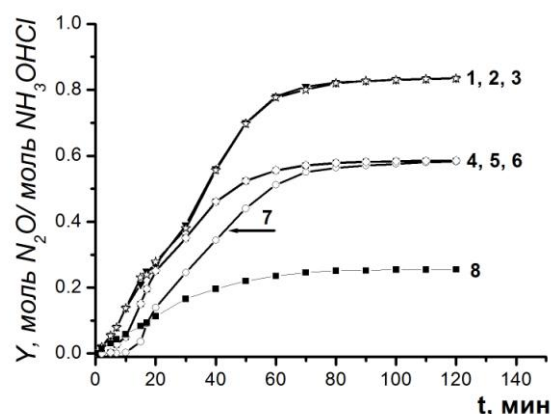


Рис. 5. Зависимость выхода N_2O от времени реакции, катализируемой солями $CuSO_4$, $CuCl_2$ и $CuCl$ в воде (кривые 1, 2 и 3, соответственно); катализируемой солями $CuSO_4$, $CuCl_2$ и $CuCl$ в этиленгликоле (4, 5 и 6, соответственно); в смеси этиленгликоля и диоксана в молярном соотношении 1:1 с добавлением $CuSO_4$ (7); в дистиллированной воде (8)

Обсуждение

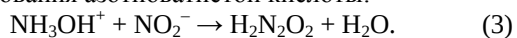
Кинетика образования N_2O во всех проведенных нами опытах не описывается кинетическими кривыми первого и второго порядка. Такой результат является ожидаемым, поскольку в ходе реакции изменяется pH раствора, который, как было известно раньше [2 – 5], и подтверждается нашими экспериментами (рис. 3), влияет на скорость реакции. Поэтому очевидно, что дальнейшие исследования, целью которых может быть детальное выяснение механизма реакции и определение соответствующих кинетических параметров, следует проводить в буферированных растворах.

Слабая зависимость скорости реакции от стехиометрического соотношения между реагентами при малых временах реакции (рис. 2) мы объясняем тем, что при изменении R на реакцию влияют два противоположно направленных фактора. С одной стороны, увеличение избытка $NaNO_2$ (основание) приводит к понижению кислотности раствора и, соответственно, к замедлению реакции. С другой стороны, при этом увеличивается концентрация HNO_2 , которой пропорциональна скорость реакции в соответствии с кинетическим уравнением, экспериментально установленным в работе [3]:

$$v = k_3[H^+][HNO_2][NH_3OH^+]. \quad (2)$$

В итоге при малых временах реакции влияние этих факторов взаимно компенсируется. При больших временах выше оказывается скорость реакции с большим R , потому что в этом случае уменьшение скорости реакции относительно ее начального значения оказывается меньше, чем при малых R . Эта закономерность полностью согласуется с кинетическим уравнением (2), потому что уменьшение концентрации азотистой кислоты в ходе реакции при больших R меньше, чем при малых R .

Скорость газовыделения по мере увеличения кислотности среды увеличивается (рис. 3), что согласуется с ранее установленным кислотным катализом реакции [2 – 5]. Однако, известно, что скорость разложения азотноватистой кислоты наоборот уменьшается по мере увеличения кислотности [10]. На основании этого мы предполагаем, что в условиях нашего эксперимента лимитирующей стадией является реакция образования азотноватистой кислоты:



Отсутствие признаков реакции в неводных растворителях, не содержащих воду, свидетельствуют о том, что стадия переноса протона имеет определяющее значение в механизме этой реакции и полностью согласуется с установленным фактом ее кислотного катализа. Вода, добавленная к этиленгликолю и диоксану, выступает в роли кислоты и запускает реакцию (рис. 4). Аналогично действует безводная H_3BO_3 .

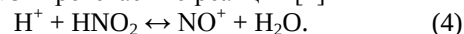
Наличие индукционного периода на кривых газовой выработки в неводных растворителях (рис. 4) пока однозначно интерпретировать нельзя. Индукционный период может быть связан с методикой измерения количества выделившегося газа, растворимость которого в неводных растворителях выше, чем в воде [11] и, соответственно, требуется больше времени для образования насыщенного раствора N_2O . С другой стороны, нельзя исключить, что индукционный период отражает некоторые особенности кинетики и механизма реакции в неводных растворителях.

Количественное совпадение кинетических кривых (рис. 4) говорит о том, что в отличие от воды, выбранные нами неводные растворители, не принимают непосредственного участия в реализации механизма реакции, а являются лишь инертной средой.

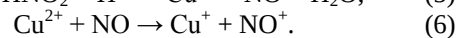
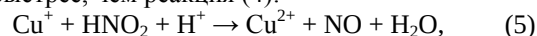
Соли Cu(I) и Cu(II) катализируют реакцию в водных растворах и инициируют ее в неводных растворах (рис. 5). Механизм катализа ионами меди принципиально другой, чем описанный в работах [3 – 5] ионами тиоцианат- и бромид-ионами: ионы меди влияют на кинетику реакции при введении их в количествах много меньших количеств основных реагентов, тогда как анионы – катализаторы вводили в концентрациях сопоставимых с концентрациями NO_2^- и NH_2OH . Катализ ионами меди, очевидно, не сводится к кислотному катализу, поскольку другие катионы с выраженными кислотными свойствами не влияют на процесс газовой выработки.

Мы предполагаем, что одним из возможных вариантов влияния меди на изучаемую нами реакцию является катализ процесса образования нитрозил-иона (NO^+), который, как показано [2], непосредственно

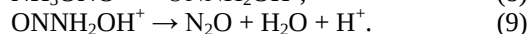
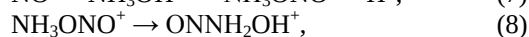
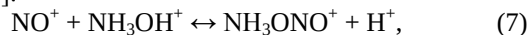
взаимодействует с ионом NH_3OH^+ . В отсутствие меди образование NO^+ протекает по реакции [2]



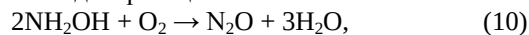
Мы предполагаем, что в присутствии ионов меди происходит двухстадийный процесс, который реализуется быстрее, чем реакция (4):



Тогда дальнейшее образование N_2O можно рассматривать в соответствии с механизмом, предложенным в [2]:

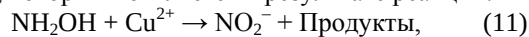


Ранее установлено, что ионы меди катализируют окисление NH_2OH кислородом воздуха в водных слабощелочных растворах [12]. При этом основным продуктом окисления является N_2O , так же как и в изучаемой нами реакции. Однако наш результат не сводится к дополнительному образованию N_2O по катализируемой медью реакции:



поскольку известно, что при pH 4 водный раствор NH_2OH стабилен на воздухе в присутствии CuSO_4 [12], т. е. в кислой среде, где мы наблюдали описанные эффекты, образование N_2O по реакции (10) не происходит. При изучении катализируемого медью окисления NH_2OH авторы [12] делают вывод, что гипонитрит-ион (HN_2O_2^- – анион азотноватистой кислоты, которая является промежуточным продуктом изучаемой нами реакции) не участвует в процессе окисления NH_2OH . В этой работе, кроме N_2O как основного продукта окисления, наблюдали образование следов нитрит-ионов. Однако авторы не рассматривают взаимодействие NO_2^- с NH_2OH , которое, как известно, тоже приводит к образованию N_2O . Понимая, что образование N_2O при катализируемом ионами меди окислении гидроксиламина – сложный многостадийный процесс, авторы не приводят каких-либо отдельных стадий этого механизма.

Единый конечный продукт реакций (1) и (10), а также тот факт, что эти реакции селективно катализируются ионами меди, дает нам основание предполагать, что реакции (1) и (10) происходят по единому механизму. В этом случае исследованный в [12] процесс окисления NH_2OH кислородом воздуха можно трактовать как взаимодействие между NO_2^- и NH_2OH , катализируемое ионами меди. Тогда обнаруженный в [12] NO_2^- следует рассматривать как промежуточный продукт, который появляется в результате реакции:



а дальнейшее образование N_2O происходит по реакциям (5 – 9).

Заключение

Предложенный нами способ получения чистого N_2O в органических растворителях в присутствии катализаторов может найти широкое применение, так как его используют в медицине, в качестве добавки к моторному топливу, в пищевой промышленности как пенообразующий газ [13]. Это весьма актуально, так как существенным недостатком получения N_2O по традиционной методике путем термического разло-

жения нитрита аммония заключается в том, что продукт загрязнен другими оксидами азота [14].

Кроме этого, использование катализаторов позволяет существенно увеличить выход целевого продук-

та, что позволяет снизить себестоимость его производства в больших объемах.

Литература

1. Audrieth L. F. Parallelism in the decomposition of ammonium, hydrazine, and hydroxylammonium nitrites. Hyponitrous acid as a hydroxylamino-nitrous acid // J. Phys. Chem. 1930. V. 34. № 3. P. 538 – 542.
2. Bourke G. C. M., Stedman G. Mechanism of the acid catalysed pathway for the nitrosation of hydroxylamine // J. Chem. Soc. 1992. P. 161 – 162.
3. Hughes M. N., Stedman G. Kinetics and mechanism of the reaction between nitrous acid and hydroxylamine. Part I // J. Chem. Soc. 1963. P. 2824 – 2830.
4. Morgan T. D. B., Stedman G., Hughes M. N. Kinetics and mechanism of the reaction between nitrous acid and hydroxylamine. Part II. The alkyl hydroxylamines // J. Chem. Soc. (B). 1968. P. 344 – 349.
5. Hussian M. A., Stedman G., Hughes M. N. Kinetics and mechanism of the reaction between nitrous acid and hydroxylamine. Part III. The formation of hyponitrous acid // J. Chem. Soc. (B). 1968. P. 597 – 603.
6. Уильямс У. Дж. Определение анионов. М.: Химия, 1982. 148 с.
7. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических веществ. М.: Химия, 1965. 976 с.
8. Накомото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / пер. с англ. М.: Мир, 1991. 536 с.
9. Lawrence W. G., Apkarian V. A. Infrared studies in free standing crystals: N₂O-doped Xe and Ar // J. Phys. Chem. 1992. V. 97. № 4. P. 2224 – 2228.
10. Polydoropoulos C. N., Pipinis M. Kinetics of the decomposition of hyponitrous acid: a homogenous zeroth order reaction // Zeitschrift fur Physikalische Chemie Neue Folge. 1964. Bd. 40. S. 322 – 333.
11. Справочник по растворимости / под ред. В. В. Кафарова. М.: Академия наук СССР, 1961. Т. 1. С. 916 – 920.
12. Anderson J. H. The copper-catalysed oxidation of hydroxylamine // Analyst. 1964. V. 89. P. 357 – 362.
13. Леонтьев А. В., Фомичева О. А., Проскурнина М. В., Зефирова Н. С. Современная химия оксида азота (I) // Успехи химии. 2001 № 70(2). С. 107 – 121.
14. Webb H. W., M. Sc. (B'ham) Absorption of nitrous gases. London: Edward Arnold and co, 1923. P. 372.

Информация об авторах:

Башмаков Александр Сергеевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физической, коллоидной, аналитической и органической химии КемГМА, b2techcomp@rambler.ru.

Alexander S. Bashmakov – Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor at the Department of Physical, Colloidal, Analytical and Organic Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Дягилева Елена Павловна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической, коллоидной, аналитической и органической химии КемГМА, dyagilevaep@mail.ru.

Elena P. Dyagileva – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Physical, Colloidal, Analytical and Organic Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Кургачев Дмитрий Андреевич – интерн кафедры фармацевтической химии КемГМА, Daemond91@mail.ru.

Dmitriy A. Kurgachev – Intern at the Department Pharmaceutical Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Леонтьева Елена Валерьевна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической, коллоидной, аналитической и органической химии КемГМА, elena_leonteva@list.ru.

Elena V. Leonteva – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Physical, Colloidal, Analytical and Organic Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Статья поступила в редколлегию 24.06.2015 г.

ИЗОМЕРИЗАЦИЯ И ДИССОЦИАЦИЯ ПЕРОКСОНИТРИТ ИОНА ПРИ РАСТВОРЕНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НИТРАТА КАЛИЯ, ОБЛУЧЕННОГО СВЕТОМ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 253.7 НМ

Е. П. Дягилева, М. Б. Миклин

ISOMERIZATION AND DISSOCIATION OF THE PEROXYNITRITE ION FORMED BY DISSOLVING CRYSTALLINE POTASSIUM NITRATE IRRADIATED WITH 253.7 NMLIGHT

E. P. Dyagileva, M. B. Miklin

Работа выполнена при поддержке государственного задания № 2015/64.

Показано, что наведенный фотолизом пероксонитрит в нитрате калия устойчив после растворения в сильно-щелочных растворах ($\text{pH} > 13$). При повышении pH растворения образцов от 10.5 до 14 отмечается увеличение устойчивости пероксонитрита. Растворение образцов в диапазоне pH 3 – 14 приводит к потерям пероксонитрита в разной степени, причем в интервале pH 6 ~ 13.5 пероксонитрит подвергается диссоциации с образованием нитрита с различным выходом.

Photoinduced peroxynitrite in potassium nitrate is stable after dissolution in highly alkaline solutions ($\text{pH} > 13$). Increasing the pH of the solution from 10.5 to 14 increases peroxynitrite stability. Dissolution of the samples in the pH range of 3 – 14 results in varying the degrees of peroxynitrite, and in the pH range of 6 ~ 13.5 peroxynitrite undergoes dissociation to form nitrite with different yield.

Ключевые слова: пероксонитрит ион, фотолиз нитратов, диссоциация, изомеризация.

Keywords: peroxynitrite ion, photolysis of nitrates, dissociation, isomerization.

Введение

В последнее время в разных областях научных исследований возрос интерес к химии перексоазотистой кислоты (ONOOH) и ее аниону – пероксонитрит иону (ONOO^-). Это связано с установлением его важной роли в физиологических процессах (дыхании, регуляции кровяного давления, росте опухолевых клеток и др.), химии атмосферы (как компонента фотохимического смога, полярных атмосферных облаков) и природных вод [1]. Пероксонитрит в живых клетках образуется в результате взаимодействия монооксида азота NO с супероксид-анион радикалом $\text{O}_2^{\cdot-}$ [1 – 4]. Образуясь в биологических системах, пероксонитрит оказывает на них повреждающее действие: окисляет липиды и белки, участвует в реакциях нитрования аминокислот и ферментов в присутствии катализаторов, ONOO^- протонируется при физиологических условиях с последующим гомолизом до высокоактивных гидроксильных радикалов и оксида азота и др. [1].

Для изучения взаимодействия пероксонитрит иона с различными биомишенями его синтезируют в водных щелочных растворах [1; 2]. Получение пероксонитрита также возможно в твердой фазе, например, в результате фотолиза кристаллических нитратов [5 – 8].

Согласно данным квантово-механических расчетов, приведенных в работе [9], пероксонитрит ион – плоская молекула, которая может существовать в виде цис- и транс-изомеров, причем цис-изомер энергетически наиболее выгоден. Существование двух изомеров возможно за счет наличия частичного π -связывания для связи $\text{N}-\text{O}$ [10].

Установлено, что пероксонитрит ион, полученный в водном растворе, существует в виде цис-изомера, максимум поглощения пероксонитрит иона приходится на 302 нм [11]. В работах [12 – 14] сделан вывод о том, что цис-пероксонитрит ион устойчив при pH среды более 10; а при pH ~ 2.2 при температуре 5 °C осуществляется ~ 99 % изомеризация пероксонитрит иона в нитрат ион [12].

В работе [2] сделано предположение, что пероксонитрит в клетках образуется в виде транс-изомера.

Таким образом, вопрос о конформациях пероксонитрита является весьма актуальным. Одна из причин – сложности, возникающие при объяснении механизмов взаимодействия биологических мишеней и пероксонитрита при физиологических условиях. Например, известно [2], что пероксонитрит ион, синтезированный в сильнощелочном растворе, взаимодействует с CO_2 (в диапазоне pH от 5 до 11, при 22 °C) с образованием нестабильного нитрозопероксикарбоната, который нитрует тирозин с образованием 3-нитротирозина. Однако, данные процессы отсутствуют, если пероксонитрит, образован в результате взаимодействия NO с $\text{O}_2^{\cdot-}$ при физиологических условиях (pH 7.4, 38 °C). Для объяснения причины отсутствия указанных реакций авторы работы сделали следующие предположения: в первом случае, продуктом синтеза является цис-пероксонитрит (pK_a 6.8), который участвует в реакциях; во втором случае, продуктом является транс-пероксонитрит, pK_a которого равен 8.0, поэтому при pH 7.4 происходит протонирование транс-пероксонитрит иона с образованием транс-кислоты, которая не взаимодействует с CO_2 и, соответственно, нитрование аминокислоты не происходит.

Конформация пероксонитрит иона, образующегося при фотолизе кристаллических нитратов – вопрос, который пока не имеет однозначного ответа. В работе [15] сделано предположение, что при фотолизе кристаллических щелочных нитратов наиболее вероятным является образование транс-изомера пероксонитрит иона, поскольку прямое образование цис-изомера из электронно-возбужденного нитрат иона в плотноупакованной кристаллической решетке нитратов требует значительных энергетических затрат. Сравнение квантово-механических расчетов [16] и экспериментальных данных [17] о положениях частот колебаний в ИК и КР спектрах пероксонитрита привели авторов [17] к заключению об образовании при фотолизе твердого нитрата калия цис-изомера пероксонитрита.

Сложность изучения химических реакций ONOOH и ONOO^- связана с их высокой реакционной способностью, разнообразием путей превращения, влиянием на скорость реакций и механизмы распада многих факторов: кислотность среды, температура, наличие комплексов металлов и углекислого газа, присутствие органических соединений, концентрация ONOO^- [12, 18].

Целью настоящей работы является исследование влияния pH раствора облученных кристаллических образцов нитрата калия на стабильность и пути превращения пероксонитрит иона в растворе.

Экспериментальная часть

Фотолиз нитратов. В работе использовали нитрат калия марки "х. ч.", трижды перекристаллизованный из бидистиллята. Полученные кристаллы измельчали в фарфоровой ступке, помещали тонким слоем в чашку Петри и облучали нефилтрованным светом ртутной лампы низкого давления с длиной волны 253.7 нм при периодическом перемешивании. Интенсивность излучения составила $1.6 \cdot 10^{15}$ квант·см⁻²·с⁻¹.

Определение пероксонитрит ионов. Концентрацию ионов определяли спектрофотометрически, метод основан на взаимодействии пероксонитрит иона с иодидом калия [19].

Определение зависимости выхода пероксонитрит ионов от pH раствора. Навеску облученного нитрата (0.2 г) вносили в колбу вместимостью 25 мл, содержащую 3 мл растворителя – HCl или KOH заданной концентрации, и растворяли в течение 3 минут, затем добавляли смесь (5 мл 5 % KI, 10 мл фосфатного буфера pH 6.86, 3 мл нейтрализатора определенной концентрации). Раствор доводили до метки, перемешивали и через 15 минут фотометрировали относительно «холостой» пробы при 355 нм. Молярный коэффициент поглощения I_3^- равен $(24200 \pm 200) \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Определение нитрит ионов. Определение нитрит ионов проводили по методу Шинн [20].

Определение зависимости выхода нитрит ионов от pH раствора. Навеску облученного нитрата (0.2 г) помещали в колбу (100 мл), содержащую 3 мл HCl при «кислотном» или KOH при «щелочном» растворении. Растворяли в течение 3 минут, затем раствор нейтрализовали эквивалентным количеством KOH или HCl. После чего анализ продолжали по методике, указанной в [20]: полученный раствор разбавляли до 50 мл дистиллированной водой, добавляли 1 мл реактива 1 (в 100 мл насыщенного раствора NH_4Cl добавляют 1 г сульфаниловой кислоты и 1 г фенола и доводят водой до 200 мл) и 1 мл 1 М HCl. Перемешивали, через 15 минут добавляли 5 мл 25 % NH_3 и доводили водой до метки и фотометрировали относительно «холостой» пробы при 435 нм. Молярный коэффициент поглощения дифенил-азо-п-бензол-сульфокислоты равен $(23500 \pm 700) \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Регистрация УФ спектров. Спектры регистрировали на спектрофотометре «ShimadzuUV-1700». Для этого навеску (0.2 г) облученного нитрата, помещали в колбу, содержащую 15 мл 0.1 М KOH, и проводили измерения. Регистрацию спектров поглощения проводили только после полного растворения облученных образцов и окончания газовой выделения из раствора.

Контроль среды проводили с помощью pH-метра «pH-340» (рабочий электрод – стеклянный ЭСЛ 43-07, электрод сравнения – хлорсеребряный).

Все эксперименты выполнены при комнатной температуре.

Результаты эксперимента

На рис. 1 показаны результаты химического определения пероксонитрит ионов в растворах, полученных после растворения облученных образцов нитрата калия при различных значениях pH раствора. Как видно, до $\text{pH} \leq 10$ пероксонитрит в растворе не регистрируется. При $\text{pH} > 10.5$ концентрация пероксонитрита резко возрастает. При $\text{pH} \sim 14$ его концентрация приближается к значению, определенному в условиях методики [19] с иодидом калия в буферированном растворе. В работе [19] показано, что для получения корректных результатов следует проводить химическое определение пероксонитрита с применением «быстрых» реакций, подобных реакции с иодидом.

Зависимости выхода пероксонитрита от pH раствора при введении нитрат бария до конечной концентрации в растворе $5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ и этилендиаминтетраацетат натрия до концентрации $3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ представлены на рис. 1.

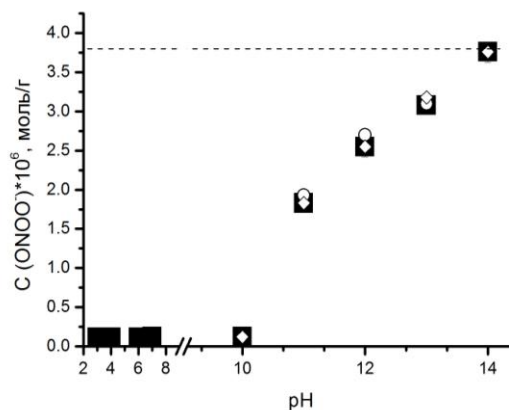


Рис. 1. Зависимость выхода пероксонитрит ионов от pH раствора облученных образцов нитрата калия (◇ – с добавками этилендиаминтетраацетата натрия, ○ – с добавками нитрата бария, ■ – без добавок, пунктир – концентрация пероксонитрит ионов, определенная в условиях методики) [19]

На рис. 2 приведена зависимость выхода нитрит ионов от pH раствора облученных образцов нитрата калия. Как нам видится, наблюдается значительный разброс полученных экспериментальных данных в диапазоне pH раствора от 6.5 до 12. Наибольшее увеличение концентрации нитрит ионов наблюдается в диапазоне pH 10 – 11, при pH более 11 концентрация нитрит ионов уменьшается.

На рис. 3 показана полоса поглощения, обусловленная пероксонитритом, полученная при растворении облученного нитрата калия при pH 13. Максимум поглощения пероксонитрита приходится на 302 нм, что характерно для цис-изомера.

Результаты исследования кинетики пероксонитрита показывают, что только в сильнощелочных растворах (pH 13, 14) он устойчив в течение часа; при растворении облученных образцов при значениях pH < 13 наблюдается уменьшение интенсивности полосы поглощения (рис. 4).

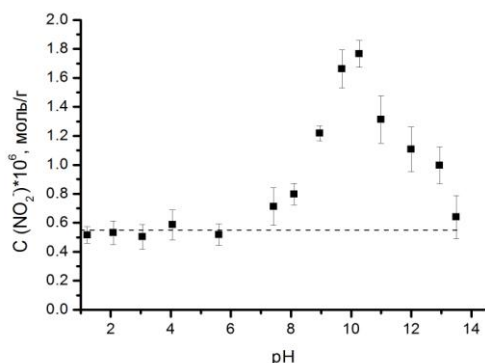


Рис. 2. Зависимость выхода нитрит ионов от pH раствора облученных образцов нитрата калия (пунктир – концентрация нитрит иона, определенная в условиях методики) [20]

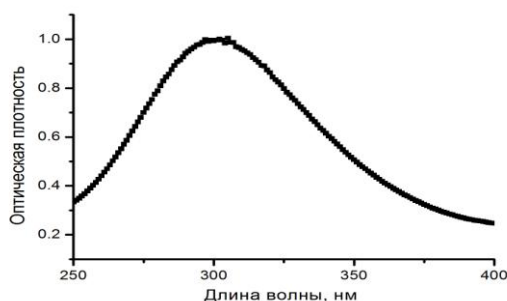


Рис. 3. Полоса поглощения, обусловленная пероксонитритом (растворение облученного нитрата калия в растворе при pH 13)

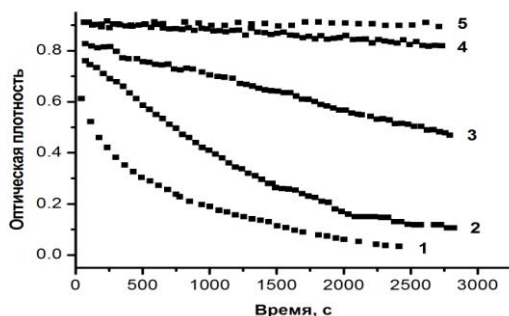


Рис. 4. Кинетические кривые убыли пероксонитрита при выдержке облученных образцов в растворах с разным значением pH среды: 1) 11, 2) 11.5, 3) 11.8, 4) 13, 5) 14

Обсуждение результатов

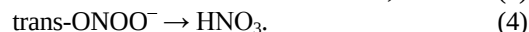
Из экспериментальных результатов, приведенных на рис. 1, видно, что потери пероксонитрита происходят даже при растворении в сильнощелочных растворах. Предполагаемые причины разложения и/или изомеризации пероксонитрита в условиях данного эксперимента при $\text{pH} > 12$ могут быть связаны с выделением теплоты при проведении реакции нейтрализации сильнощелочных растворов соответствующими количествами кислоты. Другой возможной причиной, влияющей на поведение пероксонитрита в растворе могут

быть конкурирующие реакции, а именно CO_2 – катализируемая изомеризация пероксонитрита (pH независимая реакция, $k = 3 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ [18]) и его изомеризация в присутствии ионов тяжелых d -металлов в нитрат ион [21]. Совокупность экспериментальных данных, приведенных на рис. 1, позволяет сделать вывод о том, что при определении пероксонитрита с применением методики с иодидом калия [19] эти факторы не оказывают влияния на скорость процессов разложения и/или изомеризации.

Данные приведенные на рис. 2 показывают, что наибольшее увеличение концентрации нитрита наблюдается при $\text{pH} \sim 10$, что, очевидно, обусловлено высокой степенью разложения пероксонитрита до нитрита и молекулярного кислорода. Если растворение образцов проводить при pH менее 6, то пероксонитрит не дает вклада в анализ на нитрит ион, так как, повидимому, практически полностью переходит в нитрат ион, как и в случае изомеризации цис-изомера пероксонитрита иона в аналогичных условиях [21]. При pH более 10.5 концентрация нитрит ионов уменьшается, вероятно, это связано с увеличением стабильности пероксонитрита в этих условиях.

Экспериментально полученная pH зависимость при определении выхода пероксонитрита в облученных образцах нитрата калия, приведенная на рис. 1, смещена относительно экспериментально полученных pH зависимостей для цис-изомера пероксонитрита, приведенных в литературе [17, 22, 23], в более щелочную область. Исходя из данных на рис. 1 и 2, можно примерно оценить значение pK_a для пероксоазотистой кислоты – значение находится в диапазоне от 10 до 12. В литературе приводятся следующие значения констант кислотно-основного равновесия: для цис-формы пероксоазотистой кислоты $\text{pK}_a \sim 6.8$ [17, 22, 23], и для транс-формы пероксоазотистой кислоты предполагаются значения pK_a от 8 и выше [17; 23]. Таким образом, можно предположить, что при фотолизе нитрата калия образуется транс-изомер.

По-нашему мнению, наблюдаемый сдвиг выхода пероксонитрита от pH раствора облученных образцов в щелочную область (рис. 1), примерно оцененное значение pK_a и наблюдаемый максимум поглощения пероксонитрита при 302 нм (рис. 3), можно объяснить образованием транс-изомера пероксонитрита при фотолизе нитратов щелочных металлов, который переходит в цис-изомер при растворении облученных образцов. Возможный механизм, происходящий при растворении облученного нитрата калия, можно представить следующими процессами:



Однако в настоящее время теоретические или экспериментальные значения констант скорости реакции не установлены.

Заключение

Совокупность экспериментальных данных, полученных в настоящей работе, позволяет сделать предположение, что при фотолизе нитрата калия наиболее вероятным является образование транс-изомера пероксонитрита, который при растворении облученных образцов нитрата изомеризуется в цис-изомер. Устойчи-

вость транс-пероксонитрита ниже по сравнению с устойчивостью цис-пероксонитрита, так как транс-изомер начинает гибнуть в растворе при $\text{pH} < 13$, а цис-изомер – при $\text{pH} < 10$ [12 – 14]. Очевидно, что цис- и транс-изомеры пероксонитрита в растворах различной кислотности проявляют различную реакционную спо-

собность. Это весьма важно и может использоваться при обсуждении механизмов реакций пероксонитрита с различными биологическими молекулами, протекающих в физиологических условиях, поскольку при их установлении активно рассматривают реакции с участием как цис-, так и транс- изомеров пероксонитрита.

Литература

1. Лобачев В. Л., Рудаков Е. С. Химия пероксинитрита. Кинетика и механизм реакций // Успехи химии. 2006. Т. 75. № 5. С. 422 – 444.
2. Pfeiffer S., Mayer B. Lack of Tyrosine Nitration by Peroxynitrite Generated at Physiological pH // J. Biol. Chem. 1998. V. 273. № 42. P. 27280 – 27285.
3. Khan A. U., Kovacic D., Kolbanovskiy A. [et al.]. The decomposition of peroxynitrite to nitroxyl anion (NO^-) and oxygen in aqueous solution // PNAS. 2000. V. 97. № 7. P. 2984 – 2989.
4. Jourdain D., Jourdain F. L., Kutchukian P. S. Reaction of Superoxide and Nitric Oxide with Peroxynitrite // J. Biol. Chem. 2001. V. 276. № 31. P. 28799 – 28805.
5. Ананьев В. А., Миклин М. Б., Власкин В. А., Кригер Л. Д. Фотолиз нитратов щелочных металлов // Химия высоких энергий. 1997. Т. 31. № 2. С. 114 – 117.
6. Кригер Л. Д., Миклин М. Б., Дягилева Е. П., Ананьев В. А. Фотолиз нитратов щелочно-земельных металлов // Журнал физической химии. 2013. Т. 87. № 2. С. 326 – 330.
7. Anan'ev V. A. Defects formation under photolysis of crystalline alkali nitrates // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2010. V. 15. P. 012078.
8. Миклин М. Б., Ананьев В. А., Лырчиков С. Ю., Нелюбина Н. В., Скибина А. В. Образование пероксонитрита и нитрита при фотолизе кристаллических нитратов // Ползуновский вестник. 2006. № 2 – 1. С. 53 – 56.
9. McGrath M. P., Franel M. M., Rowland F. S. Hehre W. J. Isomers of nitric acid and chlorine nitrate // J. Phys. Chem. 1988. V. 92. № 19. P. 5352 – 5357.
10. Tsai H. H., Hamilton T. P., Tsai J. H. M. Ab Initio and NMR Study of Peroxynitrite and Peroxynitrous Acid: Important Biological Oxidants // J. Phys. Chem. Soc. 1996. V. 100. № 37. P. 15087 – 15095.
11. Hughes M. H., Nicklin H. G. The chemistry of pernitrites. Part I. Kinetics of decomposition of pernitrous acid // J. Chem. Soc. 1968. P. 450 – 452.
12. Kissner R., Koppenol W. H. Product Distribution of Peroxynitrite Decay as a Function of pH, Temperature, and Concentration // J. Am. Chem. Soc. 2002. V. 124. № 2. P. 234 – 239.
13. Logager T., Sehested K. Formation and Decay of Peroxynitrous Acid: A Pulse Radiolysis Study // J. Phys. Chem. 1993. V. 97. P. 6664 – 6669.
14. Beckman J. S., Beckman T. W., Chen J. [et al.]. Apparent hydroxyl radical production by peroxynitrite: implications for endothelial injury from nitric oxide and superoxide // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1990. V. 87. P. 1620 – 1624.
15. Миклин М. Б., Невоструев В. А. О механизме образования и конформациях пероксонитрита // Журнал научной и прикладной фотографии. 2002. Т. 47. № 5. С. 3 – 7.
16. Liang B., Andrews L. Infrared Spectra of cis- and trans-Peroxynitrite Anion, OONO^- , in Solid Argon // J. Am. Chem. Soc. 2001. V. 123. № 40. P. 9848 – 9854.
17. Tsai J. H. M., Harrison J. G., Martin J. C. [et al.]. Role of Conformation of Peroxynitrite Anion (ONOO^-) with Its Stability and Toxicity // J. Am. Chem. Soc. 1994. V. 116. № 9. P. 4115 – 4116.
18. Lyman S. V., Hurst J. K. Rapid Reaction between Peroxonitrite Ion Carbon Dioxide: Implication of Biological Activity // J. Am. Chem. Soc. 1995. V. 117. № 34. P. 8867 – 8868.
19. Шрайбман Г. Н., Дягилева Е. П., Скибина А. В. Спектрофотометрические методики определения пероксонитрита и нитрита // Вестник КемГУ. 2011. № 1(45). С. 200 – 206.
20. Уильямс У. Дж. Определение анионов. М.: Химия, 1982. 148 с.
21. Plumb R. C., Edwards J. O. Problem of Concurrent Measurements of Peroxonitrite and Nitrite Contents // Analyst. 1992. V. 117. P. 1639 – 1641.
22. Koppenol W. H. The basic chemistry of nitrogen monoxide and peroxynitrite // Free Radic. Biol. Med. 1998. V. 25. № 4/5. P. 385 – 391.
23. Crow J. P., Spruell C., Chen J. [et al.]. On the pH-dependent yield of hydroxyl radical products from peroxynitrite // Free Radical Biol. Med. 1994. V. 16. P. 331 – 338.

Информация об авторах:

Дягилева Елена Павловна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической, коллоидной, аналитической и органической химии КемГМА, dyagilevaep@mail.ru.

Elena P. Dyagileva – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Physical, Colloidal, Analytical and Organic Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Миклин Михаил Борисович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физической химии КемГУ, miklin@kemsu.ru.

Mikhail B. Miklin – Candidate of Chemistry, Senior Research Associate at the Department of Physical Chemistry, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ CeO_2 , СИНТЕЗИРОВАННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

А. А. Кравцов, Н. С. Семенова, А. В. Блинов, М. А. Ясная, Д. Г. Селеменова

INVESTIGATION OF ACID-BASE PROPERTIES OF THE SURFACE OF CeO_2 NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD

A. A. Kravtsov, N. S. Semenova, A. V. Blinov, M. A. Yasnaya, D. G. Selemenova

Золь-гель методом осуществлен синтез наноразмерного CeO_2 . Были определены оптимальные условия получения устойчивых гелей CeO_2 . Структуру и фазовый состав образцов исследовали методом рентгенофазового анализа. Полученные образцы представляли собой диоксид церия с кубической гранцентрированной кристаллической решеткой. Посредством индикаторного метода исследованы кислотно-основные свойства поверхности наноразмерного CeO_2 , синтезированного из различных прекурсоров. Адсорбция индикаторов на поверхности оксидов позволяет определить качественный состав и концентрацию активных центров на поверхности оксида, а также распределение активных центров по силе. Обработка результатов, полученных на основании исследования природы и концентрации активных центров на поверхности образцов CeO_2 , прокаленных при температурах больше 400°C , позволило выделить активные центры, концентрация которых значительно изменяется с изменением температуры прокаливания. Это активные центры с $\text{pKa} = 3,8$, $\text{pKa} = 5,2$, $\text{pKa} = 6,4$ и $\text{pKa} = 9,4$. Для образцов, прокаленных при различных температурах, концентрация активных центров с основной природой выше, чем концентрация кислотных и нейтральных активных центров. При температуре прокаливания менее 800°C преимущественно происходит образование вакансий кислорода за счет удаления кислорода с поверхности CeO_2 . Удаление атомов церия с поверхности начинается при более высоких температурах.

Nano-sized CeO_2 was synthesized by the sol-gel method. The optimal conditions for stable CeO_2 gels obtaining were determined. The structure and phase composition of the samples were studied by X-ray diffraction. Obtained samples consisted of ceria with face-centered cubic crystal lattice. Acid-base properties of the nano CeO_2 surface were investigated by the indicator method. Adsorption of indicators on the surface of oxides allows determining the qualitative composition and concentration of active sites on the oxide surface, and distribution of active sites by the force. Processing of the results based on study of CeO_2 samples, calcined at temperatures above 400°C , allowed identifying the active sites, whose concentration varies significantly with changing the calcination temperature. That was active sites with $\text{pKa} = 3.8$, $\text{pKa} = 5.2$, $\text{pKa} = 6.4$ and $\text{pKa} = 9.4$. For the samples calcined at different temperatures the concentration of basic active sites is higher than the concentration of acid and neutral active sites. When the calcination temperature is below 800°C , mainly the formation of oxygen vacancies occurs due to the removal of oxygen from the surface of CeO_2 . Removal of cerium atoms from the surface begins at higher temperatures.

Ключевые слова: наночастицы CeO_2 , золь-гель метод, рентгенофазовый анализ, кислотно-основные свойства, индикаторный метод.

Keywords: CeO_2 nanoparticles, sol-gel method, X-ray analysis, acid-base properties, indicator method.

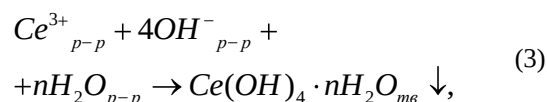
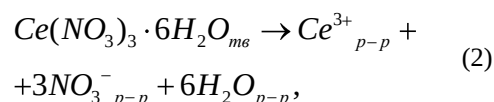
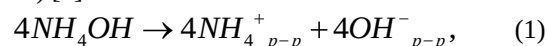
На сегодняшний день многие авторы уделяют внимание наноразмерному оксиду церия. Это обусловлено его уникальными физико-химическими свойствами [1]. CeO_2 имеет перспективы применения для химических сенсоров, в качестве легирующей примеси в матрицах других материалов [2; 3]. Как примесь, оксид церия привлекает внимание, в связи с его особыми оптическими и каталитическими свойствами, вытекающими из наличия экранированных 4f-уровней, и окислительно-восстановительной пары $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$ [4].

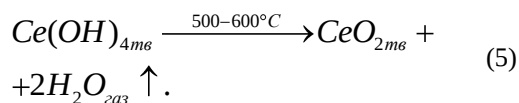
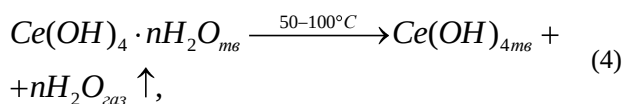
Для оксидов церия характерна высокая каталитическая активность [5 – 7]. Поверхностное состояние наноразмерных материалов оказывает сильное влияние на их каталитические свойства, в связи с чем актуальной задачей является изучение кислотно-основных свойств поверхности наноразмерного CeO_2 [8].

Синтез наночастиц диоксида церия был осуществлен золь-гель методом. В качестве прекурсоров использовали сульфат церия (IV) и нитрат церия (III). Для осаждения гидроксида церия из нитрата церия

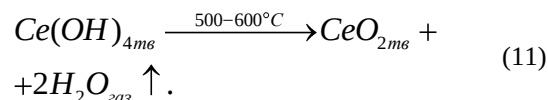
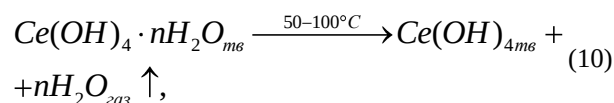
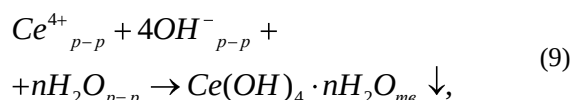
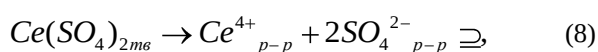
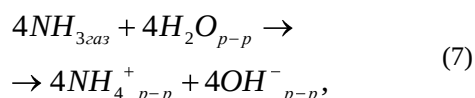
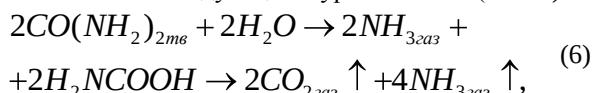
использовали аммиак, для осаждения из сульфата церия был использован карбамид. Методика синтеза состояла из следующих стадий: приготовление растворов исходных реагентов, синтез геля $\text{Ce}(\text{OH})_4$, отмывка центрифугированием, прокаливание полученного гидроксида церия при температурах 125, 250, 500, 800°C .

Уравнения реакций, протекающих в процессе получения оксида церия из нитрата церия, представлены ниже (1–5) [9]:





Процесс получения оксида церия из сульфата церия описывается следующими уравнениями (6 – 11):



Структуру и фазовый состав образцов исследовали методом рентгенофазового анализа. Дифрактограммы образцов гелей гидроксида церия, синтезированных из нитрата церия и прокаленных при различных температурах представлены на рис. 1. На дифрактограммах присутствуют пики, характерные для диоксида церия с кубической гранецентрированной кристаллической решеткой.

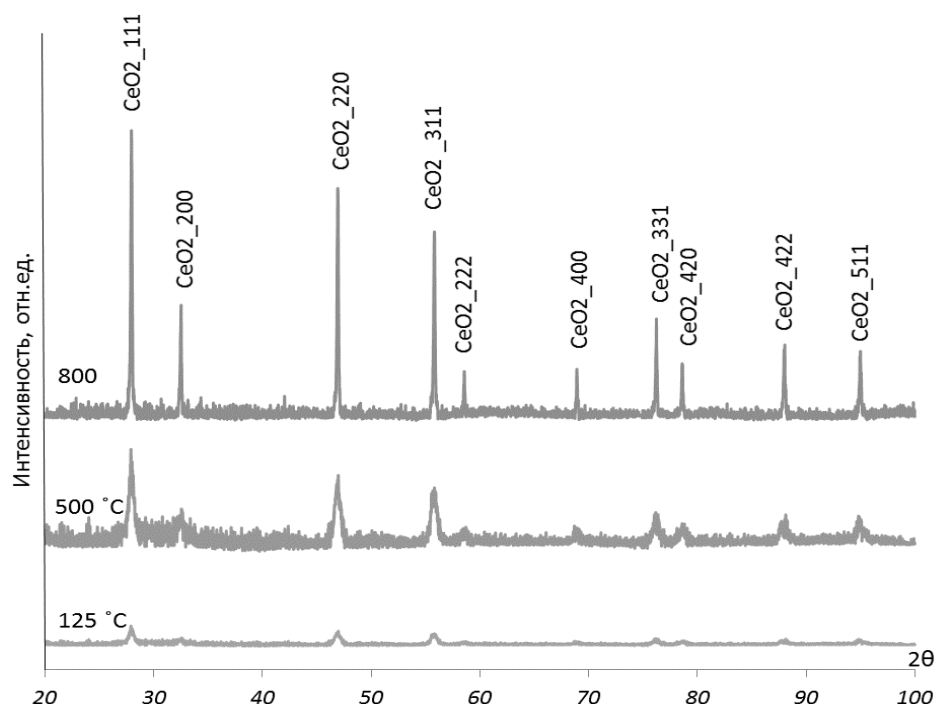


Рис. 1. Дифрактограммы образцов гелей гидроксида церия, полученных из нитрата церия, прокаленных при температурах от 125 до 800 °С

Образец, высушенный при 125 °С, имеет малоинтенсивные и уширенные характеристические пики, что свидетельствует об аморфности его структуры.

С увеличением температуры прокаливания интенсивность характеристических пиков увеличивается, что связано с увеличением доли кристаллизовавшегося оксида церия.

Дифрактограммы образцов гелей $Ce(OH)_4$, полученных из сульфата церия имеют аналогичный вид.

Для определения диаметра частиц CeO_2 , образцы гелей, прокаленных при 500 °С, были редиспергированы в воде и исследованы с помощью акустической

спектроскопии на комплексе для диагностики суспензий методом акустической спектроскопии и электроакустического эффекта DTI DT1202. На рис. 2 представлены гистограммы распределения по размерам образцов наноразмерного CeO_2 , синтезированных из нитрата и сульфата церия, прокаленных при 500 °С.

Как видно из представленных гистограмм, средний диаметр частиц оксида церия в образце, синтезированном из нитрата церия, составил 8 нм. Для образца, синтезированного из сульфата, средний диаметр частиц составил порядка 350 нм.

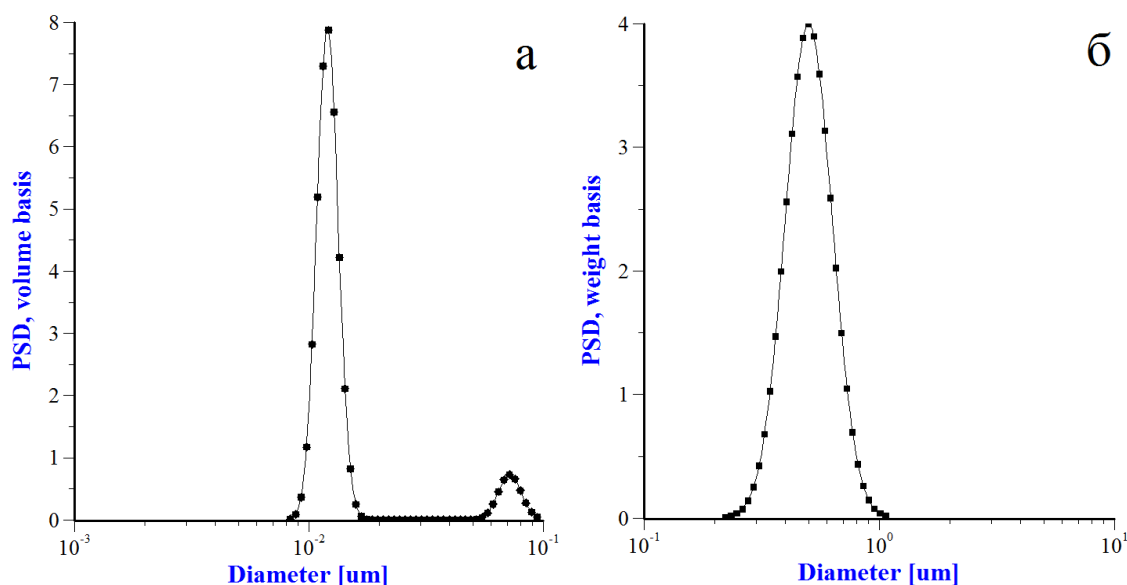


Рис. 2. Гистограммы распределения частиц по размерам в суспензиях редиспергированных в воде образцов CeO_2 , синтезированных из нитрата (а) и сульфата церия (б), прокаленных при 500 °С

Для исследования кислотно-основных свойств поверхности полученных образцов CeO_2 , гидратированных и безводных, использовали индикаторный метод. Адсорбция индикаторов на поверхности оксидов позволяет определить качественный состав и кон-

центрацию активных центров на поверхности оксида, а также распределение активных центров по силе.

Вещества и реактивы, которые использовались для приготовления растворов индикаторов, представлены в таблице 1. Для каждого индикатора вначале готовился исходный раствор.

Таблица 1

Исходные вещества и реактивы для проведения индикаторного анализа

№ п/п	Название	Формула	Класс чистоты	ГОСТ или ТУ
1	Бриллиантовый зеленый	$\text{C}_{29}\text{H}_{37}\text{N}_2\text{O}_4$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 4278 – 88
2	Фуксин основной	$\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{N}_3\text{Cl}$	ч.	ТУ 6 – 09 – 3804 – 82
3	Метиловый оранжевый	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNa}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 5171 – 84
4	Бромфеноловый синий	$\text{C}_{19}\text{H}_9\text{Br}_4\text{O}_5\text{SNa}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 1058 – 76
5	Метиловый красный	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 5169 – 84
6	Бромкрезоловый пурпурный	$\text{C}_{21}\text{H}_{16}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 1386 – 76
7	Бромтимоловый синий	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 2086 – 80
8	Нейтральный красный	$\text{C}_{15}\text{H}_{17}\text{N}_4\text{Cl}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 07 – 1634 – 87
9	Фенолфталеин	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	ч.д.а.	ГОСТ 5850 – 72
10	Ализариновый красный	$\text{C}_{14}\text{H}_7\text{NaO}_7\text{S} \cdot \text{H}_2\text{O}$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 07 – 1598 – 87
11	Индигокармин	$\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$	ч.д.а.	ТУ 6 – 09 – 714 – 71
12	Спирт этиловый, 95 %	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	экстра	ГОСТ Р 51723 – 2001
13	Вода дистиллированная	H_2O	–	ГОСТ 6709 – 72

В таблице 2 приведены массы навесок индикаторов, необходимые для приготовления исходных растворов индикаторов.

Таблица 2

Массы навесок для приготовления растворов индикаторов

№ п/п	Название индикатора	Молярная масса, г / моль	Масса навески, г	Растворитель
1	Бриллиантовый зеленый	475,60	0,1	Этанол
2	Фуксин основной	323,83	0,1	50 % этанол
3	Метиловый оранжевый	327,32	0,1	Вода
4	Бромфеноловый синий	669,96	0,1	20 % этанол
5	Метиловый красный	296,30	0,1	60 % этанол
6	Бромкрезоловый пурпурный	557,30	0,1	20 % этанол
7	Бромтимоловый синий	624,38	0,1	20 % этанол
8	Нейтральный красный	288,78	0,1	60 % этанол
9	Фенолфталеин	318,23	0,1	60 % этанол
10	Ализариновый красный	360,27	0,1	Вода
11	Индигокармин	422,38	0,25	50 % этанол

Методика проведения анализа кислотно-основных свойств:

Для каждого индикатора готовились пять проб:

1. Три параллельных пробы (0,1 г порошка анализируемого оксида + 3 мл индикатора).
2. Холостая проба (0,1 г порошка анализируемого оксида + 2 мл воды дистиллированной).
3. Раствор чистого индикатора объемом 3 мл.

Пробы тщательно перемешивались и выдерживались в течение суток при температуре 20 °С. Затем перед измерением в три параллельные пробы и пробы чистого индикатора добавлялось по 2 мл воды и про-

бы перемешивались, а в холостую пробу добавлялось 3 мл индикатора, после чего проба также перемешивалась. Полученные растворы, содержащие навеску исследуемого порошка, центрифугировались в течение 3 минут при 9000 об/мин. Подготовленные таким образом растворы использовались для дальнейших исследований на спектрофотометре.

Набор используемых индикаторов позволял регистрировать кислотно-основные свойства в диапазоне рКа от 1,3 до 12,8. Некоторые характеристики использованных индикаторов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные характеристики использованных индикаторов

№ п/п	Индикатор	рКа	Длина волны максимального поглощения, λ, нм
1	Бриллиантовый зеленый	1,3	610
2	Фуксин основной	2,1	540
3	Метиловый оранжевый	3,46	464
4	Бромфеноловый синий	4,1	590
5	Метиловый красный	5,2	530
6	Бромкрезоловый пурпурный	6,4	540
7	Бромтимоловый синий	7,4	540
8	Нейтральный красный	9,2	430
9	Фенолфталеин	9,4	440
10	Ализариновый красный	10,5	425
11	Индигокармин	12,8	610

Количественное определение центров адсорбции (а, ммоль/г) проводилось спектрофотометрическим методом в УФ и видимой областях спектра.

Исследуемые растворы подвергались спектрофотометрии в кюветах толщиной 1 мм относительно дистиллированной воды на спектрофотометре «UNICO 2802 S» при длине волны, соответствующей максимуму поглощения каждого индикатора (таблица 3).

По полученным данным проводился расчет удельной адсорбции и строилась ее зависимость от рКа.

Расчет удельной адсорбции g, моль / г:

$$g = \frac{cV}{D_0} \cdot \left| \frac{D_0 - D_1}{a_1} \pm \frac{D_0 - D_2}{a_2} \right| \quad (12)$$

где с – концентрация индикатора, моль/дм³; V – объем пробы, дм³; D₀ – оптическая плотность исходного индикатора; D₁ – оптическая плотность индикатора после сорбции образцом; D₂ – оптическая плотность холостой пробы (растворитель + образец материала); a₁, a₂ – навески образца, г.

При проведении расчета следует учитывать, что если $D_1 > D_0$ и $D_2 < D_0$ или $D_1 < D_0$ и $D_2 > D_0$, то берется знак «+», а если $D_1 > D_0$ и $D_2 > D_0$ или $D_1 < D_0$ и $D_2 < D_0$, то берется знак «-».

Погрешность измерения прибором не превышала 1 %. Данная методика позволила провести оценку общих кислотно-основных свойств поверхности ок-

сида с дифференциацией реакционных центров по силе в зависимости от рКа используемых индикаторов.

До температуры разложения синтезированные образцы существуют в виде $\text{Ce}(\text{OH})_4$, который является амфотерным соединением. Возможные типы кислотно-основных центров на поверхности гидратированного оксида церия схематично представлены на рис. 3.

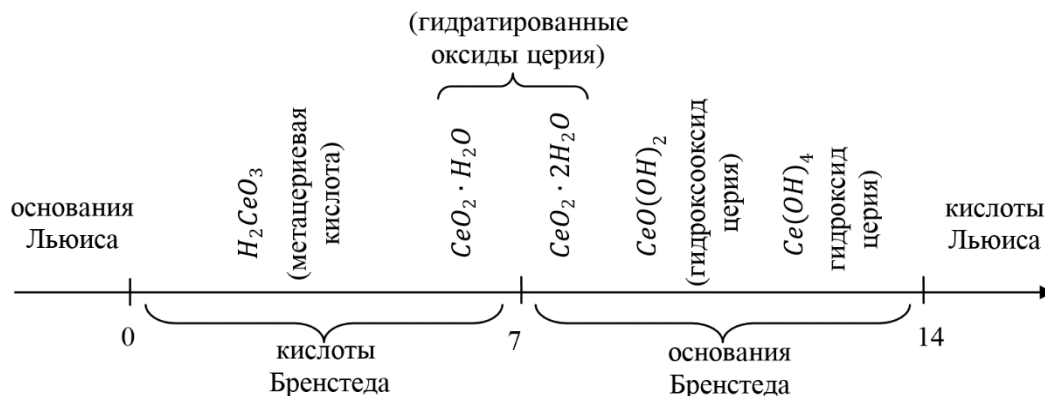


Рис. 3. Типы кислотно-основных центров на поверхности $\text{CeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

В литературных источниках указывается что при температурах выше 500 – 600 °С происходит полное разложение гидроксида церия до его оксида [9]. В связи с этим, экспериментальные данные были разделены на 2 группы:

а) образцы, прокаленные при температуре ниже температуры разложения $\text{Ce}(\text{OH})_4$;

б) образцы, прокаленные при температурах выше температуры разложения $\text{Ce}(\text{OH})_4$.

На рис. 4 и 5 представлены результаты исследования кислотно-основных свойств поверхности образцов гидратированного оксида церия, полученных из нитрата церия, прокаленных при температурах 125 и 250 °С.

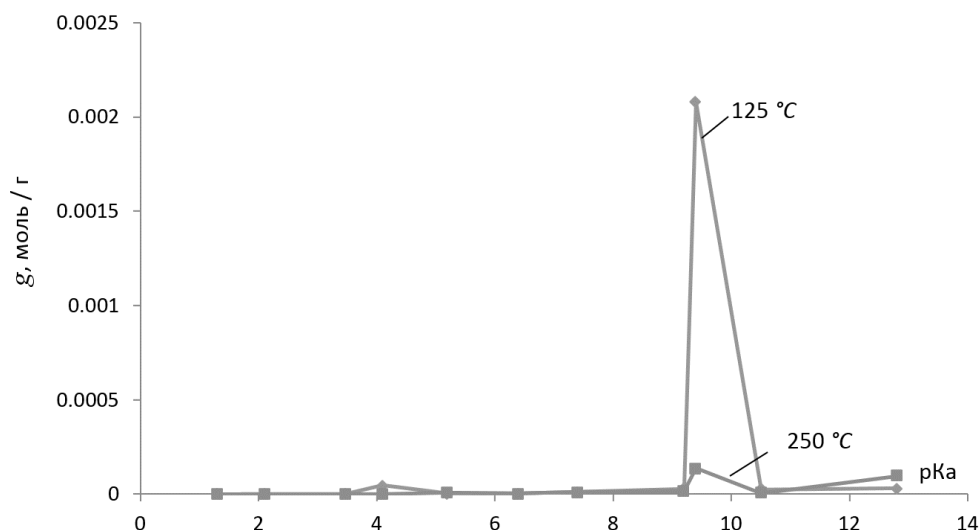


Рис. 4. Результаты исследования кислотно-основных свойств поверхности образцов гидратированного оксида церия, полученных из нитрата церия, прокаленных при 125 и 250 °С

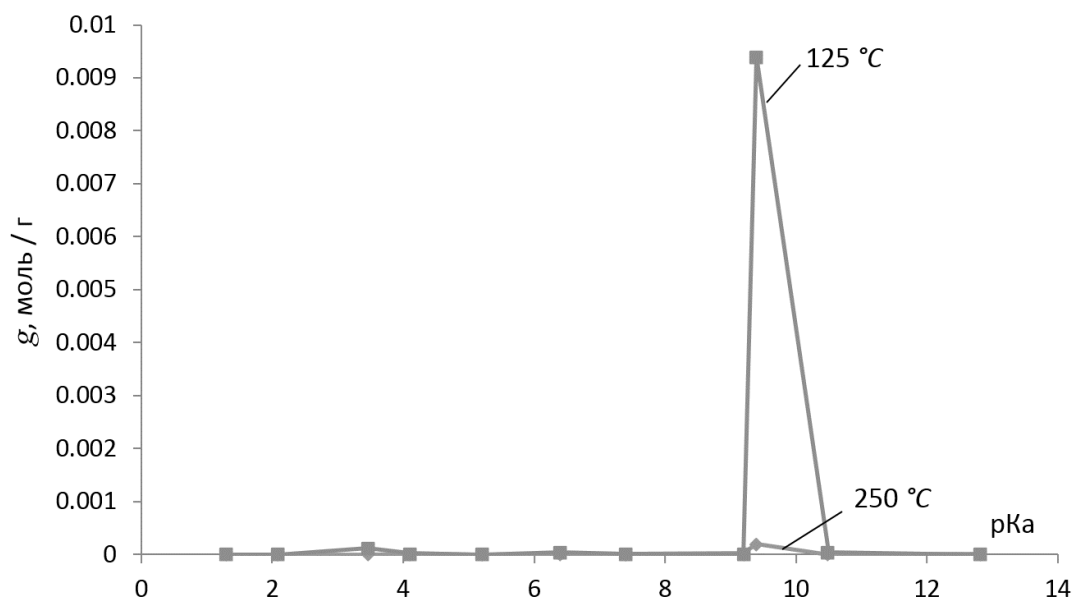


Рис. 5. Результаты исследования кислотно-основных свойств поверхности образцов гидратированного оксида церия, полученных из сульфата церия, прокаленных при 125 и 250 °C

Как следует из рис. 4 и 5, вне зависимости от способа получения оксида церия, превалируют активные центры, имеющие основную природу. При увеличении температуры прокаливания от 125 °C до 250 °C происходит резкое уменьшение концентрации основных центров, вследствие частичного разложения гидроксида церия до оксида церия (IV). При температурах прокаливания выше 500 °C происходит полное разложение гидроксида церия до безводного оксида. Возможные типы кислотно-основных центров на поверхности CeO_2 при температурах прокаливания 500, 650 и 800 °C схематично представлены на рис. 6. Роль кислот и оснований Льюиса и Бренстеда начинают выполнять вакансии кислорода и церия.

Процессы образования вакансий при прокаливании оксида церия описываются уравнениями (12) и (13):

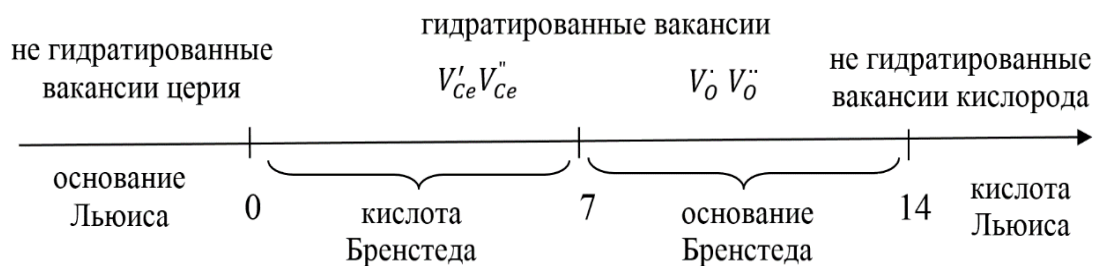
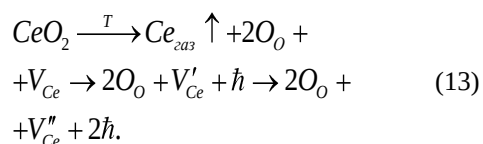
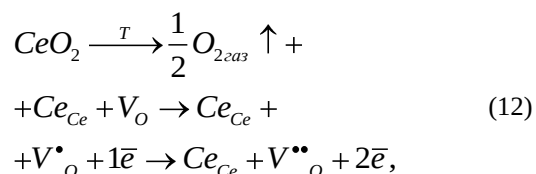


Рис. 6. Типы кислотно-основных центров на поверхности CeO_2 при температурах прокаливания 500, 650 и 800 °C

Обработка результатов, полученных на основании исследования природы и концентрации активных центров на поверхности образцов CeO_2 , прокаленных при температурах больше 500 °C, позволило выделить активные центры, концентрация которых значительно изменяется с изменением температуры прокаливания.

Это активные центры с $\text{pKa} = 3,8$, $\text{pKa} = 5,2$, $\text{pKa} = 6,4$ и $\text{pKa} = 9,4$.

На рис. 7 и 8 представлены гистограммы изменения концентрации активных центров при температурах прокаливания от 500 до 800 °C для образцов CeO_2 , полученных из нитрата и сульфата церия.

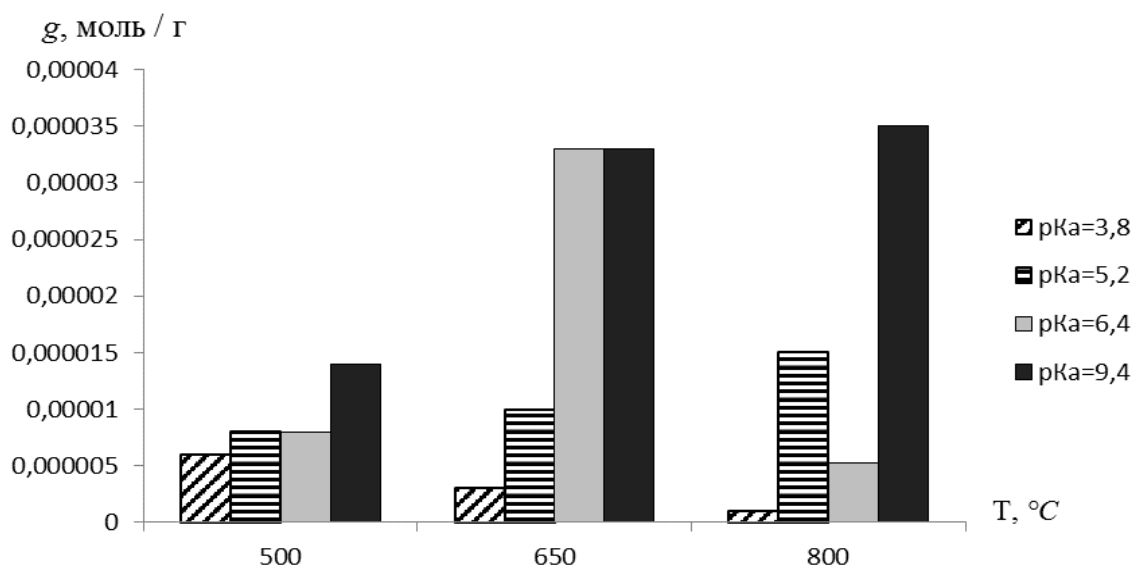


Рис. 7. Изменение концентрации активных центров с различными значениями pK_a на поверхности образцов оксида церия, полученных из нитрата церия, прокаленных при температурах от 500 до 800 °С

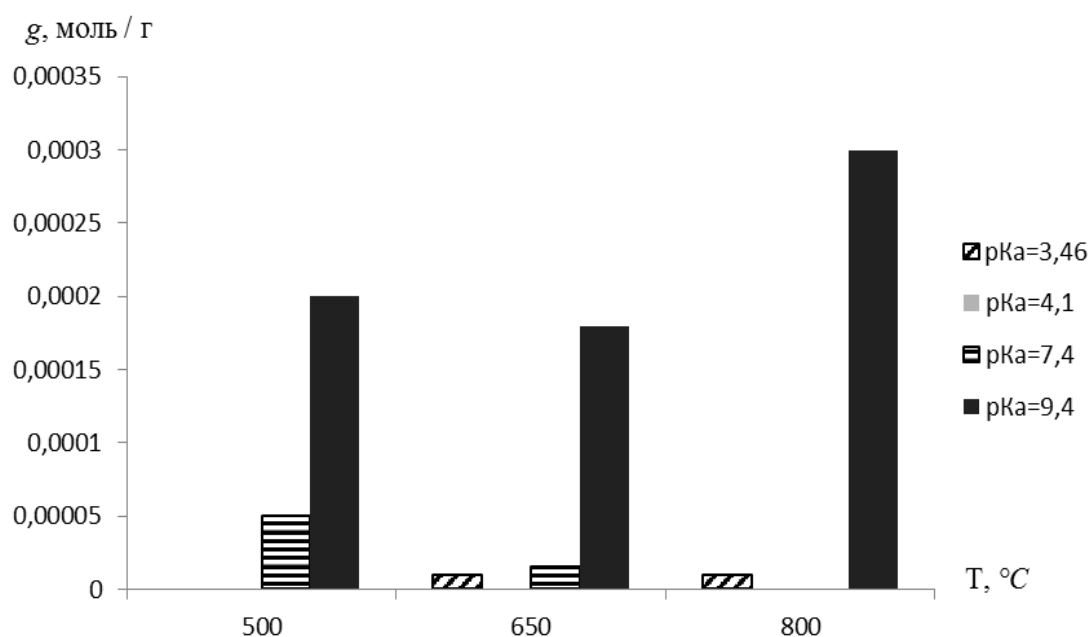


Рис. 8. Изменение концентрации активных центров с различными значениями pK_a на поверхности образцов оксида церия, полученных из сульфата церия, прокаленных при температурах от 500 до 800 °С

Как видно из приведенных гистограмм, концентрация основных центров, при увеличении температуры от 500 до 800 °С, увеличивается в 1,5 – 2 раза, причем резкое увеличение происходит при переходе от 500 до 650 °С. Это может быть связано с процессом разложения гидроксида церия до его оксида. Изменение концентрации основных центров при переходе от 650 до 800 °С менее значительно.

Для образцов, прокаленных при различных температурах, концентрация активных центров с основ-

ной природой выше, чем концентрация кислотных и нейтральных активных центров. При температуре прокаливания менее 800 °С преимущественно происходит образование вакансий кислорода за счет удаления кислорода с поверхности CeO_2 . Удаление атомов церия с поверхности начинается при более высоких температурах.

Литература

1. Skorodumova N. V. [et al.]. Electronic, bonding, and optical properties of CeO₂ and Ce₂O₃ from first principles // Physical Review B. Vol. 64. 115108. The American Physical Society, 2001.
2. Chenguo Hu [et al.]. Direct synthesis and structure characterization of ultrafine CeO₂ nanoparticles, Institute of Physics Publishing // Nanotechnology 17, 2006. P. 5983 – 5987.
3. Guzman C. [et al.]. Gold Particle Size Determination on Au/TiO₂-CeO₂ Catalysts by Means of Carbon Monoxide, Hydrogen Chemisorption and Transmission Electron Microscopy // Journal of Nano Research. Vol. 5. 2009. P. 13 – 23.
4. Kullgren J. Oxygen Vacancy Chemistry // Ceria Acta Universitatis Upsaliensis. Digital comprehensive Summaries of Uppsala dissertations from the Faculty of Science and Technology 896. 2012. 55 p.
5. Lawrence Neil J. Synthesis and Catalytic Activity of Nanostructured Cerium Oxide // Student Research Projects, Dissertations, and Theses. Chemistry Department Paper 16. 2010.
6. Zholobak N. M. [et al.]. // J. Photochem. Photobiol. B. 2011.
7. Kuen-Song Lin. Synthesis, Characterization, and Application of 1-D Cerium Oxide Nanomaterials: A Review // Int. J. Mol. Sci. 2010. P. 3226–3251.
8. Davis J. A., James R. O., Leckie J. O. // J. Colloid and Interface Sci. 1978. Vol. 61. № 3. P. 480.
9. Ketzial J. J., Nesaraj S. A. Synthesis of CeO₂ nanoparticles by chemical precipitation and the effect of a surfactant on the distribution of particle sizes // Journal of Ceramic Processing Research. 2011. Vol. 12. № 1. P. 74 – 79.

Информация об авторах:

Кравцов Александр Александрович – аспирант кафедры технологии наноматериалов института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий Северо-Кавказского федерального университета, Россия, sanya-kravtsov@ya.ru.

Alexander A. Kravtsov – post-graduate student at the Department of Technology of Nanomaterials, Institute of Electric Power, Electronics and Nanotechnology, North-Caucasian Federal University.

(Научный руководитель – **М. А. Ясная**). (Academic advisor – **М. А. Yasnaya**).

Семенова Наталья Сергеевна – магистрант кафедры физики, электротехники и электроники института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий, Северо-Кавказского федерального университета, Россия, natasha-semenova92@mail.ru.

Natalya S. Semenova – Master's Degree student at the Department of Physics, Electrical and Electronics, Institute of Electric Power, Electronics and Nanotechnology, North-Caucasian Federal University.

(Научный руководитель – **М. А. Ясная**). (Academic advisor – **М. А. Yasnaya**).

Блинов Андрей Владимирович – аспирант кафедры технологии наноматериалов института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий Северо-Кавказского федерального университета, Россия, blinov.a@mail.ru.

Andrey V. Blinov – post-graduate student at the Department of Technology of Nanomaterials, Institute of Electric Power, Electronics and Nanotechnology, North-Caucasian Federal University.

(Научный руководитель – **М. А. Ясная**). (Academic advisor – **М. А. Yasnaya**).

Ясная Мария Анатольевна – кандидат химических наук, доцент кафедры технологии наноматериалов института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий Северо-Кавказского федерального университета, Россия, jasnaja.marija@mail.ru.

Maria A. Yasnaya – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Technology of Nanomaterials, Institute of Electric Power, Electronics and Nanotechnology, North-Caucasian Federal University.

Селеменова Дарья Геннадиевна – магистрант кафедры физики, электротехники и электроники института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий Северо-Кавказского федерального университета, Россия, saturn-91@bk.ru.

Daria G. Selemeneva – Master's Degree student at the Department of Physics, Electrical and Electronics, Institute of Electric Power, Electronics and Nanotechnology, North-Caucasian Federal University.

(Научный руководитель – **М. А. Ясная**). (Academic advisor – **М. А. Yasnaya**).

Статья поступила в редколлегию 10.08.2015 г.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ВЗРЫВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. Крашенинин, Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, А. С. Зверев, Н. В. Газенаур

CRYSTALLIZATION IN ELECTRIC FIELD AS THE WAY OF CONTROL OF EXPLOSIVE SENSITIVITY OF ENERGETIC MATERIALS

V. I. Krashenin, E. G. Gazenaur, L. V. Kuz'mina, A. S. Zverev, N. V. Gazenaur

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание № 2014/64).

Настоящая работа является продолжением цикла работ, посвященных анализу взаимосвязи между условиями роста и реакционной способностью энергетических материалов на примере нитевидных кристаллов (НК) азида серебра. В работе представлены результаты исследования взрывного разложения выращенных в электрическом поле НК азида серебра как при лазерном инициировании (импульс длительностью 10 нс первой гармоники 1064 нм YAG: Nd³⁺ лазера), так и действии контактного постоянного электрического поля напряженностью 300 кВ/м. Контроль примеси исследуемых материалов осуществляли атомно-эмиссионным (атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500) методом анализа; пробеги индивидуальных краевых дислокаций, локальную и общую плотность дислокаций измеряли с помощью оптического микроскопа. Взрывная чувствительность определялась как время задержки взрыва, при котором с достоверностью 50 % можно фиксировать факт взрыва образца, определяемого по вспышке или звуковому сигналу. Использование технологии выращивания НК азида серебра в слабом электрическом поле (в диапазоне 10⁻⁴÷10 В/м) позволило, моделируя дефектную и дисперсную структуру этих материалов, управлять их взрывной чувствительностью. Практическая значимость работы определяется возможностью использования экспериментальных результатов для целенаправленного управления стабильностью НК азида серебра, а также взрывоопасных материалов, изготовленных на их основе.

The paper continues the cycle of works on the analysis of intercommunication between the terms of height and reactionary ability of power materials on the example of threadlike crystals of silver azide. The paper presents the results of researching explosive decomposition of threadlike crystals of silver azide grown in the electric field, both at laser initiation (impulse by duration of 10 ns of the first accord of 1064 nm YAG : Nd³⁺ of laser) and action of permanent electric-field tension of 300 кV/m. Control of admixture of the investigated materials was carried out by atomicemission method of analysis (atomicemission spectrometer with the inductively constrained plasma of iCAP 6500) ; individual edge distributions, local and general density of distributions were measured by means of optical microscope. An explosive sensitiveness was determined as the time of delay of explosion, at which it is possible to fix the fact of explosion of the standard determined on a flash or acoustical signal with the 50 % probability. The use of technology of growing threadlike crystals of silver azide allowed managing their explosive sensitiveness in the weak electric field (in the range of 10⁻⁴ ÷10 V/m) designing the imperfect and dispersible structure of these materials. Practical meaningfulness of work is determined by the possibility of using the experimental results for the purposeful management of the stability of threadlike crystals of silver azide, and also that of the explosive materials made on their basis.

Ключевые слова: взрывная чувствительность, энергетические материалы, азид серебра, нитевидные кристаллы, реакционная способность, кристаллизация, электрическое поле.

Keywords: explosive sensitivity, energetic materials, silver azide, threadlike crystals, chemicalability, crystallization, electric field.

Введение

Направленное регулирование скорости химической реакции является ключевой проблемой современной физики и химии твердого тела. Особое место в этой проблеме занимает изучение возможности управления чувствительностью и стабильностью веществ с высокой инициирующей способностью. Объекты настоящего исследования – нитевидные кристаллы азида серебра относятся к классу энергетических материалов, возможность управления взрывной чувствительностью которых важна как для теории (азид серебра – традиционный модельный объект исследования химических реакций в твердой фазе), так и для практики, в связи с важностью решения вопросов стабильности взрывчатых веществ при хранении и транспортировке.

Известно, что реакционная способность нитевидных кристаллов азида серебра определяется, прежде всего, их дефектной структурой [11; 4]. Процесс разложения азида серебра локализован в реакционных областях (РО), которые образованы краевыми дислокациями и облаком (атмосферой) Коттрелла в приповерхностной области кристалла на глубине 5÷10 мкм [11; 4; 3]. Кристаллизация азида серебра в слабом постоянном бесконтактном электрическом поле (напряженность поля варьировали в диапазоне от 10⁻⁴ В/м до 10 В/м), как показали результаты наших исследований [9; 2], позволяет получать химически чистые монодисперсные кристаллы с минимальным содержанием дефектов, количественным и качественным составом которых можно эффективно управлять в широком диапазоне напряженностей электрического по-

ля (10^{-4} – 10 В/м). Кроме того, экспериментально показана возможность управления процессом медленного разложения азида серебра путем направленного изменения концентрации именно тех дефектов, к которым в наибольшей степени чувствительны реакции, протекающие в этих материалах после энергетического воздействия (например, действия ультрафиолетового излучения в области собственного поглощения [4; 6]).

Дальнейшие исследования [10; 1; 8] показали возможность использования технологии получения и обработки материалов в электрическом поле для широкого круга неорганических материалов (моно- и микрорекристаллы азидов серебра, свинца и таллия, галогениды (хлориды, бромиды) серебра, натрия, калия). Обработка неорганических материалов в указанном выше диапазоне электрических полей позволила не только получать образцы с улучшенными рабочими характеристиками (монодисперсность, минимальное количество дефектов, регулируемый варьированием напряженности электрического поля при кристаллизации размер и т. д.), но и увеличить срок их хранения при нормальных условиях до 6 месяцев без изменения физико-технических характеристик.

В настоящей работе, на примере нитевидных кристаллов азида серебра, показана возможность использования технологии выращивания кристаллов в бесконтактном постоянном электрическом поле для контроля взрывной чувствительности энергетических материалов.

Техника эксперимента

Кристаллизацию в слабом бесконтактном электрическом поле проводили способом, описанным в работе [5] на установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Экспериментальная ячейка для кристаллизации в слабом постоянном электрическом поле содержит кристаллизатор (цилиндрический бокс, частично заполненный раствором соответствующей соли). Для увеличения достоверности экспериментальных результатов n кристаллизаторов подключали к различным ступеням напряжения делителя (на схеме $n = 4$). Кристаллизаторы помещали между двумя электродами размером $70 \times 50 \times 20$ мм, расстояние между которыми не превышало 50 мм, а между стенками бокса и электродом не более 50 мкм. В качестве источника питания используется элемент на 1,5 В, что обеспечивает получение слабого постоянного бесконтактного электрического поля без дополнительных технических средств, исключает наведение помех. При использовании n источников питания для делителя (батарея n элементов $n \times 1,5$ В), соединенных последовательно, можно расширить используемый интервал значений напряжения в широком диапазоне.

Как видно из рис. 1, предлагаемая установка позволяет варьировать напряжение электрического поля в экспериментальной ячейке в диапазоне от 10^0 до 10^6 В (от 10^0 В до 10^3 В при включении через сопротивление $R_5 = 1,1$ МОм, и от 10^3 В до 10^6 В при включении через $R_6 = 1,1$ ГОм). Блок делителя напряжения включает в себя последовательно подключенные сопротивления $R_1 = 2,2$ кОм, $R_2 = 20$ кОм, $R_3 = 200$ кОм, $R_4 = 2$ МОм с выводами от каждой ступени.

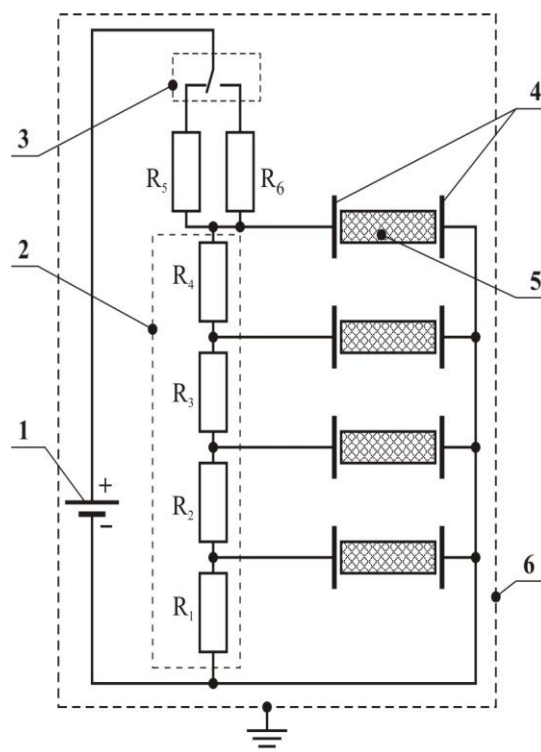


Рис. 1. Схема установки для кристаллизации в электрическом поле: 1. источник питания; 2. переключатель пределов регулировки напряжения; 3. блок делителя напряжения; 4. электроды; 5. кристаллизатор; 6. заземлённый экранирующий корпус

Кристаллизацию в электрическом поле проводили до полного испарения растворителя (скорость испарения $0,407$ г/сутки при температуре 23 ± 2 °С). За процессом образования кристаллов наблюдали в микроскоп «Биолам» (окуляр с увеличением $\times 120$), проводили фото- и видеосъемку.

Контроль элементного состава исследуемых материалов осуществляли рентгенофлуоресцентным (исследования проводили на установке JEOLJSM-6390 LA, комбинированный РЭМ-РМА) и атомно-эмиссионным (использовали атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500) методами анализа.

Поскольку РО в нитевидных кристаллах азида серебра совпадают с местами выхода дислокаций на поверхность, исследование дислокационной структуры кристаллов осуществлялось методом ямок травления. Контрастные ямки травления получались при травлении кристаллов в 10 % водном растворе тиосульфата натрия. Пробеги индивидуальных краевых дислокаций, локальную и общую плотность дислокаций в нитевидных кристаллах азида серебра измеряли с помощью оптического микроскопа.

Для проведения экспериментальных исследований образцы наклеивали за оба конца на предварительно обезжиренную этиловым спиртом слюдяную подложку клеем БФ-6, обладающую высоким электрическим сопротивлением.

Для изучения закономерностей взрывного разложения использовали схему прямого эксперимента: воздействие – отклик. В качестве фактора, инициирующего взрывное разложение, использовали:

1. Электрическое поле напряженностью 300 кВ/м создавали при помощи источников питания постоянного тока. В качестве электрических контактов использовали галлий (Ga), который наносили под микроскопом по центру образца на наиболее развитую грань (010) кристалла, при этом межэлектродное расстояние составляло 1 мм (рис. 2). В этих условиях осуществляется режим монополярной инжекции дырок, которые, попадая в РО, стимулируют протекание химической реакции [3].

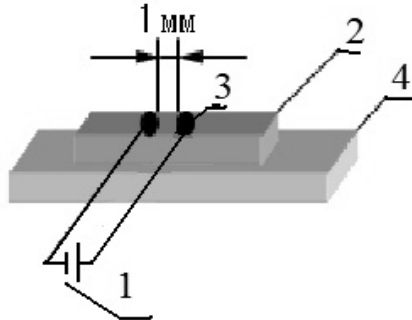


Рис. 2. Схема эксперимента для исследования электрополевого разложения: 1 – источник питания; 2 – кристалл; 3 – галлиевые контакты; 4 – слюдяная подложка

Выше указанное значение напряженности постоянного электрического поля позволяет наблюдать в нитевидных кристаллах азида серебра переход медленного разложения во взрывное в течение нескольких минут, не требует дорогостоящего оборудования для изучения быстротекущих процессов взрывного разложения азидов [5]. Взрывную чувствительность определяли как время задержки взрыва (интервал времени $\tau_{\text{взр}}$ между включением разлагающего контактного электрического поля и взрывом кристалла), при котором с достоверностью 50 % можно фиксировать факт взрыва образца, определяемого по вспышке или звуковому сигналу. На качественном уровне данная величина может интерпретироваться как мера взрывной чувствительности наряду со временем воспламенения. Поэтому предлагается для учета всех указанных параметров принять в качестве эталонного – время задержки взрыва при напряженности контактного электрического поля 300 кВ/м (Ga-AgN₃-Ga). Эта напряженность поля соответствует, при вероятности 50 %, времени задержки взрыва -360 ± 20 с. На каждую точку экспериментальных кривых брали не менее 10 образцов. Обработка экспериментальных результатов проводилась в электронном процессоре Microsoft Excel.

2. Импульс длительностью 10 нс первой гармоники 1064 нм YAG: Nd³⁺ лазера (использовалась центральная часть пучка лазера, диаметр пучка – 6 мм, разброс энергии инициирующего импульса – не более 3 %). Экспозиция инициирования на поверхности образца определялась с помощью пирозлектрической головки и контролировалась по сигналу откалиброванного фотодиода. Регистрация сигнала свечения при помощи фотоумножителя Hamamatsu H11526-20-NN позволяла осуществить временную привязку момента появления сигнала, связанного со взрывом образца к инициирующему лазерному импульсу, а также оценивать скорость нарастания сигнала свечения и регистрировать момент

появления свечения, обусловленного продуктами взрыва. Аппроксимацию экспериментальных данных проводили по зависимости вероятности взрыва от экспозиции инициирования в рамках микроочаговой модели зарождения цепной реакции взрывного разложения энергетических материалов, предложенной в работе [7]. Для исследования кинетики взрывного разложения из партии выбирался один образец и инициировался лазерным импульсом небольшой энергии. Если взрыва не происходило, энергию импульса повышали на 5 % и инициировали образец еще раз. Такая методика позволяет достаточно точно определить «собственный» порог инициирования отдельного образца в партии. По данным, полученным примерно для 30 кристаллов, из партии строилась вероятностная кривая взрыва. Обработка экспериментальных результатов проводилась в электронном процессоре Microsoft Excel.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Образцы азида серебра, полученные кристаллизацией в электрическом поле, относятся к игольчатому габитусному типу. На изученных образцах зафиксировали простые формы пинакоида {010} и ромбической призмы {110}. Комбинационный тип форм {010} + m{110} является типичным для игольчатых (нитевидных) кристаллов данного вида синтеза. Наблюдения за ростом кристаллов во время кристаллизации показали, что нитевидные кристаллы азида серебра растут с вершины вдоль направления [001] с развитой гранью (010) и боковой гранью (110) (рис. 3а).

Отмечено, что кристаллы, выращенные в электрическом поле, не имеют видимых в оптический микроскоп объемных дефектов, оптически прозрачны, обладают совершенной огранкой (рис. 3б).

Дисперсионный анализ выращенных в электрическом поле образцов показал стремление к однотипности и однородности структурных форм, о чем свидетельствует небольшой коэффициент вариации по размерам ($11 \div 37$ %, в зависимости от напряженности электрического поля при кристаллизации). Выращенные в электрическом поле кристаллы содержат минимальное количество дефектов (например: содержание примеси положительных ионов металлов Zn²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Al³⁺, Pb²⁺ в нитевидных кристаллах азида серебра, выращенных в слабом бесконтактном электрическом поле напряженностью 10⁻² В/м, оцененное выше указанными эмиссионными спектральными методами анализа, составляет примерно 2·10⁻⁵ мольных процента против 5·10⁻⁵ мольных процента у выращенных обычным способом; плотность дислокаций в кристаллах, выращенных в слабом бесконтактном электрическом поле напряженностью 10⁻⁴ В/м, определяемая методом ямок травления составляет примерно 1·10² см⁻² против (5÷6)·10² см⁻² у выращенных обычным способом. Указанные выше свойства сохраняются вне зависимости от степени чистоты используемых реагентов, что позволило существенно упростить способ получения кристаллов. Полученные предлагаемым способом кристаллы не проявляют признаков старения в течение не менее 6 месяцев после кристаллизации в электрическом поле.

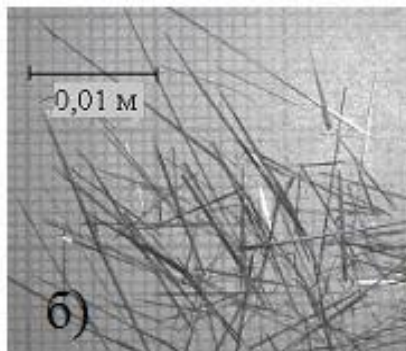
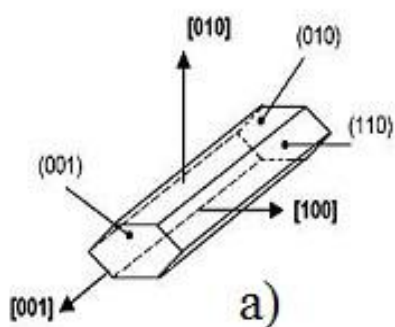


Рис. 3. а) обозначение кристаллографических граней нитевидных кристаллов азида серебра, выращенных в бесконтактном электрическом поле и б) общий вид

Анализ взрывного разложения образцов, выращенных в бесконтактном электрическом поле, показал предпочтительность их использования для интерпретации экспериментальных результатов: у кристаллов, выращенных в электрическом поле, вероятностная кривая узкая – ширина интервала, в котором взрыв носит вероятностный характер, деленная на критическую плотность энергии составляет не более 0,05; скорость распространения реакции по кристаллу строго постоянна; полученные кинетические кривые более гладкие и без выбросов, что позволяет снизить количество образцов на одну экспериментальную точку.

При исследовании взрывного свечения нитевидных кристаллов азида серебра определяли время от воздей-

ствия лазерного импульса до максимума свечения, обусловленного взрывным разложением, для каждой партии образцов. Внутри каждой партии рассчитывалось среднее время и стандартное отклонение (S). Проведенная математическая обработка полученных осциллограмм сведена в таблицу (таблица). Стандартное отклонение времени достижения максимума свечения у кристаллов, выращенных в электрическом поле, меньше, чем у кристаллов выращенных обычным способом ($0,57 \div 3$ в зависимости от напряженности электрического поля при кристаллизации против 17,2 у кристаллов без поля).

Таблица

Стандартное отклонение времени достижения максимума свечения НК азида серебра

Напряженность электрического поля при кристаллизации (E, В/м)	0	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
Стандартное отклонение (S)	17,2	3,4	1	8,8	0,57

При инициировании взрывного разложения контактным электрическим полем обнаружено уменьшение взрывной чувствительности выращенных в слабом электрическом поле кристаллов азида серебра. Так, у кристаллов, выращенных в электрическом поле напряженностью 10^{-2} В/м, время задержки взрыва составляло более $6 \cdot 10^{-3}$ с против 360 с для кристаллов, выращенных обычным способом. Отметим, что время до взрыва образцов находится в прямой зависимости от напряженности бесконтактного электрического поля при кристаллизации и от количества РО в образце.

Анализ зависимости вероятности взрыва при лазерном инициировании с указанными выше характеристиками от экспозиции инициирования показал, что нитевидные кристаллы азида серебра, выращенные в электрическом поле, имеют более высокий (примерно в полтора раза по сравнению с контрольными образцами, выращенными без поля) порог инициирования (рис. 4).

Как видно из рис. 4, пороговое значение экспозиции инициирования образцов увеличивается с увеличением напряженности электрического поля при их кристаллизации.

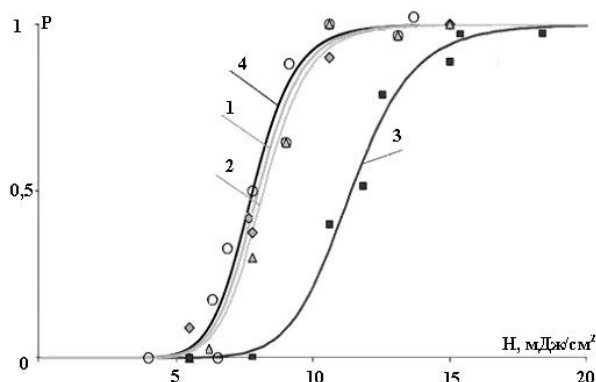


Рис. 4. Зависимость вероятности взрыва (P) от экспозиции инициирования (H) нитевидных кристаллов азида серебра, выращенных при различных напряженностях электрического поля: кривая 1 – 10^{-4} В/м; кривая 2 – 10^{-3} В/м; кривая 3 – 10^{-1} В/м; кривая 4 – без поля

К основным результатам работы можно отнести следующее: использование методики выращивания нитевидных кристаллов азида серебра в слабом электрическом поле (в диапазоне полей $10^{-4} \div 10$ В/м) позволило, изменяя дефектную и дисперсную структуру

этих материалов, управлять их взрывной чувствительностью.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования экспериментальных

результатов для целенаправленного управления стабильностью нитевидных кристаллов азидов серебра, а также взрывоопасных материалов, изготовленных на их основе.

Литература

1. Вальнюкова А. С., Туева К. С., Газенаур Е. Г. Моделирование роста кристаллов неорганических солей в электрическом поле // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция «Научное творчество молодежи», г. Анжеро-Судженск. 2013. С. 335 – 338.
2. Газенаур Е. Г., Федорова Н. М., Кузьмина Л. В., Крашенинин В. И. Способ получения нитевидных кристаллов азидов серебра / Патент Рос. Федерация: RU № 2404296 С1. № 2009125883/05; 06.07.2009; 20.11.10, Бюл. № 32. 9 с.
3. Захаров В. Ю., Крашенинин В. И. Медленное разложение азидов серебра и свинца. Томск: НТЛ, 2006. 168 с.
4. Крашенинин В. И., Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В., Макеев Д. С. О модели фотохимического разложения нитевидных кристаллов азидов серебра и свинца // Вестник ТГУ. 2006. № 19. С. 100 – 103.
5. Крашенинин В. И., Кузьмина Л. В., Газенаур Е. Г., Добрынин Д. В. Основные стадии перехода медленно-го разложения в быстропротекающий процесс в кристаллах азидов серебра // Химическая технология. 2010. № 2. С. 75 – 79.
6. Крашенинин В. И., Кузьмина Л. В., Газенаур Е. Г., Цыльковская О. В. Способы управления стабильностью азидов серебра // Ползуновский Вестник. 2009. № 3. С. 48 – 51.
7. Aluker E. D., Aduiev B. P., Zakharov Y. A., Mitrofanov A. Y., Krechetov A. G. Early Stages of Explosive Decomposition of Energetic Materials // Focus on Combustion Research. New York: Novapublishers, 2006. P. 55 – 88.
8. Rodzevich A. P., Gazenaur E. G., Belokurov G. M. The Technology of Production and Treatment of Materials in the Electric Field // Applied Mechanics and Materials. 2014. V. 682. P. 206 – 209.
9. Rodzevich A. P., Gazenaur E. G., Krashenin V. I. On a mechanism of an electric field influence on physicochemical specifications of materials // Applied Mechanics and Materials. 2013. Vol. 379. P. 154 – 160.
10. Rodzevich A. P., Gazenaur E. G., Walnukova A. S., Kuzmina L. V. Features of Physical and Chemical Properties of Inorganic Salts, Grown in the Electric Field // The 7th International Forum on Strategic Technology IFOST2012. Tomsk Polytechnic University. 2012. V. I. P. 296 – 299.
11. Zakharov V. Yu., Krashenin V. I., Gazenaur E. G., Gasanov A. I., Yakunina V. I. Physicochemical Processes in Heavy-Metal Azides and Dislocation Structure // Russian Physics Journal. 2002. V. 45(6). P. 553 – 557.

Информация об авторах:

Крашенинин Виктор Иванович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии твердого тела и химического материаловедения КемГУ, specproc@kemsu.ru.

Viktor I. Krashenin – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Kemerovo State University.

Газенаур Екатерина Геннадьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры химии твердого тела и химического материаловедения КемГУ, gazenaur@kemsu.ru.

Ekaterina G. Gazenaur – Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor at the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Kemerovo State University.

Кузьмина Лариса Владимировна – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии твердого тела и химического материаловедения КемГУ, specproc@kemsu.ru.

Larisa V. Kuz'mina – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Kemerovo State University.

Зверев Антон Сергеевич – ведущий инженер кафедры органической и физической химии КемГУ, anthon.zverev@yandex.ru.

Anton S. Zverev – leading engineer at the Department of Organic and Physical Chemistry, Kemerovo State University.

Газенаур Никита Владимирович – студент 3 курса химического факультета Кемеровского государственного университета, SantaNik123@gmail.com.

Nikita V. Gazenaur – student at the Faculty of Chemistry, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – В. И. Крашенинин). (Academic advisor – V. I. Krashenin).

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕТРАФТОРБОРАТ-ИОНОВ В РАСТВОРЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ ТИТРОВАНИЕМ

Р. Ш. Халиуллин, Е. В. Леонтьева

DETERMINATION OF TETRAFLUOROBORATE BY POTENTIOMETRIC TITRATION

R. Sh. Khaliullin, E. V. Leonteva

Представлена методика потенциометрического титрования тетрафторборат-ионов. Методика требует учета условий проведения анализа посредством поправочного коэффициента. Предложенная методика позволяет проводить определение в присутствии перхлорат-ионов, которые обычно мешают количественному определению тетрафторборат-ионов.

The new method for determination of tetrafluoroborate by potentiometric titration is presented. The method is based on the hydrolysis of the tetrafluoroborate anion in water solutions and it takes into account the appropriate correction factor. The perchlorate ion is usually dependent to the tetrafluoroborate quantitative determination, then tetrafluoroborate and perchlorate exist in one solution. The discussed method resolves this analytical problem.

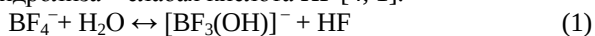
Ключевые слова: тетрафторборат, гидролиз, потенциометрическое титрование.

Keywords: tetrafluoroborate, hydrolysis, potentiometric titration.

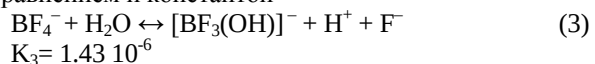
Твердые растворы $K(ClO_4)_{(1-x)}(BF_4)_x$, где $0 \leq x \leq 1$, являются перспективным материалом для экспериментов по дальнейшему изучению механизма радиационно-химического разложения кристаллических перхлоратов. Для корректного обсуждения результатов необходимо проанализировать состав реальных образцов во всем диапазоне концентраций [2; 3].

Кроме того, перхлораты и тетрафторбораты лития являются компонентами современных литий-ионных аккумуляторов и проблема их анализа при совместном присутствии в одной пробе также актуальна [6].

Анализ литературы показал отсутствие удобной методики анализа для определения BF_4^- в присутствии ClO_4^- . В большинстве методик определению BF_4^- мешают перхлорат-ионы. Разделение анионов требует сложных процедур и реагентов. В настоящей работе предлагается новый метод анализа, основанный на реакции гидролиза BF_4^- . Как известно, $KClO_4$ является солью сильной кислоты и сильного основания и гидролизу не подвергается. В то же время BF_4^- частично гидролизуется в водном растворе, а один из продуктов гидролиза – слабая кислота HF [4; 1]:



Суммарное равновесие описывается следующим уравнением и константой[^]



что допускает возможность количественного определения BF_4^- кислотно-основным титрованием по заместителю H^+ . Для определения точки эквивалентности разумно использовать потенциометрическое титрование с рН-чувствительным электродом и последующей математической обработкой полученной кривой титрования.

В настоящей работе приводятся основные результаты исследования и новая методика определения ионов BF_4^- в растворе в присутствии ClO_4^- -ионов.

В качестве титранта использовали 0.1 М раствор $NaOH$. Титровали растворы, содержащие BF_4^- в интервале концентраций от 0.01 до 0.1 М при комнатной

температуре. Для анализа брали 50 мл раствора BF_4^- различных концентраций и помещали в стаканчик из химически стойкого стекла. Предварительные эксперименты с использованием полипропиленового стаканчика показали, что материал посуды не сказывается на результатах анализа. Раствор перемешивался магнитной мешалкой. Потенциал контролировали стеклянным комбинированным электродом в сочетании с портативным прибором "Мега-ELWRO". После добавления очередной порции титранта раствор перемешивался примерно 1 – 2 минуты до установления постоянного значения рН.

По результатам титрования строили кривые титрования в осях рН – объем титранта, значение объема точки эквивалентности определяли стандартными математическими методами.

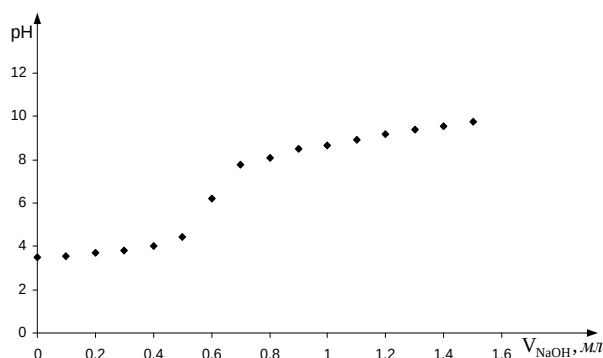
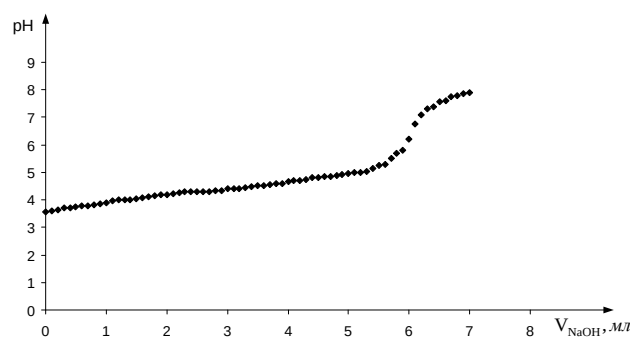
Экспериментальные результаты показали, что изменение ионной силы в пределах 0.01 – 0.1 М не приводит к изменению результатов анализа.

Теоретические расчеты на основе приведенных выше уравнений и констант показывают, что в водных растворах KBF_4 при концентрациях 0.01 – 0.1 М рН должен быть порядка 2.5, а степень гидролиза порядка 10 %. Реальное значение рН в исходных растворах до начала титрования было равным 3.4 – 3.5.

Как видно на рисунках, наблюдаются отчетливо выраженные скачки титрования при значениях объемов на порядок меньше ожидаемых значений в соответствии с классическим расчетом по формуле:

$$C(BF_4^-) V(BF_4^-) = C(NaOH) V(NaOH). \quad (4)$$

Правильность определения BF_4^- проверяли методом "введено – найдено". Полученные результаты приведены в таблице. Как видно, наблюдается довольно уникальный результат: при титровании оттитровывается только $\approx 13\%$ от истинного содержания аниона, что фактически отражает степень гидролиза анализируемого аниона. Уникальность заключается в том, что степень гидролиза не зависит от концентрации вещества в растворе. Приведенные результаты показывают, что данная методика характеризуется плохой правильностью и в то же время хорошей воспроизводимостью. Относительное стандартное отклонение анализа не превышало 3 % (доверительная вероятность 0.95, $n = 3$ и более).

Рис. 1. Кривая титрования 0,01 М раствора KBF_4 Рис. 2. Кривая титрования 0,1 М раствора KBF_4

Таблица

Проверка правильности определения тетрафторбората методом «введено-найдено»

Введено BF_4^- , $\text{M} \times 10^4$	1000	500	100
Найдено BF_4^- , $\text{M} \times 10^4$	129	65	12,7
$\Delta_{\text{отн}}, \%$	- 87.1	- 87.0	- 87.3
Коэффициент $K_{\text{попр}}$	7.88 ± 0.16		

Как показывает сравнение расчетного (≈ 2.5) и реального (≈ 3.5) значения pH исходных растворов, концентрация ионов H^+ также на порядок меньше ожидаемого. Очевидно, что в данных условиях титрования реально оттитровывается только та часть анализируемого вещества, которая гидролизует до начала титрования. В работе [5] показано, что для достижения равновесия процесса гидролиза тетрафторборной кислоты в водных растворах необходимо от сотен минут до 2 – 3 месяцев, а степень гидролиза при равновесии изменяется от 77,7 % до 5,47 % в интервале концентраций от 0.001 М до 5.41 М, соответственно.

Для окончательного объяснения природы описанного эффекта требуются дополнительные исследования.

Одновременно, предложенную методику определения ионов BF_4^- потенциометрическим титрованием с применением стеклянного комбинированного электрода можно использовать на практике с учетом поправочного коэффициента. Значение коэффициента, полученного статистической обработкой экспериментальной выборки приведено в таблице. Расчет результата проводится по следующей формуле:

$$C(\text{BF}_4^-) = K_{\text{попр}} (C \times V_{\text{т.э}})_{\text{NaOH}} 10^{-3} \text{ [моль/л]},$$

где $C(\text{BF}_4^-)$ – концентрация анализируемого иона;

C и $V_{\text{т.э}}$ – концентрация и объем титранта в точке эквивалентности, соответственно;

$K_{\text{попр}}$ – поправочный коэффициент для данных условий анализа.

Литература

1. Альберт А., Сергент Е. Константы ионизации кислот и оснований. М.: Химия, 1964. 180 с.
2. Дробчик Т. Ю., Халиуллин Р. Ш., Невоструев В. А. Исследования сокристаллизации перхлората калия с периодатом, иодатом, нитритом, нитратом и сульфатом калия // Ползуновский вестник. 2006. № 2-1. С. 92 – 94.
3. Дробчик Т. Ю., Халиуллин Р. Ш., Невоструев В. А. Радиолит твердых растворов KIO_4 , KIO_3 , KNO_2 , KNO_3 и K_2SO_4 в KClO_4 // Ползуновский вестник. 2006. № 2-1. С. 46 – 48.
4. Рысс И. Г. Химия фтора и его неорганических соединений. М.: Госхимиздат, 1956. 718 с.
5. Wamser C. A. Hydrolysis of Fluoroboric Acid in Aqueous Solution // J. Amer. Chem. Soc. 1948. Vol. 70. № 3. P. 1209 – 1215.
6. Wu-Huan Hou, Chuh-Yung Chen, Cheng-Chien Wang, Yao-Hui Huang. The effect of different lithium salts on conductivity of comb-like polymer electrolyte with chelating functional group // Electrochimica Acta. 2003. V. 48. P. 679 – 690.

Информация об авторах:

Халиуллин Рафик Шамилович – кандидат химических наук, доцент кафедры химии твердого тела и химического материаловедения КемГУ, grafik@mail.ru.

Rafik V. Khaliullin – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Kemerovo State University.

Леонтьева Елена Валерьевна – кандидат химических наук, доцент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии Кемеровской государственной медицинской академии, elena_leonteva@list.ru.

Elena V. Leonteva – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Physical, Colloidal and Analytical Chemistry, Kemerovo State Medical Academy.

Статья поступила в редколлегию 18.06.2015 г.

**ПРЯМОЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ SO₂ СИНТЕЗ ГАЗОМ
НА Fe-Mn ГРАНУЛИРОВАННЫХ И БЛОЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ**
Н. В. Шикина, С. Р. Хайрулин, С. А. Яшник, А. А. Гаврилова, З. Р. Исмагилов

**DIRECT CATALYTIC REDUCTION OF SO₂ BY SYNTHESIS GAS OVER GRANULATED
AND MONOLITHIC Fe-Mn CATALYSTS**
N. V. Shikina, S. R. Khairulin, S. A. Yashnik, A. A. Gavrilova, Z. R. Ismagilov

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», по Соглашению № 14.583.21.0004 о предоставлении субсидии от 16 июля 2014 г. Уникальный идентификатор научных исследований (проекта) RFMEF158314X0004.

Разработаны методы приготовления гранулированных и блочных Fe-Mn катализаторов на основе руды железомарганцевых конкреций. Исследованы текстурные, структурные и прочностные свойства катализаторов. Показано, что катализаторы характеризуются развитой пористой структурой и высокой механической прочностью. Катализаторы испытаны в реакции DeSOx синтез-газом при стехиометрическом соотношении SO₂/(CO+H₂)=0,5. Исследовано влияние предварительного сульфидирования катализаторов, влияние геометрической формы образцов (гранулы и блок) на каталитические характеристики. Показано, что Fe-Mn катализаторы с оксидной и сульфидной формой активных компонентов активны в реакции DeSOx синтез-газом и могут селективно восстанавливать SO₂ с конверсией более 90 %.

Preparation methods of granulated and monolithic Fe-Mn catalysts on the base of ferromanganese nodules were developed. The textural, structural and strength properties of catalysts were studied. It was shown that the catalysts have a developed pore structure and high mechanical strength. The catalysts were tested in the DeSOx reaction with synthesis gas at a stoichiometric ratio SO₂/(CO+H₂)=0,5. The effect of the preliminary catalysts sulfidizing and geometric shape of samples (granules and monolith) on the catalytic properties were investigated. The testing showed that Fe-Mn catalysts with the oxide or sulfide form of active components are active in DeSOx reaction with synthesis gas and can selectively reduce SO₂ with a conversion above 90 %.

Ключевые слова: катализаторы, блоки, приготовление, DeSOx, синтез-газ.

Keywords: catalysts, monoliths, preparation, DeSOx, synthesis gas.

Введение

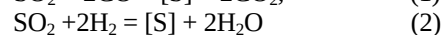
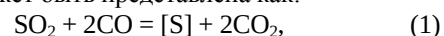
Диоксид серы, выделяемый в атмосферу, преимущественно как компонент дымовых газов тепловых электростанций, является опасным атмосферным загрязнителем, вызывающим серьезный экологический вред и проблемы здоровья [3; 4; 12]. В последнее время из-за экологических проблем и для поддержания баланса между предложением и потреблением в энергетической индустрии большое внимание исследователей во всем мире направлено на разработку чистых и эффективных энергетических технологий.

Основными направлениями снижения эмиссии SO₂ в атмосферу являются сорбционные методы [2; 6; 8; 13; 15; 18]; каталитическое окисление до триоксида серы с дальнейшим получением серной кислоты [16, 17, 21, 23] и селективное каталитическое восстановление до элементарной серы [10; 11; 21]. Каждый из применяемых методов десульфуризации имеют свою технологическую нишу, а использование конкретного способа определяется исходя из множества критериев, основными из которых являются: эффективность очистки, технико-экономические показатели процесса (капитальные и текущие затраты), влияющие на себестоимость конечного продукта (для ТЭЦ – стоимость выработанной тепловой и электрической энергии).

Методы каталитического восстановления диоксида серы до элементарной серы с использованием различных восстановителей (CO, H₂, CH₄, синтез-газ) являются наиболее перспективными, поскольку обеспечивают

превращение диоксида серы в элементарную серу в одну стадию. Процесс десульфуризации синтез-газом является наиболее приемлемым для очистки высококонцентрированных газовых смесей, поскольку CO и H₂ являются компонентами дымовых газов и могут быть использованы в качестве восстановителя SO₂ без дополнительных финансовых затрат.

Принципиальная реакция восстановления SO₂ смесью CO и H₂ может быть представлена как:



где [S] обозначает различные состояния серы (S₁, S₂, ... S₈) в газовой фазе. По данным термодинамических расчетов наиболее вероятным является существование серы в состоянии двухатомной молекулы при температуре > 600°C [14].

Процесс СКВ SO₂ вышеперечисленными восстановителями осуществляется на различных типах катализаторов: смесь оксидов Sn и Zr [9], сульфиды Mo и переходных металлов [19; 20], модифицированный оксид церия [7; 21; 22] и др.

Данная работа посвящена оценке возможности использования недорогих и безопасных природных материалов, содержащих оксидные и гидроксооксидные соединения переходных металлов в качестве катализаторов для процесса СКВ SO₂ синтез-газом. В связи с этим большой интерес представляют шельфовые железомарганцевые конкреции, залежи которых в больших количествах обнаружены в акваториях российских мо-

рей. Рудная составляющая конкреций на 50 % объема представлена гидроксидами и оксидами Mn и Fe сложной композиции [1]. Однако использование природных материалов для очистки дымовых газов в промышленных масштабах сопряжено с решением проблемы прочности таких катализаторов.

Целью данной работы является разработка гранулированных и блочных катализаторов на основе железомарганцевых конкреций, исследование их физико-химических свойств и активности в реакции селективного каталитического восстановления SO_2 синтез-газом.

Экспериментальная часть

Материалы

Для приготовления сорбентов SO_2 использовали порошкообразный материал «Руда железомарганцевых конкреций Финского залива» ТУ 0731-001-50855050-2005».

Приготовление катализаторов

Катализаторы в форме цилиндров и блоков сотовой структуры были приготовлены методом экструзии пластической массы, состоящей из порошка ЖМК со связующим. Для приготовления цилиндрических гранул исходные компоненты смешивали в Z-образном смесителе и затем формовали с помощью пневматического устройства через фильеру диаметром 4 мм. Влажные экструдаты разрезали на фрагменты, провяливали на воздухе в течение суток и прокаливали при 500°C в течение 4-х часов. Приготовлено 2 типа катализаторов, содержащих 80 мас.% ЖМК и 20 мас.% связующего. В качестве связующего в одном случае использовали золь гидроксида алюминия (катализатор Fe-Mn(Al)), в другом случае влажную пасту Самонтмориллонита (катализатор Fe-Mn(Ca-M)). Для приготовления блоков сотовой структуры была приготовлена формовочная масса, содержащая 70 мас.% ЖМК и 30 мас.% Ca-M. Формование осуществляли на пневмопрессе с помощью специального формующего устройства. Сформованные блоки разрезали на фрагменты, провяливали на воздухе в течение суток, сушили при 110°C в течение 4 часов и прокаливали при 700°C (катализатор Fe-Mn(Ca-M)-Бл). Фотография блочных катализаторов приведена на рис. 1.



Рис. 1. Фотография блочных катализаторов на основе ЖМК

Методы исследования

Исследования фазового состава

Фазовый состав образцов изучали на основании анализа дифракционной картины, полученной на дифрактометре HZG-4 с монохроматизированным Cu K_α излучением. Наблюдаемые фазы идентифицировали в соответствии с данными рентгенографической картотеки JCPDS.

Измерение удельной поверхности и объема пор

Пористую структуру образцов изучали методом низкотемпературной адсорбции азота на приборе ASAP-2400 ("Micromeritics", США) при температуре жидкого азота 77 K после предварительной тренировки образцов при 150°C и остаточном давлении менее 0.001 мм рт. ст. и проводили их стандартную обработку по методам БЭТ и Баррет-Джойнер-Халенда (BJH-метод).

Определение насыпной плотности

Для определения насыпной плотности высушенный образец помещали в мерную емкость объемом в 100 см^3 и уплотняли методом утряски. Затем определяли массу образца в этом объеме. Насыпную плотность (ρ), выраженную в г/см^3 , вычисляли по формуле: $\rho = m/V$, где m – масса навески образца, г; V – объем навески образца, см^3 .

Измерение механической прочности

Измерения механической прочности проводили на приборе МП-9С в статических условиях. Сущность метода заключается в измерении усилия разрушения, приложенного к образующей линии каждой гранулы пробы катализатора, между двумя параллельными плоскостями. Для испытаний из пробы отбирали не менее 30 гранул.

Исследование активности в реакции восстановления SO_2 синтез-газом

Для проведения экспериментов использовалась фракция катализатора размером 0.5 – 1.0 мм или фрагмент блока. Навеска катализатора объемом 1 см^3 помещалась в реактор. Реакционная смесь, содержащая SO_2 , CO и H_2 подавалась на вход в реактор. Устанавливались необходимые начальные концентрации реагентов, скорость потока и необходимое отношение SO_2 /синтез-газ при комнатной температуре реактора. Для экспериментов было выбрано отношение SO_2 /синтез-газ = 1/2 в соответствии с уравнениями реакций 1 и 2.

Условия проведения экспериментов по исследованию активности катализаторов в модельной реакции восстановления SO_2 синтез-газом:

Загрузка катализатора – 1 см^3 .

Объемная скорость – 1200 ч^{-1} .

Исходная концентрация SO_2 – 67 об.%.

Отношение SO_2 /синтез-газ = 1/2.

Состав синтез-газа: 25% CO + 75 %.

Диапазон температур – $200 - 600^\circ\text{C}$.

Контроль за концентрациями SO_2 , CO и H_2 осуществлялся путем измерения концентраций веществ с помощью газового хроматографа.

Обработка экспериментальных данных

На основании полученных экспериментально значений концентраций реагентов и продуктов реакции проводился расчет степени превращения SO_2 , синтез-газа, CO и H_2 , селективности в отношении к образо-

ванию элементарной серы, сероводорода и COS, а также выходов элементарной серы, сероводорода, COS.

Поскольку реакция протекает с изменением объема, расчет степеней превращения и выходов производился через объемные расходы компонентов до реактора и после. Значения объемных расходов компонентов реакции вычислялись на основании экспериментальных данных о суммарном расходе и составе газовой смеси после реактора.

Результаты

Свойства катализаторов

Основные физико-химические характеристики катализаторов: насыпная плотность $\rho_{\text{нас}}$, удельная поверхность ($S_{\text{ВЕТ}}$), объем пор ($V_{\text{пор}}$), влагоемкость (V_{Σ}), диаметр пор (D), механическая прочность (P), фазовый состав приведены в таблице.

Таблица

Физико-химические свойства катализаторов на основе ЖМК

Образец	$\rho_{\text{нас}}$ г/см ³	$S_{\text{ВЕТ}}$ м ² /г	$V_{\text{пор}}$ см ³ /г	V_{Σ} по H ₂ O, см ³ /г	D , Å	P , кг/см ²	Фазовый состав
Fe-Mn(Al)	0.63	87	0.32	0.53	157	9.0	α -SiO ₂ ; высокодисперсный гематит –Fe ₂ O ₃ ; неидентиф. фазы Ф1 с максимумами на 25.5 и 32.45 град и Ф2 с максимумом на 31.95 град;
Fe-Mn(Ca-M)	0.77	37	0.13	0.23	132	30.0	α -SiO ₂ ; высокодисперсный гематит –Fe ₂ O ₃ ; Са-монтмориллонит; неидентиф. фазы Ф1 с максимумами на 25.5 и 32.45 град и Ф2 с максимумом на 31.95 град;
Fe-Mn(Ca-M)-Бл	не оп- ред.	19	0.12	0.23	251	27.6 (по образу- ющей)	α -SiO ₂ ; Са-монтмориллонит; неидентиф. фаза Ф1 с максимумами на 25.5 и 32.45 град; неидент. фаза Ф2 с максимумом на 31.95 град; грубодисперсный гематит –Fe ₂ O ₃

Показатели пористой структуры катализаторов имеют наиболее важное значение для эффективного проведения процесса, т. к. определяют дисперсность активных компонентов на поверхности и обеспечивают доступ реагентов к активным центрам. Использование гидроксида алюминия в качестве связующего для приготовления катализатора позволяет получить образец Fe-Mn(Al) с высокой удельной поверхностью и развитой пористой структурой. При этом удельная поверхность и влагоемкость образца Fe-Mn(Al) имеют близкие значения с характеристиками исходного порошка ЖМК, прокаленного при 500°C, а по показателям объема пор даже превосходит исходный материал [5]. Катализатор Fe-Mn(Ca-M), приготовленный с использованием Са-монтмориллонита в качестве связующего, уступает по текстурным показателям катализатору Fe-Mn(Al), но при этом характеризуется более высокой механической прочностью. Блочный катализатор сотовой структуры Fe-Mn(Ca-M)-Бл имеет приблизительно одинаковый химический и фазовый состав с катализатором Fe-Mn(Ca-M), но вследствие прокалывания при более высокой температуре уступает ему по показателям удельной поверхности из-за спекания тонких пор. При этом значения объема пор и влагоемкости этих катализаторов идентичны. Выбранная температура прокалывания блочного образца является компромиссным вариантом, обеспечиваю-

щим катализатору достаточно хорошие показатели удельной поверхности, пористой структуры и механической прочности.

Фазовый состав приготовленных катализаторов определяется химическим составом образцов и температурой прокалывания. Дифракционные картины образцов различаются из-за присутствия фаз связующих различной природы. Фаза гематита, присутствующая во всех образцах, характеризуется различной дисперсностью, которая ниже в образце блока, прокаленного при 700°C.

Восстановление SO₂ синтез-газом

На катализаторах Fe-Mn(Al) и Fe-Mn(Ca-M) была исследована зависимость каталитической активности от фазового состояния активного компонента. Катализаторы испытывались после прокалывания на воздухе при 500°C (оксидная форма) и после сульфидирования в атмосфере сероводорода при 400°C в течение 2 часов (сульфидная форма). Блочные катализаторы в виде фрагментов блока диаметром 10 мм, высотой 20 мм с толщиной стенки 0,5 мм испытывались в сульфидной форме.

Каталитические характеристики (конверсия SO₂, CO и H₂ и выход основных продуктов реакции) образцов Fe-Mn(Al) и Fe-Mn(Ca-M) в оксидной и сульфидной форме приведены на рисунках 2 и 3. Характер каталитических характеристик в восстановлении ди-

оксида серы синтез-газом оксидных образцов Fe-Mn(Al) и Fe-Mn(Ca-M) идентичен в области температур выше 400 °C. Конверсия SO_2 составляла 75 % при 500 °C и 95 – 98 % при 600 °C, выход серы – 70 – 72 % и 94 %, соответственно. В области температур до 400 °C, несколько более активным был образец Fe-Mn(Al). Уже при температуре 300 °C, указанный образец обеспечивал конверсию SO_2 и выход серы на уровне 25 %. Более высокая активность образца может быть следствием его более высокой удельной поверхности, по сравнению с образцом Fe-Mn(Ca-M). При температуре 400 °C на обоих образцах наблюдалось образование COS, с выходом до 10 – 12 %.

Предварительное сульфидирование приводит к существенному улучшению каталитических характе-

ристик обоих образцов. Наблюдается смещение всех измеряемых каталитических характеристик в низкотемпературную область, за исключением точки 200 °C. Так, если сульфидированный катализатор Fe-Mn(Al) обеспечивает 75 %-ную конверсию диоксида серы уже при 300 °C, то для достижения такой же конверсии SO_2 на оксидном катализаторе требуется температура 470 °C. Можно полагать, что поверхность оксидного катализатора также сульфидируется в условиях реакции, однако недостаток сероводорода затрудняет процесс сульфидирования, что приводит к сдвигу каталитической активности в высокотемпературную область.

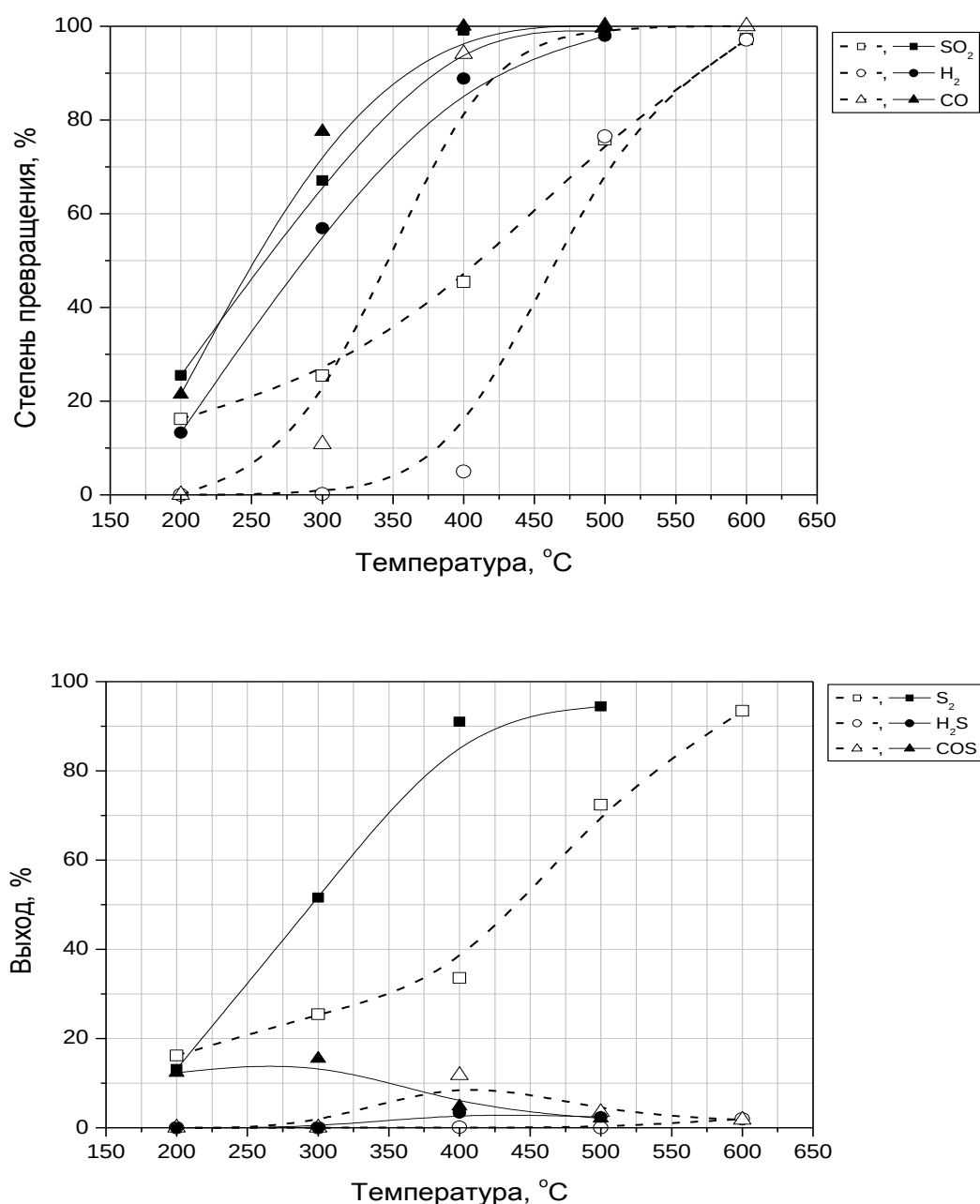


Рис. 2. Влияние предварительного сульфидирования на каталитические характеристики образца Fe-Mn(Al) в реакции восстановления диоксида серы синтез-газом

Открытые символы – образец в оксидной форме, закрытые символы – образец в сульфидной форме (в токе H_2S при 400°C , 2 ч).

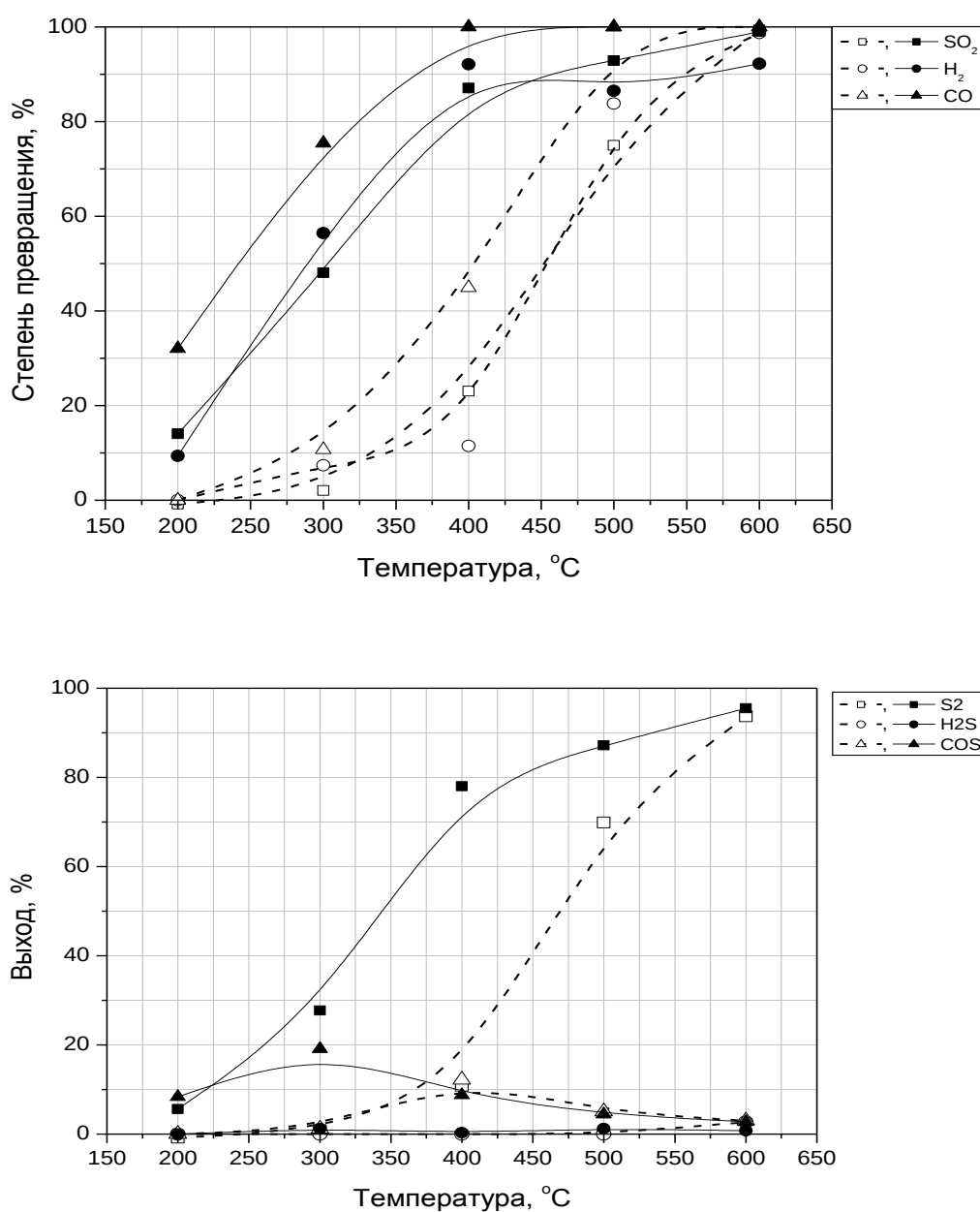


Рис. 3. Влияние предварительного сульфидирования на каталитические характеристики образца Fe-Mn(Ca-M) в реакции восстановления диоксида серы синтез-газом

Открытые символы – образец в оксидной форме, закрытые символы – образец в сульфидной форме (в токе H_2S при 400°C , 2 ч).

На рис. 4 приведены результаты испытаний сульфидированного блочного катализатора Fe-Mn(Ca-M)-Бл. Каталитические характеристики этого образца

сравнивались с характеристиками сульфидированного гранулированного катализатора Fe-Mn(Ca-M), приготовленного в виде фракции. Установлено, что по каталитическим характеристикам (конверсия SO_2 и выход продуктов) блочный катализатор не уступает гранулированному катализатору аналогичного состава.

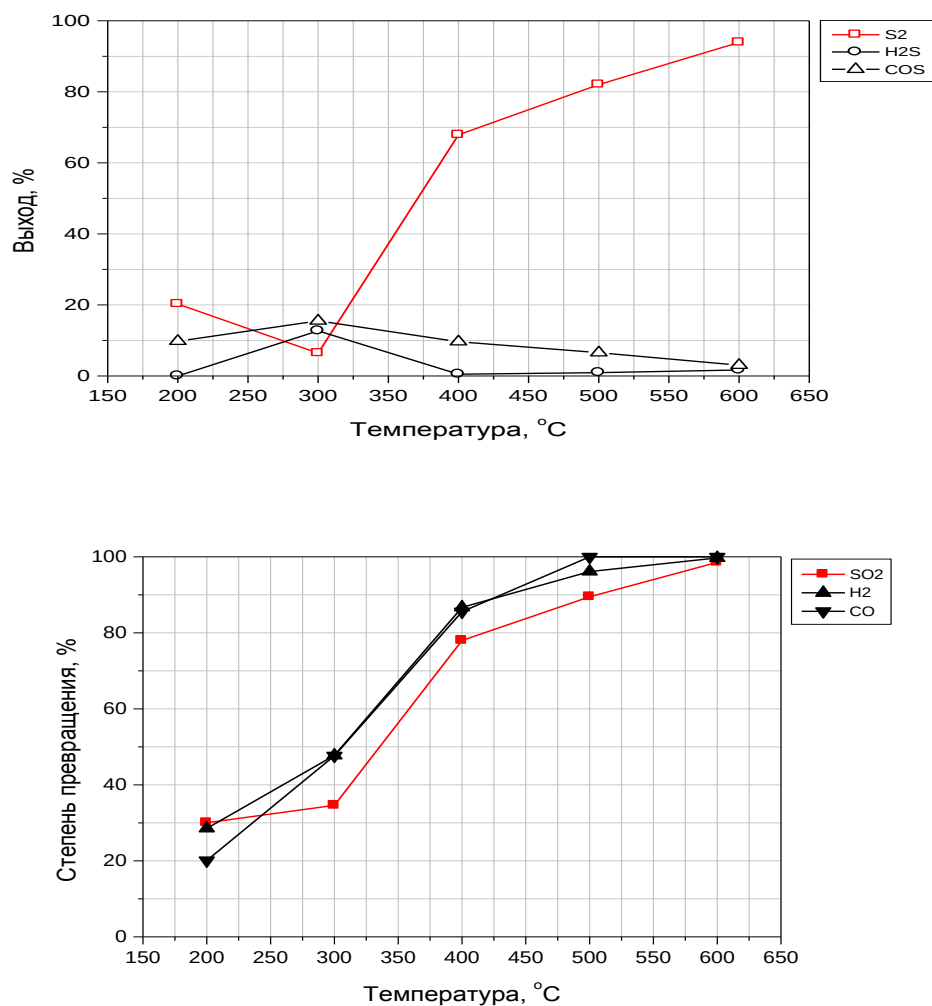


Рис. 4. Активность в восстановлении SO_2 синтез-газом сульфидированного блочного образца $\text{Fe-Mn}(\text{Ca-M})$ -Бл. $\text{GSHV} - 1200 \text{ ч}^{-1}$. $\text{SO}_2/(\text{CO}+\text{H}_2)=0.5$. Загрузка образца – 1 см^3

Литература

1. Иванова А. М., Смирнов А. Н., Рогов В. С., Мотов А. П., Никольская Н. С., Пальшин К. В. Шельфовые железомарганцевые конкреции – новый вид минерального сырья // Минеральные ресурсы России. 2006. № 6. С. 14.
2. Исмагилов З. Р., Керженцев М. А. Экологически чистое сжигание топлив и каталитическая очистка дымовых газов ТЭС от оксидов азота: состояние и перспективы // Ж. Всес. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 1990. Т. 35. № 1. С. 43 – 54.
3. Исмагилов З. Р., Керженцев М. А., Хайрулин С. Р. Каталитическая очистка геотермального пара от сероводорода // Химия в интересах устойчивого развития. 1999. Т. 7. № 4. С. 443 – 449.
4. Исмагилов З. Р., Керженцев М. А., Хайрулин С. Р., Кузнецов В. В. Одностадийные каталитические методы очистки кислых газов от сероводорода // Химия в интересах устойчивого развития. 1999. Т. 7. № 4. С. 375 – 396.
5. Шикина Н. В., Хайрулин С. Р., Кузнецов В. В., Исмагилов З. Р. Разработка и исследование адсорбентов на основе рудных материалов для очистки дымовых газов ТЭС от диоксида серы // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. № 23. С. 199 – 208.
6. Dou B., Pan W., Jin Q., Wang W., Li Y. Prediction of SO_2 removal efficiency for wet Flue Gas Desulfurization // Energy Convers. Manage. 2009. Vol. 50. P. 2547 – 2553.
7. Flytzani-Stephanopoulos M., Zhu T., Li Yu. Ceria based catalysts for the recovery of elemental sulfur from SO_2 -laden gas streams // Catal. Today. 2000. Vol. 62. P. 145 – 158.
8. Gomez A., Fueyo N., Tomas A. Detailed modelling of a flue-gas desulfurization plant // Comput. Chem. Eng. 2007. Vol. 31. P. 1419 – 1431.
9. Han G. B., Park N.-K., Lee J. D., Ryu S. O., Lee T. J. A study on the characteristics of the SO_2 reduction using coal gas over $\text{SnO}_2\text{-ZrO}_2$ catalysts // Catal. Today. 2006. Vol. 111. P. 205 – 211.
10. Han G. B., Park N. K., Yoon S. H., Lee T. J. Catalytic reduction of sulfur dioxide with carbon monoxide over tin dioxide for direct sulfur recovery process // Chemosphere. 2008. Vol. 72. P. 1744 – 1750.

11. Han G. B., Park N. K., Yoon S. H., Lee T. J., Yoon K. J. Synergistic catalysis effect in SO₂ reduction by CO over Sn-Zr-based catalysts // *Applied Catalysis A: General*. 2008. Vol. 337. P. 29 – 38.
12. Ismagilov Z. R., Kerzhentsev M. A. Catalytic fuel combustion – away of reducing emission of nitrogen-oxides // *Catal. Rev. Scie. Eng.* 1990. Vol. 32. № 1–2. P. 51 – 103.
13. Kallinikos L. E., Farsari E. I., Spartinos D. N., Papayannakos N. G. Simulation of the operation of an industrial wet flue gas desulfurization system // *Fuel Process. Technol.* 2010. Vol. 91. № 12. P. 1794 – 1802.
14. Kaloidas V. E., Papayannakos N. G. Hydrogen production from the decomposition of hydrogen sulphide. Equilibrium studies on the system H₂S/ H₂/Si, (i = 1,...,8) in the gas phase // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1987. Vol. 12. P. 403 – 409.
15. Kameda T., Kodama A., Yoshioka T. Simultaneous removal of SO₂ and NO₂ using a Mg-Al oxide slurry treatment // *Chemosphere*. 2013. Vol. 93. P. 2889 – 2893.
16. King M. J., Davenport W. G., Moats M. S. Wet sulfuric acid process fundamentals // *Sulfuric Acid Manufacture (Second Edition). Analysis, Control and Optimization*. Copyright © 2013 Elsevier Ltd. P. 295 – 311.
17. Koutsopoulos S., Rasmussen S. B., Eriksen K. M., Fehrmann R. The role of support and promoter on the oxidation of sulfur dioxide using platinum based catalysts // *Appl. Catal. A: General*. 2006. Vol. 306. P. 142 – 148.
18. Scala F., Solimene R., Montagnaro F. Conversion of solid fuels and sorbents in fluidized bed combustion and gasification // *Fluidized Bed Technologies for Near-Zero Emission Combustion and Gasification*. 2013. P. 319 – 387.
19. Wiltowski T. S., Sangster K., O'Brien W. S. Catalytic reduction of SO₂ with methane over molybdenum catalyst // *J. Chem. Tech. Biotech.* 1996. Vol. 67. № 2. P. 204 – 212.
20. Zhang X., Hayward D. O., Lee C., Mingos D. M. P. Microwave assisted catalytic reduction of sulfur dioxide with methane over MoS₂ catalysts // *Appl. Catal. B: Environmental*. 2001. Vol. 33. P. 137 – 148.
21. Zhu T., Dreher A., Flytzani-Stephanopoulos M. Direct reduction of SO₂ to elemental sulfur by methane over ceria-based catalysts // *Appl. Catal. B: Environmental*. 1999. Vol. 21. P. 103 – 120.
22. Zhu T., Kundakovic L., Dreher A., Flytzani-Stephanopoulos M. Redox chemistry over CeO₂-based catalysts: SO₂ reduction by CO or CH₄ // *Catal. Today*. 1999. Vol. 50. P. 381 – 397.
23. Xiao Y., Liu Q., Liu Zh., Huang Zh., Guo Y., Yang J. Roles of lattice oxygen in V₂O₅ and activated coke in SO₂ removal over coke-supported V₂O₅ catalysts // *Appl. Catal. B: Environmental*. 2008. Vol. 82. P. 114 – 119.

Информация об авторах:

Шикина Надежда Васильевна – ведущий инженер Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН), г. Новосибирск, shikina@catalysis.ru.

Nadezhda V. Shikina – leading engineer at Boreskov Institute of Catalysis of SBRAS, Novosibirsk.

Хайрулин Сергей Рифович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН), г. Новосибирск, sergk@catalysis.ru.

Sergey R. Khairulin – Candidate of Chemistry, Senior Research Associate at Boreskov Institute of Catalysis of SBRAS, Novosibirsk.

Яшник Светлана Анатольевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН), г. Новосибирск, yashnik@catalysis.ru.

Svetlana A. Yashnik – Candidate of Chemistry, Senior Research Associate at Boreskov Institute of Catalysis of SBRAS, Novosibirsk.

Гаврилова Анна Алексеевна – инженер Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН), г. Новосибирск, gavraa@catalysis.ru.

Anna A. Gavrilova – engineer at Boreskov Institute of Catalysis of SBRAS, Novosibirsk.

Исмагилов Зинфер Ришатович – член-корреспондент РАН, директор Института углехимии и химического материаловедения СО РАН (ИУХМ СО РАН), г. Кемерово, заведующий Лабораторией экологического катализа Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН), г. Новосибирск, zinfer1@mail.ru

Zinfer R. Ismagilov – corresponding member of the Academy of Sciences of Russia, Director of the Institute of Coal Chemistry and Material Science of SB RAS, Kemerovo; Head of the Laboratory of Environmental Catalysis, Boreskov Institute of Catalysis of SBRAS, Novosibirsk.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ЭКОНОМИКА

УДК 33

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МЕЖОТРАСЛЕВОГО
ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
(на примере нефтегазового комплекса)**

Н. П. Коноваленко

**ANALYSIS OF THE STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF RUSSIA'S
INTERBRANCH INDUSTRIAL COMPLEX IN THE CURRENT CONTEXT
(based on the example of the oil and gas complex)**

N. P. Konovalenko

В статье раскрывается современное состояние одного из важнейших для российской экономики межотраслевых промышленных комплексов – нефтегазового комплекса. Данный комплекс имеет в настоящее время огромную роль как для обеспечения социально-экономического развития страны, так и для обеспечения ведущих позиций на международной арене, в том числе в энергетической сфере. В работе представлены основные факторы, которые влияют на функционирование данного комплекса, а также направления по обеспечению его развития, диктуемые общенациональными (макроэкономическими) задачами и современными условиями глобализации. Особое внимание в статье обращено на необходимость не столько обеспечения дальнейшего развития внешнеторговых отношений в топливно-энергетической сфере за счет увеличения объемов экспорта сырой нефти и природного газа, сколько за счет диверсификации данного направления экспорта, в том числе за счет роста продукции глубокой первичной и (или) вторичной переработки углеводородных ресурсов.

The paper deals with the current state of one of the most significant interbranch industrial complexes for Russia's national economy – the oil and gas complex. This sector plays an important role in providing the country's social and economic development, as well as sustaining its leading position in the international arena which includes the energy area. The paper presents the main factors which influence the functioning of this complex, as well as the ways to provide its development that are conditioned by nationwide (macroeconomic) tasks and present-day globalization processes. The paper focuses on the necessity to facilitate further development of foreign trade relations in the fuel-power sphere not only by means of increasing exports of crude oil and natural gas, but also by means of diversifying export content with products of high-level primary and/or secondary processing of hydrocarbonaceous resources.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, газ, нефть, углеводородные ресурсы, диверсификация, факторы развития, экспорт, Россия.

Keywords: oil and gas complex, gas, oil, hydrocarbonaceous resources, diversification, development factors, export, Russia.

Промышленность является одной из важнейших структур хозяйственного комплекса всех развитых и развивающихся современных государств. Она представлена, как правило, множеством предприятий, производств, отраслей, а также межотраслевых комплексов, которые обеспечивают извлечение и переработку различных природных ресурсов, производство многочисленных по разнообразию и назначению продукции, причем как для нужд самой промышленности, так и для других сфер и отраслей деятельности людей. Особое внимание в анализе состояния промышленности заслуживает изучение функционирования так называемых межотраслевых комплексов, которые представлены определенным образом взаимосвязанными, взаимодействующими, а также дополняющими деятельность друг друга промышленными отраслями и производствами.

Экономика многих стран мира сегодня очень сильно зависит от налаженной работы нефтегазового комплекса, предприятия и организации которого обеспечивают извлечение, транспортировку сырой

нефти, природного газа, а также осуществление соответствующих технологических процессов над ними. Данный комплекс имеет огромное значение: в настоящее время нефтегазовые ресурсы необходимы для обеспечения нормального функционирования многих хозяйствующих субъектов; нефть и газ служат важнейшими энергетическими ресурсами, а также являются одними из ключевых товаров международной торговли. На основе продуктов нефте- и газопереработки создается сырье для различных отраслей, производятся многочисленные товары (пластик, бензин и пр.), которые широко применяются в жизнедеятельности людей. В ближайшие годы ожидается дальнейшее увеличение потребления продуктов нефтяной и газовой промышленности. При этом максимально эффективное использование углеводородных ресурсов (в условиях их ограниченности) призвано обеспечить развитие техники и технологии добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. Российская экономика напрямую зависит от нефтегазовой отрасли [12, с. 160]. Нефтегазовый комплекс остается

базовым сектором экономики России, играющим ведущую роль, в том числе и в формировании доходов государственного бюджета и торгового баланса страны [11, с. 247]. В целом роль нефтегазового комплекса для экономики и населения России, а также само его состояние определяется определенными факторами, среди которых можно указать следующие.

1. Россия располагает значительной сырьевой базой нефти и природного газа.

По количеству добываемых из недр жидких углеводородов Россия удерживает лидирующие позиции на мировой арене, хотя ее сырьевая база уступает по объему не только признанному лидеру – Саудовской Аравии, но и ряду других стран (по количеству запасов, учитываемых Государственным балансом РФ, страна занимает в мировом рейтинге пятую строчку после Саудовской Аравии, Канады, Ирана и Ирака). При этом перспективы увеличения сырьевой базы нефти и конденсата у России велики. Ближайший резерв для наращивания запасов представляют перспективные ресурсы, которые в 2014 г. были оценены в 12,6 млрд тонн (ресурсы менее достоверных категорий значительно превышают объем имеющихся в стране запасов). Однако структура сырьевой базы нефти страны непрерывно ухудшается, а поддержание стабильного уровня ее добычи возможно при условии дальнейшего освоения трудноизвлекаемых запасов (ожидается, что к 2025 г. добыча трудноизвлекаемой нефти возрастет примерно в десять раз и составит около 10 % нефтедобычи страны). Следует также отметить, что по качественным характеристикам российская нефть в целом немного уступает лучшим зарубежным сортам: аравийской легкой, североморской и нигерийской – по плотности и содержанию серы.

Россия также является мировым лидером по объему запасов природного горючего газа (включая свободный и растворенный в нефти газ), аккумулируя в своих недрах почти семьдесят трлн. куб. м. (на начало 2014 г.), или около 24 % мировых запасов. По уровню добычи газа Россия на протяжении последних нескольких лет уступает США, которые с каждым годом наращивают его объемы извлечения благодаря освоению месторождений нетрадиционного сланцевого газа. Кроме того, происходит снижение запасов легкоизвлекаемого газа. Однако, потенциал наращивания сырьевой базы России огромен – только наиболее достоверные перспективные ресурсы газа, локализованные на территории страны, оцениваются более чем в 33 трлн. куб. м. (по состоянию на 01.01.2014 г.) [2, с. 52, 75, 78].

В настоящее время можно утверждать, что нефтегазовый комплекс России обладает обширной ресурсной базой. При этом в значительной степени ее пополнение связано с возможностями освоения месторождений на шельфовых территориях и глубоководных зон.

2. Несмотря на то, что общий объем финансирования геологоразведочных работ по России (за счет бюджетных средств и самих недропользователей) устойчиво растет (2014 г. – 290,7 млрд руб., 2013 г. 272,1 млрд руб., 2012 г. 252,1 млрд руб., 2011 г. 244,6 млрд руб., 2010 г. – 190,4 млрд руб.) структура воспроизводства запасов полезных ископаемых, в том

числе углеводородных ресурсов, характеризуется тем, что она в первую очередь формируется за счет доразведки действующих (открытых) месторождений при снижении уровня поискового задела [13].

Для решения существующей ситуации требуется реализация мер и проектов, основанные на использовании государственно-частного партнерства (позволит за счет интеграции опыта, различных ресурсов, возможностей сторон решать максимально эффективно задачи развития данного комплекса).

3. Сложившаяся на протяжении многих лет высокая зависимость бюджета государства от нефтегазового сектора экономики (так, к примеру, по данным исполнения федерального бюджета за 2014 г., которые были представлены Счетной палатой Российской Федерации в аналитической записке, доля нефтегазовых доходов в доходах федерального бюджета России составила 51,1 % (7404532,1 млн руб.), при этом наибольший удельный вес в структуре нефтегазовых доходов занимают доходы от: уплаты налог на добычу полезных ископаемых в виде углеводородного сырья – 38,3 % (2836745,90 млн руб.); вывозных таможенных пошлин на нефть – 36,6 % (2590971,50 млн руб.) [10].

4. Сохраняющаяся высокая доля топливно-энергетических ресурсов и товаров в общем объеме экспорта страны (в 2014 г. по данным Минэкономразвития России она составила: по нефти сырой – 31 % (154 млрд долл.), нефтепродуктам – 23,3 % (116 млрд долл.), природному газу – 11 % (55,2 млрд долл.)) [5].

5. Ввод в действие законодательных актов по налоговому стимулированию разработки трудноизвлекаемых запасов нефти и дифференциации налогообложения добычи газа, принятия принципиальных решений по структурной перестройке системы налогообложения нефтяного сектора.

В результате реализации в 2014 г. у данных мер, которые получили название «налогового маневра», должно произойти существенное перераспределение налоговой нагрузки: доля НДС в рентных налогах значительно повысится, а вывозных таможенных пошлин – резко снизится. НДС, таким образом, станет основным рентным налогом и будет выполнять основные функции налогового регулирования в данном комплексе. Введенный порядок установления ставки НДС на углеводородные ресурсы позволяет учесть основные факторы, определяющие доходность производства, а также обеспечить необходимую дифференциацию налоговой нагрузки в зависимости от конкретных условий разработки месторождений. В 2014 г. также вступил в силу специальный льготный налоговый режим при разработке новых морских месторождений [11, с. 247, 248, 258].

6. Следует также отметить и то, что на состояние комплекса в текущее время оказывает негативное влияние колебание мировых цен на углеводородные ресурсы и введенные по отношению к России финансовые и технологические санкции. Следует отметить, что ввод в 2014 г. против России санкций и их продолжение в 2015 г. – будет в ближайшей перспективе сдерживать реализацию многих проектов в области разведки и добычи нефти и газа, а также планы по комплексному освоению глубоководных и шельфо-

вых российских месторождениях углеводородных ресурсов, в том числе и в Арктике. В долгосрочной перспективе – это может привести, в том числе, к снижению уровня добычи углеводородных ресурсов и реализации продуктов их переработки (это приведет к падению доходов у нефтегазовых компаний и поступления средств в бюджетную систему государства). Вместе с тем, возможно, данные обстоятельства позволят перейти к активной реализации государством совместно с бизнесом мер по развитию отечественного нефтегазового сервиса, по созданию и развитию производств собственного оборудования и технологий для нефтегазового сектора экономики страны.

Отметим, что в стране добыча газа природного и попутного в 2014 г. снизилась до 639,2 млрд куб. метров. По данным Минэнерго России, в 2014 г. уменьшился также экспорт газа, при этом в страны дальнего зарубежья экспорт газа сократился до 127,0 млрд куб. метров (92,0 % к уровню 2013 г.) в связи с падением потребления газа в Евросоюзе, стремлением снизить зависимость от российского газа, замещением газа другими видами топлива, в том числе углем и возобновляемыми источниками энергии, а также погодными условиями, а в страны СНГ – до 48,1 млрд куб. метров (82,4 %), в основном из-за текущих тенденций спроса на газ со стороны Украины. Общие тенденции 2014 г. (как и сохраняющиеся базовые их причины) влияют на нефтегазовый комплекс и в 2015 г. Добыча газа природного и попутного в январе – мае 2015 г. снизилась до 268,6 млрд куб. м. (составила 93,8 % к январю – маю 2014 г.), а экспорт газа за этот же период – 73,4 млрд куб. м. (составил около 84 % к январю – маю 2014 г.), при этом доля экспорта в общем объеме добычи газа уменьшилась на 3,5 % и составила 27,3 % (по данным Минэнерго России) [8; 9].

Объем добычи нефти, включая газовый конденсат, в 2014 г. составил 526 млн тонн. В течение года отмечалось замедление темпов добычи нефти к 2013 г. Продолжающийся рост объемов первичной переработки нефти на российских НПЗ в связи с экономической привлекательностью экспортно-ориентированного производства нефтепродуктов по сравнению с экспортом нефти, тенденции мировой конъюнктуры и прекращение поставок в Республику Казахстан в соответствии с межправительственным соглашением стали причинами сокращения экспорта нефти. По данным Минэнерго России, экспорт нефти в 2014 г. оценивается в объеме более 220 млн тонн. При этом поставки российской нефти в 2014 г. в страны дальнего зарубежья составили 94,6 % к 2013 г., а в страны СНГ – 83,6 % к 2013 г.

Объем добычи нефти, включая газовый конденсат, в январе – мае 2015 г. вырос до 220,4 млн тонн, при этом более половины вертикально-интегрированных нефтяных компаний и прочие производители сохраняют положительную динамику добычи нефти. По оперативным данным Минэнерго России, экспорт нефти в январе – мае 2015 г. оценивается в объеме 99,5 млн тонн, в том числе в страны дальнего зарубежья – 90,3 млн тонн (109,2 % к соответствующему

периоду 2014 г.). Рост экспорта связан со снижением первичной переработки нефти на российских нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) и привлекательностью экспорта нефти в результате принятия «налогового маневра» [8; 9].

Индекс производства нефтепродуктов в 2014 г. по сравнению с 2013 г. составил 105,9 % и в декабре 2014 г. – 103,9 % по сравнению с соответствующим периодом 2013 г.

Следует отметить, что объем переработки нефти на НПЗ в 2014 г. является максимальным за всю новейшую историю России. Доля переработки нефти в 2014 г. в общем объеме её добычи возросла на 2,2 % по сравнению с 2013 г. и составила 56,1 %. В 2014 г. нефтеперерабатывающими предприятиями на внутренний рынок отгружено автомобильного бензина 34,3 млн тонн (99,6 % к уровню 2013 г.), дизельного топлива 36,5 млн тонн (103,4 %) и топочного мазута 25,8 млн тонн (132,9 %).

Индекс производства нефтепродуктов в январе – мае 2015 г. составил 101,4 % по сравнению с соответствующим периодом прошлого года. Доля переработки нефти в январе – мае 2015 г. в общем объеме её добычи снизилась на 1,2 % по сравнению с январем – маем 2014 г. и составила 54,1 %. Глубина переработки нефтяного сырья в январе – мае 2015 г. увеличилась на 0,4 % по сравнению с уровнем января – мая 2014 г. и составила 72,3 % [8; 9].

Основные показатели функционирования нефтегазового комплекса России за 2013 и 2014 гг. представлены в таблице.

Снижение закупок нефтегазового оборудования, низкие объемы инвестиционных вложений, необходимых для внедрения передовых технологий и технического перевооружения отраслей топливно-энергетического комплекса и, как следствие, отставание его производственного потенциала от мирового научно-технического уровня в перспективе приведет, особенно в области разработки месторождений и переработки сырья, к негативным последствиям в развитии нефтегазового комплекса [4, с. 47].

Перед Россией уже сегодня ставится масштабная задача – освоение запасов углеводородных ресурсов в труднодоступных местах, в том числе под арктическими льдами. Для чего, исходя из анализа современной ситуации и опыта развитых зарубежных стран, также необходимо русифицировать технологии в нефтегазовой сфере, т. е. требуется развивать и внедрять отечественные уникальные технологии добычи и транспортировки сырья, новые методы увеличения нефтеотдачи пластов и глубины переработки углеводородных ресурсов, что определяет, в свою очередь, высокий уровень необходимых финансовых вложений. Создание новых уникальных производств, эффективное использование богатых, но малодоступных месторождений, формирование центров переработки углеводородного сырья и нефтегазовых кластеров – способны внести импульс в инновационное социально-экономическое развитие России.

Показатели функционирования нефтегазового комплекса России в 2014 и 2013 гг.

Показатели	2013 г.	2014 г.		
		в 2014 г.	к соотв. периоду прошлого 2013 г. (%)	
НЕФТЬ (тыс. тонн)				
Добыча нефти с газовым конденсатом	523172	526654	3482,0	100,7
Поставка нефтяного сырья на переработку в России	274381	290116,6	15735,6	105,7
Экспорт российской нефти	234928	221530,1	-13397,9	94,3
Первичная переработка нефтяного сырья на НПЗ России	272492	288485,4	15993,4	105,9
ПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ (тыс. тонн)				
Автобензин	38699	38313,6	-385.4	99,0
Дизтопливо	71942	77300,4	5358.4	107,4
Топочный мазут	76492	80061,4	3569.4	104,7
Авиакеросин	10182	10862,1	680.1	106,7
ГАЗ (млн м ³)				
Добыча газа (всего)	668263	640418,4	-27844.6	95,8
Внутреннее потребление газа	456829	452738,3	-4090.7	99,1
Поставка российского газа за пределы России	203069	181149,2	-21919.8	89,2

Примечание: по данным Минэнерго России. Статистическая информация. Режим доступа: <http://www.min-energo.gov.ru/activity/statistic/> (дата обращения: 15.07.2015).

Следует отметить, что дискуссии о том, какой должна быть экономическая политика, какую роль призван сыграть нефтегазовый комплекс в обретении самодостаточности, стабильности и одновременно динамизма приобрели еще большую остроту и актуальность на фоне современных событий. Как бы не развивались события в дальнейшем, как отмечает доктор исторических наук В. В. Калинов (в научной публикации «Сланцевая революция» как дестабилизирующий фактор мировой и отечественной экономики), собственный эффективный реальный сектор экономики – условие национальной безопасности и целостности страны [6, с. 20].

Несмотря на сохраняющийся высокий относительно других стран рост прогнозов добычи и экспорта углеводородного сырья, российский нефтегазовый комплекс, по мнению доктора исторических наук Е. В. Бодровой, «подвержен широкому спектру серьезных проблем, которые способны привести к значительному замедлению экономического развития страны даже в случае благоприятной конъюнктуры на внешних рынках. Не вызывают сомнений заключения о необходимости более активной роли государства в модернизационных процессах – усиление государственного участия и регулирования в нефтегазовой сфере может способствовать изменению закрепившейся за страной сырьевой специализации, препятствовать созданию экспортоориентированных производств с невысокой глубиной переработки нефти, снижению весьма значительной доли сырой нефти в экспорте. От содержания и эффективности государственной политики в нефтегазовой сфере во многом зависит не только политическое и экономическое будущее, но и внешнеэкономические и геополитические позиции России» [1, с. 47]. В этой связи актуальны выводы, которые представлены в публикации «Ресурсно-инновационный вариант для России» (авторы – академик РАН, доктор геолого-минералогических наук

А. Н. Дмитриевский и академик РАЕН, доктор экономических наук А. М. Мастепанов (Институт проблем нефти и газа РАН)): экономика страны должна опираться как на потенциал традиционных для неё сырьевых отраслей, так и на широкое использование новейших технологий – определяет выбор ресурсно-инновационной стратегии развития, которая призвана соединить богатейшие природные ресурсы государства и новейшие технологии, в том числе в самих ресурсодобывающих и перерабатывающих отраслях, при этом в первую очередь стратегия ориентирует на ускоренный рост перерабатывающих производств. Этот рост послужит базисом для последующего укрепления и развития комплекса обрабатывающих отраслей, увеличения масштабов производства конечной продукции, восстановления потенциала производственной инфраструктуры, в том числе в ресурсодобывающих секторах.

Таким образом, ресурсно-инновационная стратегия основывается на скоординированном и полном использовании отечественного ресурсного и инновационного потенциалов за счёт формирования и поддержки длинных технологических цепочек. Такой подход предполагает: смещение приоритетов от добычи ресурсов (и их последующей непосредственной реализации) к их глубокой переработке с проведением модернизации добывающих, перерабатывающих и обрабатывающих предприятий на основе масштабного внедрения инновационных и наукоёмких технологий; увеличение направления первичных ресурсов в обрабатывающий комплекс за счёт дополнительного их производства; и главное – выход на мировой рынок новой газонефтехимической продукции, которая получается за счёт высоких переделов уникального углеводородного сырья [3, с. 4 – 5]. Зарубежная практика показывает, что быстрое внедрение инноваций, а также развитие и поддержка сильных сторон национальной экономики возможно осуществить и за счет

формирования кластерно-сетевых структурах, которые обладают гибкостью и интегрированностью [7, с. 243].

Для преодоления негативных факторов функционирования нефтегазового комплекса в современных геоэкономических и геополитических условиях требуется проведение государством совместно с представителями частного сектора активной комплексной политики с реализацией системных мероприятий по: развитию отечественной научно-технической базы и роста масштабов инновационной деятельности предприятий нефтегазового комплекса страны; повышению эффективности освоения и развития ресурсно-сырьевой базы нефтегазового комплекса страны; обеспечению реализации инфраструктурных проектов для нефтегазового сектора; повышению эффективности работы компаний нефтегазового комплекса и роста их конкурентоспособности на рынках энергоресурсов и продуктов нефте- и газопереработки. Для этого потребуется дальнейшее: развитие нормативно-правовой базы, в том числе налогового законодатель-

ства, законодательства в сфере недропользования; подготовка и реализация крупных государственно-частных инвестиционных проектов, в том числе как производственного, так и инфраструктурного характера; развитие структурных элементов национальной инновационной системы; продвижение интересов российского бизнеса в межгосударственных взаимоотношениях и международных организациях; и пр.

Таким образом, сложившаяся в России и мире ситуация доказывает необходимость не столько обеспечения дальнейшего развития страны и ее внешнеторговых отношений в топливно-энергетической сфере за счет увеличения объемов добычи и экспорта сырой нефти и природного газа, сколько за счет диверсификации производства в нефтегазовом секторе: на основе производства собственных технологий и создания новой передовой техники обеспечить рост выпуска и ассортимента конкурентоспособной (как на отечественном, так и международном рынке) продукции глубокой первичной и (или) вторичной переработки углеводородных ресурсов.

Литература

1. Бодрова Е. В. Развитие нефтегазового комплекса России: проблемы и перспективы // Власть. 2015. № 4. С. 44 – 48.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». М.: Минерал-Инфо, 2014.
3. Дмитриевский А. Н., Мастепанов А. М. Ресурсно-инновационный вариант для России // Нефть России. 2014. № 5. С. 4 – 9.
4. Затолокин И. А. Особенности современного развития отраслей нефтегазового комплекса // Вестник Ниж-ГИЭИ. 2015. № 3(46). С. 45 – 48.
5. Итоги экспортной деятельности Российской Федерации за 2014 год. Минэкономразвития России. Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreigneconomicactivity/analysis/201503312> (дата обращения: 25.07.2015.).
6. Калинов В. В. «Сланцевая революция» как дестабилизирующий фактор мировой и отечественной экономики // Символ науки. Международный научный журнал. Уфа, 2015. № 1 – 2. С. 18 – 22.
7. Малышкина М. В. Характеристика кластерного подхода к управлению инновациями в зарубежных странах // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 2(58). С. 249 – 253.
8. Мониторинг «Об итогах социально-экономического развития Российской Федерации в 2014 году». Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/monitoring/monitoring2014> (дата обращения: 20.07.2015).
9. Мониторинг «О текущей ситуации в экономике Российской Федерации в январе – мае 2015 года». Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/monitoring/201506258> (дата обращения: 20.07.2015).
10. Оперативный доклад о ходе исполнения федерального бюджета за январь – декабрь 2014 года. Счетная палата Российской Федерации. Режим доступа: <http://www.ach.gov.ru/activities/audit-of-the-federal-budget/20802/> (дата обращения: 25.07.2015).
11. Российская экономика в 2014 году. Тенденции и перспективы / В. Мау [и др.]; под ред. Синельникова-Мурылева С. Г.; гл. ред. А. Д. Радыгина; Институт экономической политики им. Е. Т. Гайдара. М.: Институт Гайдара, 2015. Вып. 36. 576 с.
12. Сенюгина И. А., Стародубцева Ю. В. Перспективы развития нефтегазовой отрасли // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2(47). С. 160 – 164.
13. Храмов Д. Г. Доклад «Государственная политика и нормативное регулирование в сфере геологии и недропользования» (на Коллегии Федерального агентства по недропользованию «Итоги работы Роснедр в 2014 году и задачи на 2015 год». Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=141032> (дата обращения: 15.07.2015).

Информация об авторе:

Коноваленко Наталья Петровна – кандидат экономических наук Саратовского социально-экономического института (филиала) РЭУ им. Г. В. Плеханова, nataliya.konovalencko@yandex.ru.

Nataliya P. Konovalenko – Candidate of Economics, Saratov Socio-Economic Institute (branch) of Plekhanov Russian University of Economics.

Статья поступила в редколлегию 31.07.2015 г.

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ЭКОНОМИКИ МОНОПРОФИЛЬНЫХ ГОРОДОВ КАК СПОСОБ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА

А. Б. Коржук, Т. В. Фролова, Т. П. Дорофеева

DIVERSIFICATION OF THE ECONOMY OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS AS A WAY OUT OF THE CRISIS

A. B. Korzhuk, T. V. Frolova, T. P. Dorofeeva

Статья посвящена вопросам диверсификации экономики моноотраслевых городов. Предметом исследования является экономика моногородов и их реакция на кризис. Цель работы – разработать пути выхода из кризиса для трех городов Кемеровской области – Гурьевска, Тайги и Мысков. Результатом работы явилось описание зарубежного и отечественного опыта развития моногородов, влияние на их экономику экономического кризиса, мероприятия по диверсификации экономики данных городов. Область применения результатов – муниципальные программы выхода из кризиса. Выводы: монопрофильные города, экономика которых напрямую зависит от довольно успешных нескольких предприятий, испытывают серьезные проблемы, связанные с их реструктуризацией и развитием, так как представленные в них отрасли зачастую испытывают проблемы или вовсе становятся полностью неконкурентоспособными в новых рыночных условиях; для Кемеровской области проблема развития монопрофильных городов также является одной из самых актуальных; совокупность предложенных мероприятий, по мнению авторского коллектива, должна диверсифицировать экономику указанных городов, пополнить местные бюджеты налогами, создать рабочие места.

The paper is devoted to the issues of diversification of the economy of single-industry towns. The subject of the research is the economy of single-industry towns and their response to the crisis. The authors aim to develop the ways out of the crisis for three cities of Kemerovo region – Guriyevsk, Taiga and Myski. The work resulted in a description of foreign and domestic experience in the development of single-industry towns, the impact of the economic crisis on their economies, measures to diversify the economy of these cities. The results can be applied in municipal programs to overcome the crisis. The authors conclude that single-industry towns whose economies are directly dependent on a limited number of successful businesses have serious problems with their restructuring and development, as the presented industries often have problems or even become completely uncompetitive in the new market conditions. The problem of single-industry towns development is one of the most important for Kemerovo region. A set of proposed actions may diversify the economy of these cities, to replenish the local budgets with taxes and create new jobs.

Ключевые слова: диверсификация, моноотраслевой город, экономика города, Кемеровская область.

Keywords: diversification, single-industry towns, town's economy, Kemerovo region.

Устойчивость развития города ставится под сомнение в связи с увеличивающимися рисками динамичной внешней экономической среды. Государственные и местные власти, а также и само предприятие попадают в такую ситуацию, когда они не в силах компенсировать эти риски сами.

При создании монопрофильных городов преследовалась определенная идея: такие города специализируются на конкретных градообразующих отраслях, а их продукция имеет возможность привлекать в город денежные потоки, благодаря продаже этой продукции из одного региона страны в другой – «экспортные» денежные потоки в границах государства. Для большинства таких городов перспективы его развития связывают с развитием градообразующих отраслей. Благодаря функционированию этих предприятий формируется спрос на производственные факторы, такие как финансовые и человеческие ресурсы, сырье, разнообразные виды оборудования, тепло- и электроэнергию, воду, газ и т. п. Рабочие же этих предприятий создают спрос на потребительские услуги и товары. Бесперебойное функционирование основной градообразующей отрасли обеспечивают в большей своей части предприятия градообслужи-

вающих отраслей, удовлетворяя возникающие виды спроса, например пищевая промышленность, транспорт, торговля, снабженческие системы и т. д. Благодаря тому, что предприятия определены по основным отраслевым группам, возникает возможность отнести каждый город к некоторому типу: город-порт, центр машиностроения, центр нефтехимии, металлургический центр и т. д.

Если судить о последствиях экономического кризиса по опыту России, то моногорода значительно пострадали от этих условий, нежели города, чья экономика в достаточной степени дифференцирована. Таким образом, можно сказать, что уязвимость такого типа экономики является очевидна. Следовательно, диверсификация является самым подходящим путем достижения устойчивости экономики таких городов. Развитие иных отраслей, помимо той, которая является основной для конкретного региона, и уменьшение зависимости города от функционирования градообразующего предприятия это необходимые условия для дальнейшего экономического благополучия этих городов [7, с. 71].

Этому есть огромное множество примеров из мировой практики, например Финляндия. Всего не-

сколько десятилетий потребовалось Финляндии для того чтобы пройти путь от государства с первичным сектором экономики, характерным для этой страны еще в середине прошлого века, до государства высокого уровня развития. За последнее десятилетие валовой внутренний продукт страны увеличился почти на 40 % [4, с. 114].

Для Финляндии как для северной страны характерно большое влияние государства в регулировании экономики, но, несмотря на это их модель процветания оказалась успешной.

Следует отметить, что все эти преобразования происходили, несмотря на достаточно сложные условия. Полезные ископаемые и природные ресурсы в Финляндии не распространены, к тому же территория достаточно мала по сравнению даже с другими странами ЕС. Развивать сельское хозяйство и скотоводство в этой стране особенно сложно, в связи со скалистым ландшафтом, множеством озер и болот, а так же наличием сурового климата. Но, несмотря на наличие всех этих факторов эта страна пережила значительный экономический рост в последние десятилетия.

До 50-х годов прошлого века значительно дольше, чем в других странах Европы, источником средств существования большей части населения Финляндии был первичный сектор экономики, а именно: сельское хозяйство, лесная промышленность и рыболовство. За последние 10 лет в экономике этой страны произошли серьезные структурные изменения.

Финляндия не стала задерживаться на промышленной стадии, а сразу оказалась в постиндустриальном этапе развития, где большую часть экономики страны составляет не производство, как таковое, а сфера услуг, такие как торговля, коммуникации и туризм. Одной из главных движущих сил финской экономики стала компания Nokia, полностью продавшая свое целлюлозное, а также резиновое производство, сделавшая ставку на телекоммуникационные технологии.

Но Финляндия не ограничивается уже достигнутыми результатами, а все большими темпами движется вперед, к формированию информационного общества, делая акцент на информатизации и компьютеризации всех сфер жизни общества, тратя значительные средства бюджета на научную сферу, исследования и образование.

Финляндия далеко не единственный пример перехода от монопрофильной экономики к дифференцированной модели. Немецкая промышленность также подвержена структурным изменениям, и такая тенденция характерна и для многих других индустриальных стран Запада. Отрасли, которые на данный момент являются традиционными для экономики Германии, значительно утратили свои позиции, вследствие высокой конкурентной борьбы со стороны стран с низким уровнем заработных плат, перемещения рынков сбыта, а также, как в случае с фармацевтической промышленностью, по причине слияний и поглощений, в результате которых немецкие компании перешли в собственность иностранных. Кризис угледобывающей промышленности Германии начался в середине XX века, и определялся циклическим характером,

связанным с ценовой политикой мирового сообщества на нефть и экологической политикой Европейского Союза. В 1980-е, когда реструктуризация отрасли была завершена, добыча угля была сконцентрирована на предприятиях с самыми низкими издержками. Но горнодобывающая промышленность Германии становилась все более убыточной. Ситуация на данный момент является таковой, что при всех исходных условиях значительно дешевле импортировать уголь из других стран вне зависимости от способа его транспортировки [4, с. 119].

Но и на сегодняшний день промышленность так же остается одной из важнейших опор экономики Германии и имеет весьма обширную базу, даже по сравнению с другими странами индустриального типа такими, например, как США и Великобритания. Так на предприятиях промышленности занято около 8 млн человек.

Крупнейшие концерны Германии имеют свою филиальную сеть, научно-исследовательские и производственные мощности по всему миру. К ним можно отнести – общеизвестные химические концерны BASF, Henkel Group, Bayer, автомобильные BMW, Daimler, Volkswagen, энергетические – RWE и E.ON, конгломерат Siemens. Но, несмотря на это, удельный вес промышленности в экономике сокращается с каждым годом, и на данный момент он составляет примерно четверть ВВП, хотя в 1970-х был более половины. При этом в ВВП Германии значительно увеличилась сфера услуг, которая представлена государственным и частным секторами. Сектор услуг является основной движущей силой роста немецкой экономики. Сейчас его доля составляет почти 70 % ВВП.

Рассмотренные нами примеры являются положительными вариантами развития регионов с монопрофильной экономикой, но в мировой практике также известны случаи, когда при недостаточном контроле за ситуацией со стороны государства, последствия кризисных явлений несли разрушительный характер для всей экономической сферы этого города или даже региона. Ярким примером являются Соединенные Штаты Америки, в частности город Детройт [3, с. 214].

В середине XX века Детройт был одним из основных центров машиностроения в США. Он на государственном уровне лоббировал идею об общедоступных и дешевых автомобилях. В этом городе были сконцентрированы самые значительные автомобильные заводы США – General Motors, Chrysler, Ford – Детройт переживал скачок своего развития, что способствовало тому, что он в достаточно короткие сроки стал одним из богатейших городов Северной Америки. С развитием автоиндустрии, с середины 20-х годов, в больших количествах стали появляться личные автомобили. Это один из первых городов, где началась стройка транспортных развязок и скоростных магистралей. Но необходимо отметить, что социально значимая система общественного транспорта не получила развития. Даже скорее наоборот, так как автомобильные корпорации продвигали идею ликвидации троллейбусных и трамвайных линий. В то же время шла кампания, которая рекламировала приобретение

личного транспорта, а общественный же представлялся не престижным. Такое пересаживание населения на личные автомобили поспособствовало их переселению из центральной части Детройта в его пригороды.

Начало оттока населения было начато еще в 1950-е. Количество инженеров, квалифицированных рабочих, представителей среднего класса, продающих свое жилье в городе и уезжавших в пригород, значительно увеличивалось. Цены на недвижимость стали стремительно снижаться. Это, разумеется, повлекло за собой финансовые проблемы, связанные с тем, что наиболее платежеспособное население разъехалось. Стали сокращаться рабочие места, банкиры, врачи, владельцы магазинов переезжали туда, где появился платежеспособный спрос.

Переезжая, жители оставляли после себя целые районы безжизненными, количество людей их населявших сократилось до минимума. Заводы, небоскребы, жилые кварталы остались заброшенными и разрушались от времени и вандализма.

В городе тогда остались только те, кто не смог себе позволить переезд – живущие на пособие, безработные, низкооплачиваемые рабочие, в большинстве своем это было афроамериканское население. Афроамериканцы стремительно наполняли окраины Детройта, что привело к тому, что Детройт стремительно приобрел дурную славу. Так как среди афроамериканцев из-за безработицы и бедности процветала преступность.

В 1973 г. случился нефтяной кризис, который привел к банкротству немалой части американских автомобилестроителей. Их продукция просто не могла больше достойно конкурировать с экономичными японскими и европейскими машинами. Это стало толчком для закрытия многих заводов, люди теряли работу и соответственно уезжали из города. Это стало причиной сокращения населения практически в 2,5 раза с середины прошлого века до настоящего времени.

Федеральная комиссия, которая была специально для этого создана в 1974 г., представила сенату свой доклад в середине июля, где было сказано, что 20 американских корпораций, являющиеся монополистами производства и очистки нефти, а также распределения нефтепродуктов, абсолютно однозначно обвинялись в том, что в целях получения дохода они искусственно создавали перебои по снабжению бензином. Прокуратура штата Флорида потребовала, чтобы против этих компаний применили антимонопольный закон. В Лос-Анджелесе Федеральное большое жюри также обвинило нефтяные компании в проведении разного рода махинаций [1, с. 45].

Если рассматривать долгосрочную перспективу, то кризис достаточно сильно сказался на автопромышленности Соединенных Штатов, так как ранее их автомобили были тяжелыми, большими и мощными. До 70-х гг. объем восьмицилиндрового двигателя Chevrolet Caprice по стандарту составлял 6,5 л, а Chevrolet Impala проходил по шоссе 15 миль максимум на галлоне бензина. Последствиями кризиса стало то, что японские модели с 4 цилиндрами, потребляющие меньше бензина, вытеснили такие американ-

ские машины. Автопромышленники Детройта, не выдержав конкуренции, были вынуждены наладить выпуск более легких автомобилей, таких как Ford Fiesta, Ford Pinto и др. Благодаря этим преобразованиям буквально через 10 лет средний американский автомобиль увеличил расстояние, проходимое на галлоне бензина, до 17,4 миль. В середине 1970-х восстановился спрос на роскошные автомобили типа седан, но их рынок не являлся массовым. Новый модельный ряд Ford отличался от прежних автомобилей значительным уменьшением в размерах и мощности.

Во второй половине XX в. по причине бензинового кризиса Детройт пришел в упадок, многие заводы на его территории закрылись, население в большей своей части разъехалось, благодаря чему целые районы города остались заброшенными. Но несмотря на это, в этом городе до сих пор находятся штаб-квартиры крупнейших автопроизводителей, но теперь это не свидетельствует обо все том же экономическом благополучии.

Итогом явилось, что Детройт так и не вышел из кризиса, 18 июля 2013 г. было заявлено о банкротстве города. Это будет крупнейшее муниципальное банкротство в США. Задолженность и бюджетный дефицит составили 18 – 20 млрд долларов.

Пример Соединенных Штатов свидетельствует о том, что если делать ставку в регионе только на одну отрасль, не дифференцируя экономику, то при любом внешнем воздействии последствия для нее будут значительными, и за достаточно короткий период один из наиболее развитых городов может превратиться в место убыточного производства и отсутствия перспектив для населения.

Для России проблема монопрофильных городов также является актуальной. В том виде, в котором они предстают сейчас, российские моногорода сформировались во времена Советского Союза. Но в эту структуру свои коррективы внесли период начального накопления капитала и приватизации в постсоветской России: из-за резких изменений традиционных бизнес-моделей функционирования градообразующих предприятий и нарушений в вертикальных и горизонтальных связях народнохозяйственного комплекса СССР значительная часть моногородов превратилась в депрессивные зоны, находящиеся порой на грани социальных волнений и даже коллапса.

После волнений, произошедших в Иркутской области в городе Байкальск в августе 2009 г., межведомственной комиссии по моногородам было поручено сформировать единые критерии, основываясь на которых, можно было бы отнести населенный пункт к монопрофильным городам, благодаря чему и был сформирован перечень моногородов России, утвержденный официально. Он состоит из 335 позиций.

По данным профессора кафедры российской политики факультета политологии МГУ им. Ломоносова Ростислава Туровского, к монопрофильным населенным пунктам относятся 467 городов и 332 поселка городского типа, совокупное население которых около 25 млн человек [5].

Необходимо сделать акцент на структуре разделения ответственности за социальную сферу между

бизнесом и государством. Существует мнение, что и формальная, и фактическая ответственность должны лечь на плечи государства, хотя если рационально разделить ее между ними это может возыметь большую эффективность.

Это снизит финансовые нагрузки на предприятия, являющиеся градообразующими, поспособствует сведению к минимальному уровню сокращения штата и выведет налоговые отчисления на достаточный уровень. Этот подход к распределению социальной ответственности также поможет снизить напряженность в обществе и контролировать возникновение взрывоопасных ситуаций.

Общая программа государственной поддержки монопрофильных поселений была разработана к концу 2009 г. Все предложенные меры можно разделить на три направления: модернизация предприятий, диверсификация экономики, переселение [6, с. 85].

Безусловно, крайней мерой является переселение жителей монопрофильных городов. Но, несмотря на это, в программе Тольятти в виде одного из вариантов реструктуризации АвтоВАЗа рассматривалось переселение некоторой части сокращенных сотрудников этого предприятия в Калужскую область и их трудоустройство на заводах Volkswagen.

Но для поддержки пути развития монопоселений большую эффективность имеет диверсификация их экономики за счет структурной перестройки, создание новых, прежде всего наукоемких производств, и модернизация уже имеющихся.

Для применения указанных мер на практике необходимо сформировать правовую базу в отношении монопоселений и, прежде всего, на законодательном уровне обозначить их понятие и статус.

Таким образом, обобщенно проблемой моногородов является их привязка к одной отрасли, кризис в которой может привести к кризису всего города. Выходом из данного положения должна являться диверсификация экономики таких городов.

Для Кемеровской области проблема развития монопрофильных городов также является одной из самых актуальных. Все города области, за исключением Кемерова, являются моногородами, и их экономическое благополучие зависит от одной отрасли: металлургии, угольной, машиностроения или железной дороги. Доля населения, приходящаяся на такие города, составляет около 70 %.

Кризисная ситуация, что подтверждает практика, поставила экономику региона перед необходимостью искать новые эффективные пути развития. Кемеровская область одной из первых среди российских регионов начала внедрение новых технологий, позволяющих диверсифицировать экономику. Это стало возможным благодаря сотрудничеству и взаимопониманию с бизнесом: компания развивает производство, растет заработная плата людей, производительность труда, а также инвестирует в проекты, связанные с диверсификацией экономики этого города.

В данной статье проанализированы ситуации, сложившиеся в трех городах Кемеровской области, а именно: Гурьевск, Тайга и Мыски. В каждом из них необходимо рассматривать пути иного экономическо-

го развития, нежели имеющегося сейчас, для того чтобы диверсифицировать экономику и исключить прямую зависимость города от одной отрасли.

В процессе исследования выяснилось, что город Тайга находится на одинаковом расстоянии от городов Томск, Юрга, Кемерово. Через него проходит Западно-Сибирская железная дорога. Данное положение обуславливает экономическую специализацию города – обслуживание данного сектора. В городе расположена станция Тайга, локомотивное депо, дорожный центр по работе со станциями, филиал Омского государственного университета путей сообщения. Экономика города не диверсифицирована. К ресурсной базе можно отнести – наличие лесных массивов, запасы глины пригодных для производства керамзита, наличие пустующих производственных помещений, ж/д станция, наличие инженерных сетей, трудовые ресурсы. В городе существует проблема ветхого жилья.

В целях диверсификации экономики и ухода от монозависимости творческим коллективом авторов статьи были предложены следующие проекты: строительство завода по производству керамзита, открытие производства керамзитобетонных и пескобетонных блоков, создание завода по производству ориентированно-стружечных плит (ОСП), открытие производства SIP-панелей и организация каркасного домостроения.

Сроки реализации данных проектов в среднем обозначены до 2016 г., ориентировочная стоимость инвестиций составит 234 млн руб.

Город Тайга обладает разведанным месторождением керамзитовых глин. Расположено в 3 км севернее ж. д. ст. Тайга. Полезная толща представлена пластообразной залежью, в составе которой выделяются два слоя глин: желтовато-серые и подстилающие их темно-синие. Запасы сырья утверждены ТКЗ (протокол № 441 от 26.11.75 г.) и на 01.01.07 г. составляют 1319 тыс. м³ по категориям В+С и учитываются балансом в государственном резерве.

Технология производства керамзита предусматривает на этапе обжига применение угля, что также будет способствовать экономическому развитию городов, расположенных по соседству с Тайгой и занимающихся добычей этого полезного ископаемого.

Одним из приоритетных направлений также рассматривается создание завода по производству ориентированно-стружечных плит (ОСП). ОСП является универсальным материалом, превосходящим по механическим параметрам такие материалы, как: древесно-стружечная плита и фанера – прочнее, более влагостойкий, лучше удерживает крепеж (гвозди, шурупы), не подвержен порче насекомыми, прост в обработке.

Основные производители ОСП – Канада, США, Северная Европа. Большая часть плит в Россию привозится из Китая.

Открытие бизнеса по производству ориентированно-стружечной плиты окупит расходы, так как плита будет лучше, чем китайская по качеству и дешевле, чем европейская и американская.

При производстве плит накапливается большое количество отходов, которые можно также пустить в

переработку и получать дополнительный доход. Стружку, опилки и кору деревьев можно перерабатывать в топливные паллеты или горючие брикеты. Их можно продавать, либо использовать для нагрева прессы, сушильной установки, отопления производственных помещений в зимнее время.

Также эти плиты используются при производстве сэндвич-панелей SIP. Панель SIP – это монолитная конструкция, полученная в результате склеивания под давлением двух плит ОСП и пенополистирола, используемого в качестве тепло и звукоизоляции.

Преимущества панелей SIP: большая прочность, чем у привычных деревянных домов; энергоэффективность – гораздо теплее кирпичных домов; устойчивость как к низким, так и к высоким температурам; экологическая безопасность; неподверженность гниению; низкая себестоимость; разнообразие отделки; быстрота возведения – возможность очень быстрой постройки; долговечность; легкость конструкции, что уменьшает нагрузку на фундамент и позволяет значительно удешевить его; разнообразность архитектурных и конструктивных решений; высокая эстетичность зданий и комфортность проживания; экономичность технологии и как следствие низкая стоимость 1 м² дома; негорючесть.

Обеспечение роста экономического потенциала Гурьевского района остается приоритетным направлением в среднесрочной перспективе. Достижение устойчивого развития района на основе развития новых производств в целях диверсификации экономики предусматривает следующие мероприятия:

- строительство цементного завода;
- открытие предприятия по розливу бутылированной воды;
- производство ОСП плит;
- производство СИП панелей;
- открытие предприятия по производству пива.

В Гурьевском районе весьма значительно антропогенное воздействие на водные ресурсы. Наличие больших территорий техногенных земель, значительное загрязнение поверхности земли через выбросы в атмосферу, низкий уровень благоустройства территории, особенно индивидуальной застройки, приводит к тому, что с ливневыми и талыми водами в реки Малый Бачат и Малая Толмовая поступает огромное количество взвешенных частиц, нефтепродуктов и других вредных веществ химического и органического происхождения.

В связи с этим многие люди устанавливают водочистные системы в точке потребления воды в частных домах и квартирах, либо предпочитают покупать бутылированную питьевую воду.

На большинстве предприятиях, производящих бутылированную воду, используется технология озонирования, которая позволяет произвести обеззараживание и обогащение питьевой воды кислородом. Озонирование воды осуществляется перед розливом и бутылированием природного ресурса. Такая очищенная вода определенного химического состава и обогащенная кислородом оказывает благотворное влияние на

организм человека, широко используется в медико-профилактических целях.

Основное преимущество технологии – консервирующий эффект, позволяющий длительное время воде сохранять свои полезные свойства и первоначальный состав.

Также в Гурьевске возможно открытие предприятия по производству пива. Пиво – ячменно-солодовый напиток, обладающий ароматом хмеля, приятной горечью, способностью вспениваться при розливе. Благодаря уникальному вкусу, жаждоутоляющему действию, хмельной напиток пользуется высоким спросом у населения.

Поэтому, несмотря на конкуренцию, можно организовать прибыльный и перспективный бизнес.

Для города Мыски определены как наиболее приоритетные такие направления, как разведение радужной форели, открытие центра пластической хирургии и косметологии, открытие предприятия по розливу бутылированной воды и создание завода по производству ориентированно-стружечных плит (ОСП).

Всех разводимых рыб принято по отношению к температуре воды разделять на холодолюбивых и теплолюбивых.

К первой группе относят виды, предпочитающие водоемы с проточной, чистой, холодной (с температурой до 15 – 20 градусов) водой. К ним относят, прежде всего, всех лососевых рыб, обитающих только в северном полушарии: форель, семга, сиг, пелядь, ряпушка и другие. К теплолюбивым рыбам относится карп, сазан, толстолобики, амур, осетровые, сомы, тиляпии и многие другие. Все они могут хорошо расти и развиваться в хорошо прогреваемых солнцем, непроточных или слабопроточных водоемах с температурой до 35 градусов.

Таким образом, в г. Мыски целесообразно разводить такую рыбу, как: форель, пелядь, ряпушка, хариус.

Радужная форель (*Parasalmo mykiss* Walbaum) – один из первых объектов семейства лососевых, относящийся к роду тихоокеанских форелей (*Parasaimo*), который стал активно использоваться для выращивания в искусственных условиях. Свое название эта рыба получила за серебристую окраску с черными пятнышками на спине и широкую радужную полосу вдоль боковой линии. Ее мясо богато протеинами, ненасыщенными жирными кислотами, микроэлементами и витаминами, которые имеют существенное значение в полноценном питании человека.

Радужная форель относится к холодноводным рыбам. Она полностью одомашнена и мало требовательна к условиям среды, а технология производства ее посадочного материала экономичная и несложная. В настоящее время радужная форель становится основным объектом индустриального рыбоводства, которое успешно развивается в каждой стране с доступными пресноводными и морскими ресурсами.

Открытие центра пластической хирургии и косметологии рассматривается как одно из возможных мероприятий, направленных на диверсификацию экономики города Мыски. В 2012 г. мировой рынок пластической хирургии с его операциями по увеличению груди и липосакциями, инъекциями ботокса и лазер-

ной коррекцией кожи, достиг оборота в 6 млрд долларов. В последующие годы индустрия будет продолжать расти. Самым заметным годовым ростом ожидается в Азии – до 14 %. Европейский рынок, по прогнозам экспертов, подрастет на 6,6 % [2].

Чтобы открыть центр пластической хирургии придется потратить около 30 млн руб. Срок окупаемости такого проекта 1 – 2 года, если арендовать

площадь у государственного медицинского учреждения, то рентабельность проекта повысится, и сроки окупаемости сократятся.

Совокупность данных мероприятий, по мнению авторского коллектива, должно диверсифицировать экономику указанных городов, пополнить местные бюджеты налогами, создать рабочие места.

Литература

1. Абрамов Р. Диверсификация экономики регионов на основе инновационного развития. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.
2. Новости пластической хирургии // Клиника века: сайт. Режим доступа <http://clinicaveka.ru/news/plastic-surgery-news-82.html> (дата обращения: 15.09.2015).
3. Рукина И., Анфимова А. Региональная экономика и управление: учебное пособие. М.: Издательский дом Международного университета в Москве. 2014.
4. Самсоненко Г., Соляр А. Региональная экономика и управление. М.: ИВЭСЭП. 2011.
5. Славецкий В. Города на слом // Свободная пресса. 07.04.2013. Режим доступа: <http://svpressa.ru/society/article/66459/>
6. Трейвиш А. Город, район, страна и мир. Развитие России глазами страноведа. М.: Новый хронограф. 2009.
7. Ускова Т., Нестеров А., Иогман Л., Ткачук С., Литвинова Н. Моногород: управление развитием. М.: ИСЭРТ РАН. 2012.

Информация об авторах:

Коржук Андрей Борисович – кандидат экономических наук, доцент Кемеровского института (филиала) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, korzhuk@mail.ru.

Andrey B. Korzhuk – Candidate of Economics, Assistant Professor at Kemerovo Institute (branch) of Plekhanov Russian University of Economics.

Фролова Тамара Валерьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления на предприятии торговли Кемеровского института (филиала) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, Polina-fr@mail.ru.

Tamara V. Frolova – Candidate of Economics, Assistant Professor at the Department of Economics and Management of Trading Enterprises, Kemerovo Institute (branch) of Plekhanov Russian University of Economics.

Дорофеева Татьяна Павловна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления на предприятии торговли Кемеровского института (филиала) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, tpd57.77@mail.ru.

Tatyana P. Dorofeeva – Candidate of Economics, Assistant Professor at the Department of Economics and Management of Trading Enterprises, Kemerovo Institute (branch) of Plekhanov Russian University of Economics.

Статья поступила в редколлегию 16.09.2015 г.

**СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА
В ОРГАНИЗАЦИИ***В. Ю. Прокопенко, В. В. Халиулина***THE SOCIO-PSYCHOLOGICAL COMPONENT OF THE SYSTEM OF STAFF
DEVELOPMENT IN THE ORGANISATION***V. Yu. Prokopenko, V. V. Khaliulina*

В статье представлена позиция авторов относительно развития персонала, заключающаяся в системном подходе к использованию профессионального, социального, личностного (персонального) аспектов развития каждого работника. Определены необходимые элементы системы развития персонала организации. Приводятся данные проведенного авторами социологического исследования в банковской структуре, выводы которого определяют роль социально-психологической составляющей в развитии персонала. Авторами предлагаются конкретные направления совершенствования обучения и развития персонала с учетом социально-психологического аспекта.

The paper presents the authors' position regarding the development of staff, consisting in the systematic approach to the use of professional, social, personal aspects of development of each employee. The necessary elements of the system of personnel development in an organization are determined. The paper presents the data of sociological research carried out by the authors in the banking structure, the conclusions of which define the role of the socio-psychological component in the staff development. The authors offers specific ways of improving the staff training and development, taking into account the socio-psychological aspect.

Ключевые слова: развитие персонала, элементы системы развития персонала, социально-психологический аспект развития персонала, оценка персонала.

Keywords: staff development, elements of the system of personnel development, social and psychological aspect of staff development, personnel assessment.

В последнее время все большее признание и в теоретическом, и в прикладном аспекте получает необходимость развития персонала как важнейшей функции управления человеческими ресурсами. От уровня в первую очередь профессионального развития работника зависит качество производимых продуктов или услуг организации. Успешная реализация во взаимосвязи профессионального, социального и индивидуального развития каждого работника оказывается под влиянием различных факторов, среди которых весомое место занимают социально-психологические. На уровень социального и индивидуального развития большое влияние оказывают социально-психологическая атмосфера в коллективе, коммуникативные взаимоотношения между работниками подразделений, коллективизм, эффективность социальной самоорганизации.

В силу специфики работы организаций различных сфер, размеров и организационно-правовых форм в каждой из них используются индивидуальные методы развития сотрудников, которые формируют и развивают компетенции, необходимые для работы на конкретном рабочем месте. Их разработкой и внедрением занимаются как специалисты по управлению персоналом, работающие в организации, так и внешние профессиональные консультанты.

Понятие «развитие персонала» рассматривается многими учеными, в частности М. Армстронгом, П. Э. Шлендером, А. Я. Кибановым, В. Р. Весниным, Т. Ю. Базаровым, В. М. Масловым и др.

Наиболее емким, на взгляд авторов, является понятие, данное в работе В. Р. Веснина: развитие персонала – это проведение ряда мероприятий, способствующих наиболее полному раскрытию потенциала работников и росту их способности вносить вклад в деятельность организации [2, с. 159]. Следует подчерк-

нуть, что до недавнего времени преобладал традиционный подход к развитию персонала в организации, который предусматривает три основных направления работы: обучение работников (различные виды, формы, методы), управление карьерой и формирование кадрового резерва. Причем большинство исследователей делали упор в основном на профессиональное развитие. Под профессиональным развитием работника в рамках организации, как правило, понимают овладение новыми навыками, умениями, знаниями и компетенциями, необходимыми для работы, повышение уровня квалификации, переподготовку сотрудников для успешного осуществления трудовых функций [4].

Социальное развитие предполагает развитие навыков, связанных с работой в коллективе, общением с клиентами, психологический аспект развития персонала. Личностное или персональное развитие заключается в развитии личностных качеств, необходимых для осуществления трудовой функции.

В последнее время развитие персонала трактуется в большей степени с системных позиций. Подчеркивается, что развитие персонала – это система взаимосвязанных действий, включающих выработку стратегии, прогнозирование потребности в персонале, управление карьерой и профессиональным ростом, организацию процесса адаптации, обучения, формирование организационной культуры. В данном определении представлены, по сути, основные элементы, формирующие систему развития персонала [1, с. 13]. Авторы статьи также придерживаются мнения, что развитие персонала организации складывается из нескольких взаимосвязанных элементов. К ним, на наш взгляд, целесообразно отнести: адаптацию персонала; управление карьерой; обучение персонала; работу с кадровым резервом; стимулирование развития персо-

нала; оценку персонала как контроль достигнутого уровня развития персонала.

Кроме этого, необходимо, безусловно, учитывать стратегические цели организации, «развитие организационной культуры, наилучшее использование потенциала каждого работника» [6, с. 104], персональный подход при определении личного плана развития.

Современные взгляды в области управления человеческими ресурсами предполагают, что любая функция должна реализовываться с точки зрения системности, учитывающей такие свойства, как целостность, бесконечность, непрерывность функционирования, устойчивость, целенаправленность. Свойство целостности системы заключается во взаимосвязи всех элементов между собой, а также в разрушении всей системы при вычленении или сбое в одном из элементов. Говоря о системном подходе к развитию персонала, отметим, например, что при не организованном процессе адаптации, ценный работник может покинуть организацию и снизить ее кадровый потенциал. Это влечет дополнительные затраты на поиск и адаптацию других сотрудников и подтверждает существование данного свойства относительно системы развития персонала.

Такое свойство системы, как бесконечность, трактуется невозможностью полного познания и описания конечным числом качественных и количественных характеристик. Говоря о системе развития персонала, следует подчеркнуть постоянное совершенствование элементов данного направления работы и появление новых технологий, методов развития. В качестве примера можно привести получившее достаточно широкое распространение дистанционное обучение, проведение вебинаров.

Непрерывность функционирования заключается в том, что система существует, пока она функционирует и выдает востребованный результат. Проецируя данное свойство на систему развития персонала, отметим, если развитие персонала реализуется в организации, данное направление работы характеризуется определенными результатами, которые выражаются в изменении уровня развития работников.

Ключевое свойство системы – целенаправленность, также можно спроецировать на развитие персонала. Отметим, что цели системного подхода к развитию персонала для каждой организации различны в силу ее специфики деятельности, миссии, стратегии.

Следующее свойство системы – устойчивость, сущность которой заключается в том, что система находится в определенном качественном состоянии, которое способна сохранять при незначительных изменениях среды. Развитие персонала должно быть устойчивым направлением работы, разработанным на определенный период.

Кроме того, каждая социально-экономическая система предполагает такие элементы, как:

- объект управления (говоря о системе развития персонала, объектом выступает персонал организации и отдельный ее сотрудник);

- субъект управления (в рамках системного подхода к развитию персонала на предприятии под данным элементом понимается отдел по работе с персо-

налом или определенный сотрудник, который занимается этими вопросами, линейный руководитель);

- обратная связь, позволяющая получать информацию от работников организации для коррекции системы;

- цель управления (с точки зрения системного подхода к развитию персонала, основной целью ее функционирования выступает эффективное выполнение текущих и стратегических задач, стоящих перед организацией, а также оптимальное удовлетворение потребностей работников и формирование необходимого уровня их развития для выполнения трудовых обязанностей);

- методы развития персонала (методы профессионального, социального и личностного развития).

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что развитие персонала – открытая социально-ориентированная система, которая является частью более сложной системы, а именно, системы управления персоналом. Важно проанализировать воздействие социально-психологической составляющей на другие элементы развития персонала.

Следует учитывать, что одним из ключевых понятий является «социально-психологический климат». Изучением его роли занимается большое число ученых в различных областях знаний таких, как психология, конфликтология, организационное поведение, менеджмент и другие.

Отметим, что наиболее полным и чаще всего применяемым на практике является следующее определение: социально-психологический климат – это состояние группового настроения и качественная сторона межличностных отношений в группе, проявляющихся в виде совокупности психологических условий, способствующих или препятствующих продуктивной совместной деятельности. Благоприятный социально-психологический климат характеризуется высоким уровнем доверия сотрудников друг другу, выражением мнения всех членов группы, удовлетворенностью участия в коллективе, взаимопомощью и взаимовыручкой, высоким уровнем информированности сотрудников о внутренних аспектах жизни компании, отсутствием конфликтов в коллективе.

С целью выявления мнений сотрудников о роли социально-психологической составляющей в системе развития персонала, авторами было проведено анкетирование работников в Операционном офисе «Кузбасский» ОАО «БАНК УРАЛСИБ», который входит в Холдинговую компанию «УРАЛСИБ». Анкетное исследование проводилось в течение сентября-октября 2014 г. В опросе приняло участие 153 человека. В число опрошенных вошли сотрудники всех подразделений управления, а также сотрудники, в чьи обязанности входит работа с клиентами. Анализ анкет был проведен с помощью программы IBM SPSS Statistics.

Половозрастную структуру респондентов можно увидеть на рис. 1.

Гипотеза исследования: в условиях рыночной экономики, когда компания стремится к более высокому уровню развития персонала, должен быть сформирован системный подход к данному направлению деятельности с учетом усиления роли социально-психологической составляющей развития персонала.

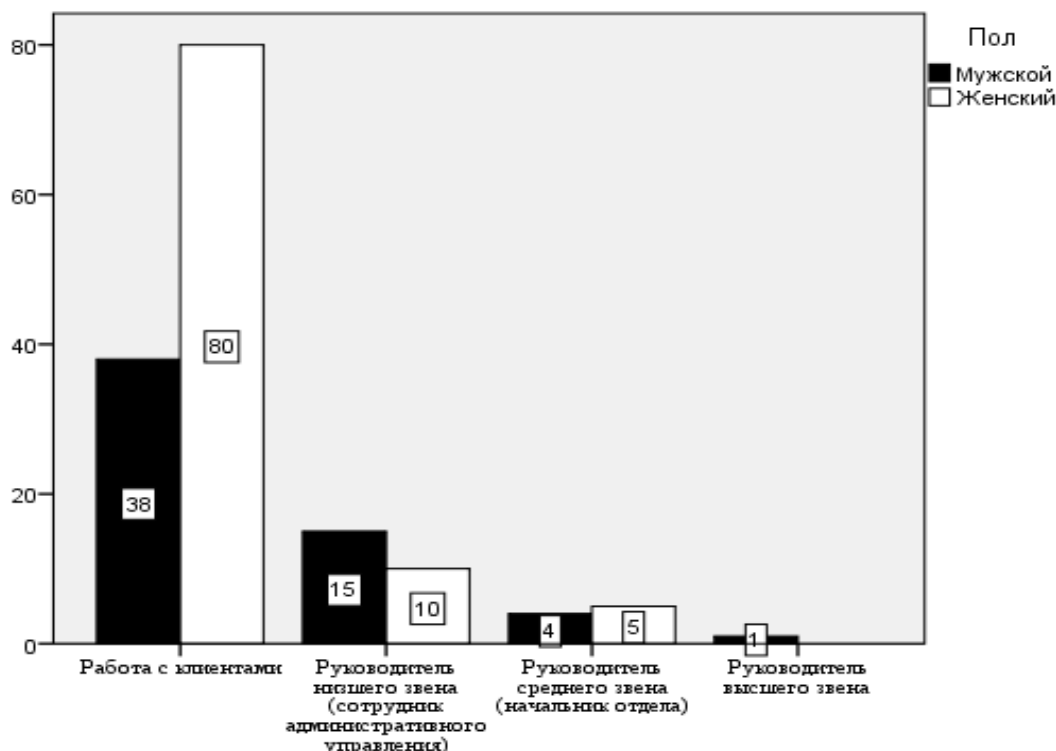


Рис. 1. Половозрастная структура опрошенных сотрудников Операционного офиса «Кузбасский», ОАО «БАНК УРАЛСИБ»

Анализируя ответы на вопросы анкеты, касающиеся социально-психологического климата, отметим, что в данной организации наблюдаются проблемы. В частности, при ответе на вопрос «Прислушивается ли руководство компании к Вашим предложениям и идеям», подавляющее большинство респондентов (более 70 %) отвечают отрицательно. Это может говорить о преобладании авторитарного стиля руководства, который напрямую отражается на социально-психологическом климате в коллективе, подавляя активность и инициативность сотрудников.

Распределение ответов на следующий вопрос анкеты «Как бы Вы оценили морально-психологический климат в Вашем коллективе (отделе)?», отметим, что 59 % респондентов отмечают наличие конфликтов в организации, исходя из этого повышается уровень текучести кадров, снижается стремление к развитию. Более подробное распределение ответов на данный вопрос можно увидеть на рис. 2.

Социально-психологический климат тесно связан с уровнем вовлеченности персонала в работу, с корпоративной культурой. В этом отношении в процессе исследования получены несколько противоречивые данные. Так как уровень развития персонала во многом определяется уровнем вовлеченности работников в трудовой процесс, то представим анализ ответов на соответствующие вопросы.

Опрос показал, что основная часть работников вовлечена в трудовой процесс, 69 % респондентов отметили, что им интересна работа на данной должности, а 57 % сотрудников Банка не задумываются о смене работы. О высоком уровне вовлеченности говорит то, что 43 % опрошенных на вопрос «Готовы ли Вы принимать участие в деятельности компании и улучшении ее функционирования?» ответили: «уже

принимаю активное участие». Кроме того, 65 % работников порекомендуют трудоустройство в Банк своим друзьям и знакомым, ищущим работу. О том, что работники Операционного офиса «Кузбасский» вовлечены в трудовой процесс, говорит также тот факт, что около 80 % сотрудников оценивают положительно систему корпоративной культуры и хорошо знакомы с основными ее элементами. Кроме того, в ходе опроса было выяснено, какие элементы корпоративной культуры, по мнению сотрудников, являются самыми популярными. Было предложено выбрать четыре варианта ответа на данный вопрос. Ответы сотрудников Банка представлены в нижеприведенной таблице.

Анализируя данные таблицы, можно увидеть, что среди ответов сотрудников преобладают такие, как участие Банка в мероприятиях здорового образа жизни и благотворительных мероприятиях, а также фирменный стиль Банка. Только каждый пятый работник Банка знает об основных точках опоры Банка в системе управления персоналом. Это говорит о том, что среди рядовых работников система управления персоналом и ее основные положения остаются неизвестными. Распределение ответов респондентов на вопрос «Известно ли Вам об основных ценностях компании (в том числе ее миссии, целях, стратегии развития)?» показывает, что каждый 6-й сотрудник в полной мере не знаком с основными ценностями компании. В основном это характерно для сотрудников с небольшим стажем работы в Банке. Здесь прослеживается корреляция с данными диаграммы, представленной на рис. 2, в частности, в коллективе есть проблемы, конфликтные ситуации и нужно стремиться к их урегулированию, усиливая роль руководителя и воздействие организационной культуры.

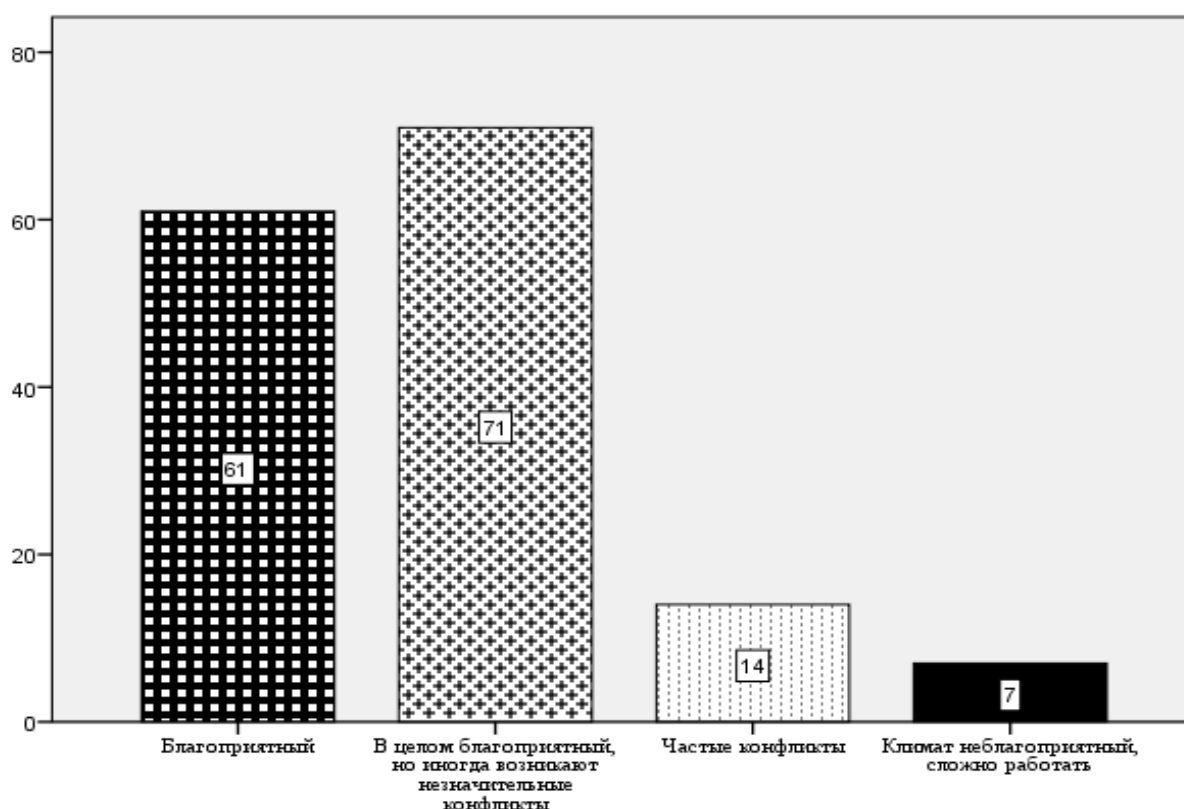


Рис. 2. Оценка респондентами социально-психологического климата в коллективе

Таблица

Ответы сотрудников Банка на вопрос «Какие элементы корпоративной культуры, на Ваш взгляд, наиболее популярны?»

Элементы корпоративной культуры	Ответы		Процент наблюдений
	N	процент	
1. Фирменный стиль Банка	81	13,2	52,9
2. Правила поведения и внешний вид сотрудников	73	11,9	47,7
3. Участие Банка в благотворительных мероприятиях	87	14,2	56,9
4. Участие Банка в мероприятиях здорового образа жизни	99	16,2	64,7
5. Основные принципы деятельности Банка	65	10,6	42,5
6. Основные точки опоры Банка в системе управления персоналом	30	4,9	19,6
7. Основная цель работы Банка	41	6,7	26,8
8. Миссия Банка	52	8,5	34,0
9. Проведение Банком корпоративных конкурсов	84	13,7	54,9
Всего	612	100,0	400,0

Напрямую взаимосвязь социально-психологического климата и развития персонала можно рассматривать сквозь призму стимулирования развития персонала. При авторитарном стиле руководства, существовании большого числа конфликтов у сотрудников отсутствует стремление осваивать новые компетенции и развивать существующие, что влечет за собой меры принуждения к развитию. А это, в свою очередь, ведет к дальнейшему ухудшению отношений в коллективе, увеличивая численность уволившихся работников, которые в силу неблагоприятных отношений с коллегами отказываются работать в организации.

В ходе исследования было выявлено, что сотрудники Банка получают своевременные, актуальные на сегодняшний день знания, необходимые для выполнения своих обязанностей согласно должностной ин-

струкции. Следует подчеркнуть, что дальнейшее развитие этого направления приводит к повышению эффективности обучения и улучшению качества работы. В связи с этим мы предлагаем следующие основные пути совершенствования обучения и развития персонала с учетом социально-психологического аспекта, актуальные не только для ОАО «БАНК УРАЛСИБ», но и для других организаций, столкнувшихся с аналогичными проблемами:

- развитие и внедрение методов обучения, предоставляющих возможности для командной работы сотрудников;
- индивидуальный подход к развитию отдельных компетенций;
- оценка результатов обучения через определенный период времени;

- управление конфликтами;
- распространение основных ценностей организации на уровень рядовых сотрудников.

Обучение персонала должно осуществляться в большей степени индивидуально и адресно. Кроме того, решить выявленные проблемы можно, применяя мероприятия тимбилдинга, т. е. комплекса мероприятий, направленных на сплочение коллектива, улучшение социально-психологического климата. На сегодняшний день услуги организации коллективных мероприятий предоставляет множество компаний. Результатами тимбилдинга также являются: повышение эффективности работы в команде; облегчение адаптации новых сотрудников; расширение навыков разрешения различных ситуаций; «наладка» коммуникаций и др.

Сплотить коллектив и в то же время внедрить качественные изменения в системе развития персонала, можно вовлекая работников в процесс совершенствования системы развития персонала путем организации обратной связи, сбора предложений и пожеланий. Кроме того, стоит применять основные положения конфликтологии с целью выявления причин конфликтов в организации на наиболее ранних стадиях.

Исходя из ответов работников на вопросы анкеты, формулирование дальнейших предложений связано с направлениями работы, нацеленными на усиление социально-психологической составляющей системы развития персонала, распространением в Банке тимбилдинга, обучения с применением технологий, позволяющих работать в команде, а также формирование системного подхода к развитию персонала с момента трудоустройства сотрудника.

Анализируя возможную эффективность внедрения вышеперечисленных мероприятий, отметим, что сложно выбрать наилучшую методику оценки эффек-

тивности обучения и развития персонала. Стоит обратить внимание на методику Кирпатрика. Ее положительной стороной является: во-первых, возможность оценки эффективности на различных уровнях (от эмоционального до уровня результата); во-вторых, применяя данную методику можно качественно оценить эффективность обучения; в-третьих, данная методика предполагает привлечение экспертов, что при правильном подходе к их подбору позволит повысить объективность оценки.

Оценку экономического эффекта и доходность от проведения мероприятий по развитию персонала можно получить также с помощью бипараметрической оценки. Для выбора же работников, которым необходимо пройти обучение по той или иной программе, стоит обратиться к методике оценки персонала, базирующейся на компетентностном подходе. На наш взгляд, «основе моделей компетенций должно идти формирование кадрового резерва в организации, разработка программ и планов обучения сотрудников, определение тематики обучения» [7, с. 65].

Следует отметить, что вопрос эффективности обучения персонала не является однозначным, так как часто данное направление деятельности обязательно для организации, например, при появлении нового продукта, услуги, при необходимости повышения квалификации специалистов административного офиса. Однако, нужно особо выделить колоссальный социальный эффект от обучения и развития персонала, который выражается в повышении уровня удовлетворенности трудом, снижении показателя текучести кадров, формировании благоприятного социально-психологического климата.

Литература

1. Бабилурова Н. Г., Зерчанинова Т. Е. Managing the personnel development system of a heavy machinery building corporation – 20 [Электронный вариант] // Вопросы управления. 2013. № 2. С. 13 – 19.
2. Веснин В. Р. Стратегическое управление. М.: ТК Велби, Изд. Проспект, 2004. 328 с.
3. Воробьева О. В., Воробьева Л. В. Система опережающего развития персонала проблемы и перспективы развития // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2012. № 3. С. 119 – 125.
4. Кибанов А. Я. Управление персоналом организации. М.: ИНФРА-М, 2010. 695 с.
5. Лукаш Ю. А. Профилактика конфликтов и иных негативных проявлений со стороны персонала как составляющая обеспечения безопасности и развития бизнеса. М.: ФЛИНТА, 2012. 70 с.
6. Халиулина В. В., Груздев А. С. Управление занятостью на предприятии и проблемы мотивации персонала // Вестник Кемеровского государственного университета. 2009. № 1(37). С. 103 – 106.
7. Халиулина В. В., Ракомина А. Ю. Оценка персонала на основе компетентностного подхода // Вестник Омского университета. (Серия: Экономика). 2014. № 4. С. 62 – 67.

Информация об авторах:

Прокopenko Вероника Юрьевна – магистрант кафедры менеджмента КемГУ, yamtsunnika@rambler.ru.

Veronika Yu. Prokopenko – Master's Degree student at the Department of Management, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – В. В. Халиулина). (Research advisor – V. V. Khaliulina).

Халиулина Валентина Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента КемГУ, доцент кафедры ЭиАСУ Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, gulia710@mail.ru.

Valentina V. Khaliulina – Candidate of Economics, Assistant Professor at the Department of Management, Kemerovo State University, Assistant Professor at Yurga Technological Institute (branch) of Tomsk Polytechnic University.

Статья поступила в редколлегию 05.08.2015 г.

ПРОБЛЕМЫ ПОГАШЕНИЯ НАЛОГОВОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ ПРИ ПРОЦЕДУРЕ БАНКРОТСТВА

О. В. Сычева-Передеро

TAX DEBT PROBLEMS IN BANKRUPTCY

O. V. Sycheva-Peredero

В Российской Федерации, как и в любой развитой стране, в условиях рыночной экономики не все организации могут соответствовать тем требованиям, которые сформированы на рынке. Институт банкротства является неотъемлемой частью рыночного хозяйства. Он представляет собой неизбежный и объективно обусловленный результат функционирования рыночных отношений. В статье рассматриваются проблемы погашения налоговой задолженности при процедуре банкротства. Автор анализирует очередность удовлетворения текущих платежей, внесены предложения по изменению очередности налоговых платежей. Это будет содействовать пополнению государственного бюджета.

In the Russian Federation, as well as in any developed country, in the conditions of market economy, not all organizations can conform to the requirements created in the market. The institute of bankruptcy is an integral part of market economy. It represents the inevitable and objectively caused result of functioning of the market relations. The paper discusses the problem of repaying tax arrears in bankruptcy. The author analyzes the sequence of payments made to meet current proposals to change the priority of tax payments. This will help to replenish the State budget.

Ключевые слова: налоговая задолженность, банкротство, кредитор, изменения в закон о несостоятельности (банкротстве).

Keywords: tax debt, bankruptcy, lender, changes in the law on insolvency (bankruptcy).

Российское законодательство о несостоятельности (банкротстве) существует порядка двадцати лет, при этом претерпело несколько редакций, но так и не достигло «совершенства». Практика применения выявляет все новые и новые пробелы и проблемы.

За последние два года увеличилось количество организаций (на 64 %), которые были признаны по решению арбитражного суда Кемеровской области банкротом. Однако по завершении процедур банкротства данных юридических лиц, налоговая задолженность была погашена только у некоторых из них. Таким образом, процедура банкротства в настоящее время является неэффективным распределением имущества для конкурсных кредиторов (в том числе для контролирующего органа, то есть для государства).

Задачами института банкротства является исключение из гражданского оборота неплатежеспособных юридических лиц. Неплатежеспособными организации становятся при наличии задолженности: кредиторской или дебиторской.

В случае, если юридическое лицо неплатежеспособное и не может погасить свою кредиторскую задолженность, то оно объявляет о ликвидации.

Ликвидация юридического лица является одной из форм прекращения хозяйственной деятельности юридического лица.

В среднем срок ликвидации составляет около 6 – 8 месяцев и включает в себя несколько этапов.

На практике существует проблема погашения налоговой задолженности в процедурах банкротства. Согласно п. 1 ст. 132 ФЗ "О несостоятельности (банкротстве)" текущие платежи удовлетворяются в пер-

вую очередь, затем удовлетворяются реестровые требования.

При этом, как правило, размер текущих платежей достаточно большой, соответственно Должник не хватает денежных средств для удовлетворения требований по обязательным платежам.

Требования кредиторов по текущим платежам, относящиеся к одной очереди, удовлетворяются в порядке календарной очередности.

После расчетов с кредиторами третьей очереди производятся расчеты с кредиторами по удовлетворению требований по сделке, признанной недействительной на основании пункта 2 статьи 61.2 и пункта 3 статьи 61.3 Федерального закона «О несостоятельности (банкротстве)» [2].

Требования кредиторов по обязательствам, обеспеченным залогом имущества должника, удовлетворяются за счет стоимости предмета залога в порядке, установленном статьей 138 Федерального закона «О несостоятельности (банкротстве)» [2].

При оплате труда работников должника, продолжающих трудовую деятельность в ходе конкурсного производства, а также принятых на работу в ходе конкурсного производства, конкурсный управляющий должен производить удержания, предусмотренные законодательством (алименты, подоходный налог, профсоюзные и страховые взносы и другие), и платежи, возложенные на работодателя в соответствии с федеральным законом.

По действующему законодательству при определении размера требований конкурсных кредиторов третьей очереди учитываются как требования конкурсных кредиторов по основному долгу, так и требования по обязательным платежам (налогам и сборам).

Кроме того, требования кредиторов третьей очереди по возмещению убытков в форме упущенной выгоды и неустоек (штрафы и пени) учитываются отдельно в реестре требований кредиторов третьей очереди после погашения всей суммы основного долга.

На практике существует множество причин возникновения налоговой задолженности у юридических лиц. Существуют критерии, на основании которых можно разделить причины возникновения налоговой задолженности.

1. Экономические причины:

– макроэкономические (например, государство финансирует некоторые регионы страны больше, чем другие, в связи с чем, развитие регионов страны неоднородно);

– микроэкономические (например, несоответствующий контроль руководителем за производственной – хозяйственной деятельности организации или одной из причин возникновения налоговой задолженности является неквалифицированный рабочий персонал в отделе бухгалтерии).

2. Организационно-правовые причины. Например, отсутствие в контролирующем органе сотрудников в структурах контроля и взыскания налоговой задолженности, неслаженная работа между данными структурами и так далее.

3. Морально-нравственные причины, например, такие как "народный менталитет". Данная причина характеризуется в низком уровне культуры народа в сфере налогообложения. Многие стараются максимально оптимизировать налогообложение организации.

Для решения проблемы погашения налоговой задолженности Должника, находящегося в процедуре банкротства, предлагается уточнить порядок удовлетворения требований кредиторов:

1) в первую очередь удовлетворять требования кредиторов по денежным обязательствам в пределах основной суммы долга и начисленных до даты введения первой процедуры, применяемой в деле о банкротстве;

2) во вторую очередь удовлетворять требования по обязательным платежам в части суммы основного долга;

3) в третью очередь удовлетворять иные требования по денежным обязательствам и обязательным платежам, в части процентов, которые начислены в ходе процедур, применяемых в деле о банкротстве;

4) в четвертую очередь удовлетворять требования кредиторов третьей очереди по возмещению убытков в форме упущенной выгоды, взысканию штрафов и неустоек и иных финансовых санкций.

Также предлагается внести изменения в части удовлетворения требований по обязательным платежам в части суммы основного долга вне очереди, которые не уплачены Должником после вынесения арбитражным судом определения о принятии заявления о признании должника банкротом и до открытия конкурсного производства.

Таким образом, данные изменения будут способствовать погашению налоговой задолженности Должника, находящегося в процедуре банкротства в пер-

вую очередь. В большинстве случаев кредитором, который имеет наибольшие требования к Должнику, является Федеральная Налоговая Служба Российской Федерации. То есть основной долг Должника перед кредиторами – долг по обязательным платежам. Погашая налоговую задолженность Должника в первую очередь восполняют недоимки в государственном бюджете.

Также в настоящее время в текущие расходы не входит налоговая задолженность Должника. Однако включение в текущие расходы налоговой задолженности Должника, которая образовалась после вынесения арбитражным судом определения о принятии заявления о признании должника банкротом и до открытия конкурсного производства поможет также восполнить недоимки, которые образовывались в государственном бюджете.

Анализируя судебную практику и сведения, которые опубликованы конкурсными управляющими в Едином Федеральном реестре сведений о банкротстве о завершённых процедурах банкротства, реестр требований кредиторов третьей очереди за 2014 г. составил более 44 млрд рублей. Однако по завершении конкурсного производства всего лишь 2 миллиарда рублей было погашено. Данная тенденция неудовлетворения требований кредиторов третьей очереди, в том числе и требований по обязательным платежам, прослеживается из-за большого размера текущих платежей, которые формируются в ходе процедур банкротства.

Автор выделяет несколько проблем погашения налоговой задолженности.

1. Размер текущей задолженности больше размера требований кредиторов третьей очереди.

2. Нет имущества, за счет которого формируется конкурсная масса.

3. Проблема реализации имущества.

4. Проблема нежелания конкурсных кредиторов вводить процедуру банкротства – финансовое оздоровление, а также мировое соглашение.

5. Проблема не передачи бывшим руководителем Должника первичной бухгалтерской документации и иных материальных ценностей.

Для того, чтобы решить данные проблемы, автор предлагает следующие рекомендации:

1) оспаривание сделок Должника (банкрота);

2) анализ имущества Должника перед введением процедуры банкротства;

3) внести изменения в КоАП РФ, ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» в части ужесточения контроля за деятельностью СРО, арбитражных управляющих;

4) привлечение контролирующих лиц к субсидиарной ответственности.

Практика арбитражного суда Кемеровской области за 2014 г. показывает, что из всех удовлетворенных заявлений, поданных конкурсным управляющим о привлечении контролирующих лиц Должника к субсидиарной ответственности, 69 % удовлетворены по основанию – не передачи бывшим руководителями бухгалтерской документации и отчетности арбитражному управляющему; 31 % из всех удовлетворенных

заявлений приходится на привлечение бывшего руководителя к субсидиарной ответственности по основанию причинения вреда имущественным правам кредиторов в результате совершения этим лицом или в пользу этого лица либо одобрения этим лицом одной или нескольких сделок должника, включая сделки, указанные в статьях 61.2 и 61.3 Федерального закона.

Анализируя сложившуюся практику в Кемеровской области, в большинстве случаев, привлекая бывших руководителей Должника к субсидиарной ответственности, по завершении процедуры банкротства, требования конкурсных кредиторов удовлетворяются в полном объеме, в том числе и требования по обязательным платежам (требования ФНС России).

В случае, если даже имеются все основания для привлечения лица, контролирующего действия должника, к субсидиарной ответственности, суд может отказать в привлечении его к такой ответственности. Данная ситуация возможна, если руководитель должника докажет, что действия, которые "якобы" привели к банкротству, это лицо осуществляло добросовестно и разумно, в интересах самого же должника [5].

Таким образом, проблему не передачи бывшим руководителем бухгалтерской документации и отчетности конкурсному управляющему, а вследствие этого не формирования конкурсной массы, за счет которой удовлетворяются требования кредиторов, возможно эффективно решить привлекая бывшего руководителя Должника к субсидиарной ответственности. Однако суд удовлетворяет данные заявления только при наличии состава правонарушения. Кроме этого необходимо дать возможность налоговым органам взаимодействовать с арбитражными управляющими на всех этапах процедуры банкротства это способствует более детальному разбору экономического анализа предприятия вместе с налоговым консалтингом.

В соответствии с вышеизложенным, необходимо внести изменения в Закон о несостоятельности (банкротстве) в части изменения порядка удовлетворений требований кредиторов. Данные изменения помогут частично решить проблему погашения налоговой задолженности Должника в ходе процедуры банкротства.

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации. № 51-ФЗ от 30 ноября 1994 г. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=172714> (дата обращения: 10.05.2015).
2. Федеральный закон от 21.03.2002 № 31-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)». Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=172714> (дата обращения: 03.05.2015).
3. Постановление Правительства РФ от 17 февраля 1998 г. № 202 «О государственном органе по делам о банкротстве и финансовому оздоровлению». Режим доступа: [http://www.consultant.ru /document/cons_doc_LAW_17897](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17897) (дата обращения: 03.06.2015).
4. Информационное письмо президиума ВАС РФ от 22.05.2012 № 150 «Обзор практики рассмотрения арбитражными судами споров, связанных с отстранением конкурсных управляющих» // Вестник ВАС РФ. 2012. № 8.
5. Асаул М. А. Саморегулируемые организации арбитражных управляющих: проблемы управления процедурой банкротства // Экономическое возрождение России. 2012. № 2. С. 26 – 33; № 3. С. 39 – 45.
6. Иванова Г. П. Антикризисное управление: от банкротства – к финансовому оздоровлению. М.: Закон и право; ЮНИТИ, 2013. 230 с.

Информация об авторе:

Сычева-Передеро Ольга Валерьевна – старший преподаватель кафедры экономической теории, налогообложения, предпринимательства и права КемГУ, ovsp2006@rambler.ru.

Olga V. Sycheva-Peredero – Senior Lecturer at the Department of Economic Theory, Taxation, Business and Law, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 18.06.2015 г.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ РАСШИРЕННЫМ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ РАБОЧЕЙ СИЛЫ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА

А. П. Харченко

THE FORMATION OF THE MECHANISM OF ADVANCED LABOUR POWER REPRODUCTION IN THE RUSSIAN NORTH

A. P. Harchenko

В статье раскрывается разработка и реализация организационно-управленческого механизма управления воспроизводством рабочей силы Российского Севера в контексте стратегии его развития. На основе структурно-логического анализа и синтеза представлена структура и взаимосвязи данного механизма, включая цель управления, субъектный состав управления, ключевые виды социально-экономической политики, применяемые методы и инструменты. Доказана необходимость использования в управлении воспроизводством рабочей силы инструментария управления рисками, мультиуровневого управления, предложены новые методы и инструменты управления, отражающие цели и стратегические приоритеты расширенного воспроизводства рабочей силы Российского Севера. Определены конкретные действия субъектов управления по обеспечению расширенного воспроизводства рабочей силы. В результате использования механизма достигается переход к расширенному воспроизводству рабочей силы Российского Севера. Представленный в статье механизм управления может быть использован субъектами управления трудом как на уровне федерального центра и регионов, так и отдельных работодателей, профсоюзов, общественных организаций.

The paper deals with the development and implementation of the organizational and administrative mechanism for controlling the reproduction of labour power of the Russian North in the context of its development strategy. On the basis of structural and logical analysis and synthesis, the paper presents the structure and the correlations of this mechanism, including the management objective, subjective part of management, the key types of social and economic policy, the methods and tools. The author proves the necessity of using the tools of risk management, multilevel government, new methods and management tools that reflect the goals and strategic priorities of the enlarged reproduction of the labor force in the Russian North in the management of the reproduction of labour power. The activities of the subjects of management to ensure the expanded reproduction of labour force are determined. As a result of using the mechanism the transition to the expanded reproduction of the labour force in the Russian North is achieved. The control mechanism presented in the paper can be used as the subjects of labour management at the level of the federal center and the regions, and individual employers, trade unions and social organizations.

Ключевые слова: рабочая сила, воспроизводство рабочей силы, механизм управления, Российский Север, качество рабочей силы, социальный оптимизм.

Keywords: labour force, labour force reproduction, management mechanism, Russian North, quality of workforce, social optimism.

Одним из ключевых факторов развития Российского Севера, предполагаемого концептуальными стратегическими документами [6 – 7], является расширенное количественное и качественное воспроизводство рабочей силы. Однако на практике имеет место даже сокращение численности рабочей силы в большинстве северных регионов, худший, чем в среднем по стране, уровень способностей к труду [1, с. 9; 2, с. 12–20]. Следовательно, существующий механизм управления воспроизводством рабочей силы имеет ряд содержательных, организационных и финансовых ограничений, в недостаточной степени связан со стратегией развития Российского Севера и требует значительного преобразования.

Формирование организационно-управленческих механизмов управления трудом требует определить, как будет организовано взаимодействие субъектов между собой и с объектом управления. Наряду с этим, необходимо выделить ключевые методы и инструменты управления, охарактеризовать виды и формы социально-экономической политики, в рамках которых будет достигаться расширенное воспроизводство рабочей силы. Разработанный автором механизм управ-

ления воспроизводством рабочей силы Российского Севера представлен на рисунке.

Предложенный механизм управления воспроизводством рабочей силы характеризуется рядом отличий от существующего. Во-первых, взаимодействие субъектов управления предложено организовать на принципах мультиуровневого управления, при этом представляется целесообразным выделить на уровне федеральных органов исполнительной власти профильные структурные подразделения по делам Севера. Во-вторых, предложенный механизм определяет приоритетные с точки зрения расширенного воспроизводства рабочей силы виды социально-экономической политики страны, реализуемой на уровне федерального центра, регионов, муниципальных образований и отчасти работодателей. В-третьих, предложены новые методы и инструментарий управления, отражающие цели и стратегические приоритеты расширенного воспроизводства рабочей силы Российского Севера в частности управление рисками, формирование социального оптимизма, внедрение стандартов финансирования, регулирование нормативов деятельности организаций социальной сферы, расположен-

ных в северных регионах страны. Наибольшее внимание при этом уделено тем методам и инструментам, которые играют ключевую роль для перехода к расширенному воспроизводству рабочей силы. Наряду с этим, разработанный механизм предполагает прове-

дение оценки количественных и качественных характеристик рабочей силы. Результатом использования предложенного механизма является расширенное воспроизводство рабочей силы.

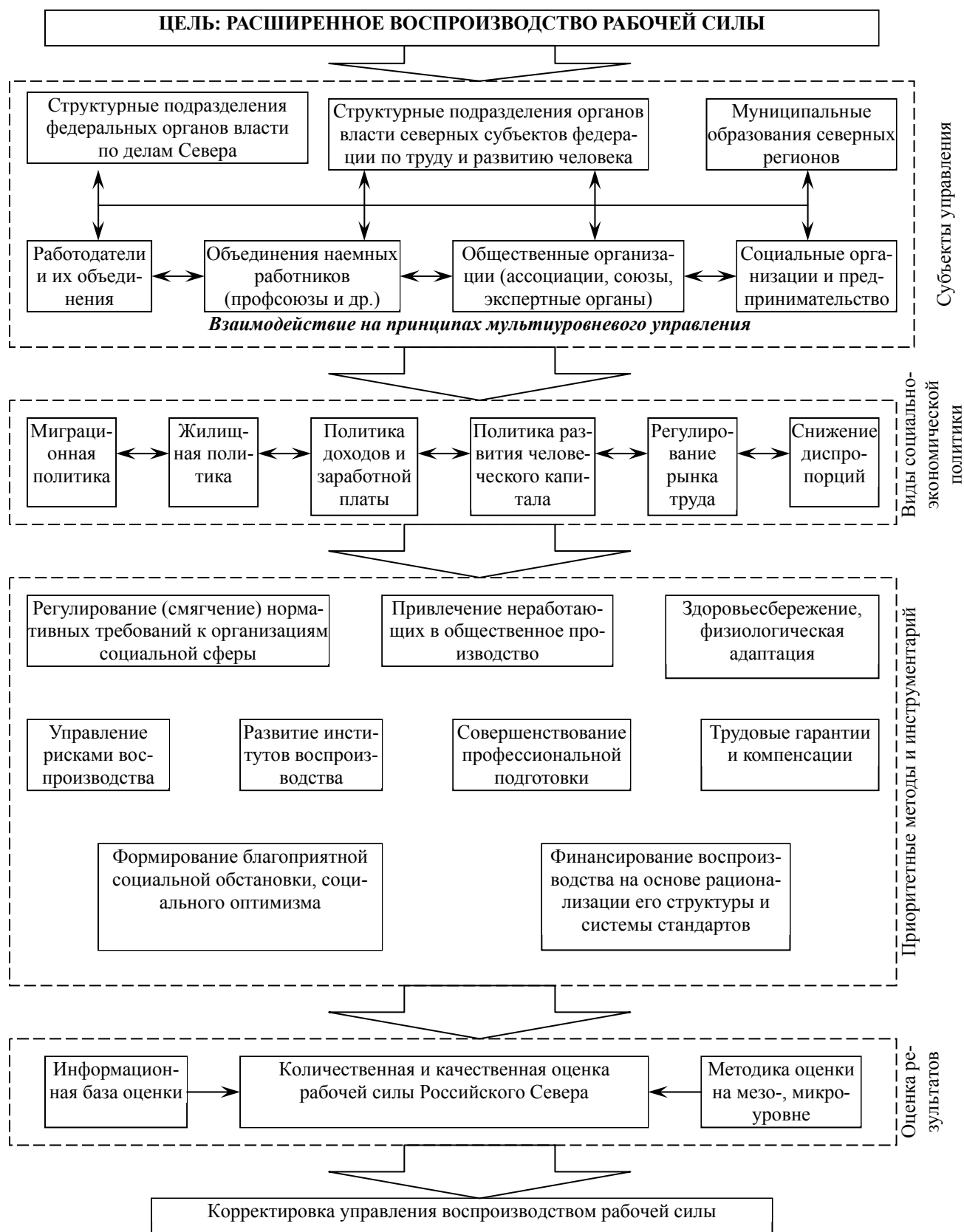


Рис. Механизм управления воспроизводством рабочей силы Российского Севера

Остановимся более подробно на принципиальных аспектах предлагаемого организационно-управленческого механизма.

Субъекты управления воспроизводством рабочей силы и их взаимодействие. Автор разделяет точку зрения о том, что определяющая роль в механизмах управления принадлежит взаимодействию субъектов управления [3, с. 302; 8, с. 19]. В данной связи необходимо пересмотреть существующий субъектный состав системы управления и подходы к организации совместной деятельности. В настоящее время на федеральном и региональном уровнях отсутствуют специализированные органы власти и управления по вопросам Севера. Так, в Правительстве РФ вопросы Крайнего Севера и к нему приравненных местностей разделены между разными департаментами ряда министерств. Кроме того, часть работы по управлению Севером переведена на аутсорсинг.

Сложившаяся ситуация в значительной мере ограничивает возможности федерального центра комплексно заниматься вопросами развития Российского Севера, в полной мере осуществлять исполнение принятых стратегий и программ, формировать адекватное кадровое обеспечение процесса управления Севером. Поэтому, с точки зрения автора, было бы целесообразным создание специального федерального органа исполнительной власти по делам Российского Севера – министерства или агентства, тем более что подобный подход к формированию профильных министерств широко практикуется в нашей стране. Учитывая стратегическую роль Российского Севера, формирование федерального министерства по его делам является оправданным.

Другим рациональным вариантом представляется выделение двух профильных департаментов по социальному и экономическому развитию Российского Севера в составе Министерства труда и социальной защиты и Министерства экономического развития соответственно. Это позволит координировать деятельность различных органов исполнительной власти по экономическому развитию Севера, созданию достойных условий для жизни и развития человека, сформировать адекватное кадровое обеспечение управления. Таким образом, сложность и комплексный характер проблем Российского Севера, в частности развития рабочей силы, настоятельно требуют формирования (точнее говоря, воссоздания) специализированных субъектов управления.

Мультиуровневое управление трудом на основе сетевого взаимодействия означает гибкое распределение и перераспределение полномочий, функций, финансовых источников решения различных вопросов, выполнения тех или иных задач между разными субъектами управления путем совместных действий, быстрого перераспределения сфер деятельности, активного постоянного взаимодействия [9]. Объективная необходимость сетевого (а не иерархического) взаимодействия обусловлена ограниченностью возможностей государственных органов, большим синергетическим потенциалом совместных действий, целесообразностью широкого общественного обсуждения и принятия важнейших решений.

Из практики управления уже известны, например, случаи совместного финансирования строительства, ремонта спортивных, культурных объектов на Севере муниципальным образованием и градообразующим предприятием. Однако подобные примеры остаются частными, фрагментарными, мультиуровневого управления в полном смысле пока не сформировано. Речь идет о том, что совместная деятельность разных субъектов должна проходить постоянно и по всему кругу актуальных вопросов. При решении тех или иных вопросов по расширенному воспроизводству рабочей силы Севера участниками мультиуровневого управления потенциально могут быть все субъекты, указанные на рисунке. Для непосредственного осуществления управленческой деятельности следует определить сочетание субъектов управления (участников сети), совместная деятельность которых будет наиболее результативной, а также виды деятельности, выполняемые каждым из них.

Управление рисками воспроизводства рабочей силы Российского Севера представляется объективной необходимостью, однако данный вопрос слабо изучен теоретически и практически не находит отражения на практике. Как правило, управление рисками в трудовой сфере связывают лишь с проблематикой социального страхования, что представляется зауженным пониманием проблемы. По мнению автора, механизм управления воспроизводством рабочей силы Российского Севера должен включать системное представление рисков и инструментарий управления ими. Таким образом, необходимо картографировать риски воспроизводства рабочей силы, а также выделить возможные методы защиты от них.

Построение карты рисков требует определения состава и структуры объектов риска, факторов риска, а также оценки вероятности и тяжести (материальности) их последствий. Для организации работы по управлению рисками воспроизводства рабочей силы автором предлагается структурировать объекты и факторы риска в соответствии с классификацией рабочей силы северных территорий и выявленными особенностями ее воспроизводства. Разработанная в ходе исследования базовая карта рисков позволила представить наиболее характерные риски на уровне Севера в целом, что, в свою очередь, дало возможность представить характеристику инструментария управления рисками воспроизводства рабочей силы Российского Севера (таблица).

Безусловно, одно лишь управление рисками не способно обеспечить переход к расширенному воспроизводству рабочей силы Российского Севера, поскольку оно по своей природе направлено в основном на сохранение стабильности и в ограниченной степени является инструментом решения задач социально-экономического развития. В данной связи большой актуальностью отличаются социально-психологические, морально-волевые аспекты трудовой деятельности на Российском Севере, социальная обстановка и трудовые настроения его жителей.

Инструментарий управления основными рисками воспроизводства рабочей силы Российского Севера

<i>Вид риска</i>	<i>Методы управления</i>	<i>Формы реализации</i>
Сокращение численности рабочей силы вследствие миграции	Компенсация рисков (самострахование хозяйствующих субъектов и территорий). Диверсификация источников рабочей силы	Создание кадровых резервов и баз данных резюме соискателей, желающих работать на Севере. Финансовые компенсации для профилактики чрезмерной миграции. Использование новых источников отбора и найма
Снижение численности рабочей силы вследствие отказа от постоянного проживания на Севере	Компенсация рисков (самострахование хозяйствующих субъектов и территорий). Локализация рисков. Диверсификация источников рабочей силы	Финансовые компенсации для профилактики чрезмерной миграции. Использование новых источников трудовых ресурсов, готовых к постоянному проживанию на Севере. Выделение наиболее сложных с точки зрения закрепления рабочей силы территорий и производств в зону особого внимания с большим контролем рисков
Сокращение численности рабочей силы вследствие снижения оплаты труда	Уклонение от рисков. Компенсация рисков	Отказ или сокращение мероприятий по оптимизации (минимизации) численности персонала и оплаты труда. Расширение гарантий по оплате труда
Деквалификация работников	Страхование. Локализация рисков	Образовательное страхование как источник финансирования профессиональной подготовки. Выделение наиболее сложных отраслей и территорий по уровню профессиональной подготовки с большим контролем рисков
Снижение уровня здоровья, быстрый износ организма работника	Уклонение от рисков. Диверсификация рисков	Использование трудосберегающих технологий, особых режимов труда и отдыха. Смена видов трудовой деятельности

Формирование благоприятной социальной обстановки, социального оптимизма. При всей важности материальных стимулов к труду, финансовой обеспеченности процесса воспроизводства рабочей силы в условиях Севера, высокого уровня жизни работников, невозможно игнорировать социально-психологические и моральные аспекты трудовой деятельности как составляющую способностей к труду и одновременно как важный фактор, влияющий на ее результаты. Автор разделяет точку зрения тех ученых, которые полагают, что сужение мотивации к труду и социально-трудовых отношений в целом к чисто материальным факторам влечет ряд негативных последствий – низкая надежность воздействия на работников, их отчуждение от труда, ухудшение социально-психологической обстановки и т. д. [4 – 5].

Тем более нерационально и рискованно привлечение, закрепление рабочей силы Российского Севера только на основе материального стимулирования, повышенного уровня компенсаций за трудовую деятельность в суровых условиях. Для повышения численности рабочей силы, совершенствования ее способностей к труду важны благоприятная социально-психологическая обстановка как в трудовом коллективе, так и в городе, районе, социальный оптимизм, позитивный настрой, ощущение важности и нужности труда, причастности к решению важных задач и др. Вместе с тем рабочей силе Российского Севера в значительной степени присущи девиантное поведение, низкая мотивация и отрицательное отношение к труду, социальный пессимизм, что крайне негативно сказывается на

результатах трудовой деятельности и дополнительно стимулирует отъезд в другие регионы страны. В известной степени это воздействие объективных факторов, однако преодоление сложившихся негативных тенденций предполагает максимальное использование социально-психологических факторов и инструментов.

Комплексное применение различных форм и методов воздействия предназначено для поддержания и развития позитивных социальных ценностей, норм и установок в трудовой сфере. Среди них выделяются, по мнению автора, четыре ключевых:

- высокий уровень мотивации к труду, позитивное отношение к нему, не только как источнику материальных благ, но и деятельности, важной для общества, государства;

- ориентация на позитивные формы взаимодействия с работодателем, муниципальными и государственными органами, другими работниками, профессиональными и общественными организациями, стремление решать конфликты на компромиссной основе;

- трудовая дисциплина и ответственность за порученное дело, с учетом важности и рискованности производственной деятельности в северных условиях;

- чувство причастности к решению крупных задач государственной важности, выполнению стратегических планов развития Российского Севера.

Данные трудовые ценности, естественно, требуют серьезного подкрепления объективными, материальными факторами, однако их продвижение и развитие

само по себе необходимо для повышения результативности труда как основы социально-экономического развития, улучшения качества рабочей силы по составляющей «способности к законопослушному, этичному поведению в сфере труда». Поскольку развитие Севера невозможно без рабочей силы, требуется ряд мероприятий на федеральном и региональном уровнях в рамках как рациональной мотивации, так и убеждения, пропаганды, социального маркетинга.

Финансирование воспроизводства на основе рационализации его структуры и системы стандартов. Финансовое обеспечение расширенного воспроизводства рабочей силы является одним из наиболее сложных социально-экономических вопросов Севера. Существующие подходы слабо согласуются со стратегией развития северных территорий и современными реалиями хозяйственной жизни Севера, поскольку заимствованы по большей части из советской экономики.

Затраты на воспроизводство рабочей силы в условиях Севера включают несколько ключевых компонент. Так, затраты на выплату заработной платы должны обеспечить выполнение ею воспроизводственной функции (как минимум). Ее целевой уровень определяется тем, что вследствие удорожания стоимости жизни по мере ухудшения природно-климатических условий в разных районах Российского Севера заработная плата теоретически должна превышать уровень средних широт от 1,5 – 2,5 до 5 – 6 раз. Но при полном выполнении этого требования расходы работодателей на оплату труда существенно возрастут как в абсолютном, так и в относительном выражении.

В обрабатывающей промышленности, где доля трудовых затрат в себестоимости, как правило, не превышает 10 – 15 %, увеличение оплаты труда, например, в 2 раза от существующего уровня приведет к тому, что удельный вес соответствующих расходов в себестоимости достигнет 25 – 27 %, а себестоимость в целом возрастет приблизительно на 15 %. Учитывая, что уровень рентабельности обрабатывающих отраслей и производств обычно не превышает 10 – 15 %, то полный перенос повышенной стоимости воспроизводства рабочей силы на работодателя сделает соответствующие предприятия в основном убыточными.

В добывающей промышленности, где при отсутствии сырья расходы на оплату труда составляют 30 – 35 % себестоимости, уровень заработной платы выше, однако и здесь увеличение соответствующих затрат даже в 1,5 раза приведет к неоднозначным последствиям. Доля трудовых затрат в себестоимости достигнет 43 – 44 % при росте себестоимости на 17 – 18 %. По большинству добывающих предприятий рентабельность выше, однако подобное снижение прибыли резко снизит инвестиционный потенциал, возможности обслуживания кредитов.

Представленные выкладки показывают, что полное выполнение требований к повышенному уровню оплаты труда, диктуемых как более высокой стоимостью жизни на Севере, так требованиями законодательства, входит в объективное противоречие с финансовыми возможностями большинства предприятий, рентабельность которых не превышает средний уровень по стране. Вследствие этого необходимо мак-

симальное использование других источников финансирования воспроизводства рабочей силы.

В отношении социальных трансфертов существенная часть затрат так или иначе ложится на бюджетную систему, особенно в отношении повышенных «северных» нормативов социального обеспечения. Представляется, что альтернатива бюджетным средствам здесь отсутствует, особенно с учетом указанного выше обстоятельства об ограниченных возможностях работодателей увеличивать трудовые расходы. Однако для наиболее рационального использования средств необходима, с точки зрения автора, обоснованная система государственных социальных стандартов, определяющих финансовые гарантии уровня жизни не занятых в данный момент граждан, с учетом реальных потребительских расходов на Севере.

Большое значение для воспроизводства рабочей силы имеют расходы на образование, здравоохранение, физическую культуру и спорт, культуру, жилищно-коммунальную сферу, благоустройство, которые покрываются главным образом за счет государственного бюджета и средств муниципальных образований. Однако в современных условиях значительную часть данных затрат вынуждены брать на себя как работодатели, так и наемные работники, учитывая коммерциализацию социальной сферы и требования финансовой эффективности ее работы. Значительную позитивную роль, с точки зрения автора, здесь должны сыграть принципы мультиуровневого управления и совместного финансирования.

Следует отметить частный, но весьма важный аспект данного вопроса, связанный с работой бюджетных организаций как институтов развития рабочей силы Российского Севера. Механизм управления, представленный на рисунке, предполагает смягчение существующих нормативных требований к организациям социальной сферы, работающим на северных территориях. Речь идет о том, что к их деятельности в последние 5 – 7 лет применяются весьма жесткие всевозрастающие требования как по формальным признакам, так и по результатам работы, в том числе финансово-экономическим. По объективным причинам выполнять данные требования в условиях Севера тяжело. Поэтому учреждения образования, здравоохранения, культуры северных территорий России характеризуются высоким риском признания неэффективными с последующим закрытием или поглощением.

Однако следует понимать, что в подобных ситуациях выбор заключается не в существовании эффективных или же неэффективных школ, вузов, больниц, театров, а в наличии или полном отсутствии этих организаций в том или ином городе, районе, регионе Российского Севера. Поэтому представляется целесообразным снижение нормативных требований к деятельности организации социальной сферы Российского Севера, по крайней мере, на период реализации основополагающих стратегических документов.

В числе основных направлений рационализации структуры финансирования расширенного воспроизводства рабочей силы можно выделить:

– пересмотр пропорций распределения части налоговых доходов между уровнями бюджетной системы в пользу северных регионов и муниципальных

образований, признанных территориями опережающего развития или важными для освоения Севера территориями;

– освобождение от налога на доходы физических лиц дополнительных выплат и льгот работникам, предоставляемым работодателями, более полный учет расходов по созданию достойных условий труда при расчете налога на прибыль организаций;

– финансовые стимулы для строительства и приобретения жилья на северных территориях, в частности государственные ссуды на строительство по образцу Канады;

– льготные налоговые режимы для предприятий, ведущих хозяйственное освоение Севера при условии создания качественных рабочих мест;

– софинансирование решения местных вопросов, связанных с развитием рабочей силы, на принципах сетевого взаимодействия;

– стимулирование социальной ответственности бизнеса, меценатства и спонсорства в социальной сфере;

– стимулирование использования негосударственного (корпоративного) социального страхования в дополнение к обязательному государственному.

Таким образом, переход к расширенному воспроизводству рабочей силы Российского Севера предполагает использование соответствующего организационно-управленческого механизма управления трудом на основе совершенствования субъектного состава системы управления, применения мультиуровневого управления, финансового и социально-психологического обеспечения увеличения численности рабочей силы и расширения способностей к труду в условиях реализации стратегических документов по развитию северных, в частности арктических территорий.

Литература

1. Беляевских Т. В. Компенсирующие различия и северный рынок труда: теория и практика российской экономики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. № 41. Т. 4. С. 8 – 10.
2. Горидько Н. П., Нижегородцев Р. М., Цукерман В. А. Инновационные векторы экономического роста северных регионов: возможности, оценки, прогнозы. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2013. 199 с.
3. Поварич И. П., Поварич М. Д. Рынок труда региона: формирование, функционирование и управление. Кемерово: ЮНИТИ ЛТД, 2003. 411 с.
4. Прошкин Б. Г., Поварич И. П. Методы и средства оперативной мотивации персонала в практической деятельности менеджмента // Менеджмент в России и за рубежом. 2012. № 2. С. 128 – 134.
5. Прошкин Б. Г., Поварич И. П. Совокупность средств оперативной мотивации персонала // Управление персоналом. 2009. № 15. С. 18 – 19.
6. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом РФ 20 февраля 2013 г.). Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/ (дата обращения: 15.06.2015).
7. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 5 июля 2010 г. № 1120-р. Режим доступа: <http://www.sibfo.ru/strategia/strdoc.php#strategia> (дата обращения: 15.06.2015).
8. Экономика и социология труда: (социально-трудовые отношения) / под ред. В. А. Гаги. Томск: Изд-во Томского госуниверситета, 2008. 340 с.
9. Marks G., Hooghe L. Multi-level governance and European integration. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2001. 272 p.

Информация об авторе:

Харченко Алексей Павлович – соискатель кафедры менеджмента КемГУ, harchenkoaleksey@rambler.ru.

Aleksey P. Harchenko – post-graduate student at the Department of Management, Kemerovo State University.

(Научный руководитель: **Поварич Илья Прохорович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента КемГУ, menedgment_303@mail.ru).

Academic advisor: Илья Р. Поварич – Doctor of Economics, Full Professor, Head of the Department of Management, Kemerovo State University).

Статья поступила в редколлегию 23.07.2015 г.

ПОНЯТИЕ НАЛОГОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА И ПРОБЛЕМЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

В. А. Шабашев, Т. Т. Маликайдаров

THE CONCEPT OF TAX POTENTIAL OF THE REGION AND THE PROBLEMS OF ITS DEVELOPMENT

V. A. Shabashev, T. T. Malikaydarov

Настоящая статья посвящена анализу категории «налоговый потенциал региона». Целью статьи является изучение и классификация подходов к понятию налоговый потенциал региона, а также факторов, влияющих на его величину и структуру. В статье изучены подходы к понятию «налоговый потенциал региона» в научной литературе. Выявлены общие существенные характеристики данных подходов, что позволило классифицировать подходы к понятию «налоговый потенциал» в зависимости от затрагиваемых авторами аспектов данного понятия. На основе проведенного анализа дано уточненное понятие «налогового потенциала региона» с учетом ранее приведенных подходов. Классифицированы и описаны факторы, влияющие на структуру и величину налогового потенциала региона, раскрыто их содержание.

The paper presents the analysis of the category of “tax potential of the region”. It is aimed at studying and classifying the approaches to defining the concept of tax potential of the region, and also the factors influencing its size and structure. The paper summarizes the approaches to defining the studied concept that exist in research literature. The general substantial characteristics of the given approaches are identified, which allowed classifying the approaches to defining the concept of “tax potential” depending on the aspects of this concept discussed by authors. On the basis of the conducted analysis, the definition of the concept of “tax potential of the region” is amended taking into account the discussed approaches. Factors influencing the structure and size of tax potential of the region are classified and described, their essence is exposed.

Ключевые слова: налог, регион, потенциал, налоговый потенциал региона, классификация факторов.

Keywords: tax, region, potential, a tax potential of the region, the classification of factors.

Деятельность любого государства независимо от формы правления и государственного устройства, направлена на создание стабильно развивающейся экономики в стране, основанной на пополнении налоговыми доходами бюджета страны и перераспределении бюджетных денежных средств, что оказывает влияние на структуру, процесс производства и позволяет обеспечивать стабильность и динамичность развития экономики, что, в свою очередь, способствует повышению уровня жизни населения.

В настоящее время государственные органы власти всё больше внимания уделяют реформированию и совершенствованию бюджетно-налоговой политики государства, в том числе вопросам увеличения уровня собираемости налоговых поступлений в бюджеты различного уровня, обеспечения сбалансированности и самостоятельности бюджетов, а также совершенствованию межбюджетных отношений между центром и регионами. При этом актуальной является необходимость оказания некоторым регионам страны целевой государственной финансовой поддержки. Для того чтобы решить эти задачи, федеральным и региональным органам власти необходимо предоставить максимально достоверные данные о социально-экономической ситуации в регионах, в частности, информацию о прогнозируемой величине налоговых поступлений в доходные части бюджетов регионов.

Актуальность данного исследования заключается в том, что при всем многообразии определений налогового потенциала в научной экономической литературе нет единого понятия налогового потенциала. Между тем налоговый потенциал оказывает существенное влияние на экономические и финансовые отношения на федеральном и региональном уровне.

Распределение дотаций, субвенций, субсидий в системе межбюджетного выравнивания осуществляется с использованием показателей налогового потенциала региона.

Индикаторы налогового, бюджетного, финансового потенциалов могут служить базой для прогнозирования экономического развития и определения резервов устойчивого роста региона, его инвестиционной привлекательности, для оценки финансовой политики органов власти.

Российская Федерация является крайне неоднородной в отношении экономических, финансовых и налоговых потенциалов субъектов, входящих в ее состав. Данные различия обусловлены историческими факторами, различным ресурсным потенциалом, огромной территориальной рассредоточенностью. В связи с этим управляющий центр нуждается в оценке уровня налогового потенциала регионов.

Прежде всего, следует отличать налоговый потенциал от финансового потенциала.

Понятие финансового потенциала значительно шире. Финансовый потенциал включает совокупность всех финансовых ресурсов того или иного региона, налоговый потенциал является только частью этих ресурсов.

В бюджетном законодательстве современной России (ст. 131, 138, 142.1 БК РФ) под налоговым потенциалом подразумевается совокупность объектов налогообложения в рамках действующей налоговой системы, расположенных на территории субъекта, т. е. налоговая база.

Термин «налоговый потенциал» впервые был введен в России экспертами Всемирного банка в 1993 г. Налоговый потенциал понимался как способность

базы налогообложения в пределах какой-либо административной единицы приносить доходы в виде налоговых поступлений. Это соответствует законодательной трактовке налогового потенциала в Бюджетном кодексе РФ, где под налоговым потенциалом подразумевается совокупность объектов налогообложения в рамках действующей налоговой системы, расположенных на территории субъекта, то есть налоговая база [1].

Также в Методике распределения дотаций применяется понятие «индекс налогового потенциала», под которым понимается относительная (по сравнению со

средним по Российской Федерации уровнем) оценка налоговых доходов консолидированного бюджета региона, определяемая с учетом уровня развития и структуры налоговой базы субъекта Российской Федерации [9].

В Большом Экономическом словаре потенциал характеризуется как совокупность имеющихся средств, возможностей в какой-либо области.

В научной литературе категория «налоговый потенциал» представлена различными подходами (таблица 1).

Таблица 1

Классификация подходов к понятию налоговый потенциал

<i>Классификация подхода</i>	<i>Автор(ы)</i>	<i>Определение налогового потенциала</i>
Фискальный	Матрусов Н. Д.	Налоговый потенциал (в «узком» смысле) – максимально возможная сумма начисленных налогов и сборов в условиях действующего налогового законодательства. Налоговый потенциал (в «широком» смысле) – совокупность финансовых ресурсов, которая может быть эффективно реализована через налогообложение в системе «население – хозяйство – территория», в координатах которой протекают основные процессы жизнедеятельности общества в границах региона [7, с. 156].
	Пансков В. Г.	«Налоговый потенциал – максимально возможная сумма налоговых поступлений на определенной территории за определенный промежуток времени в условиях действующего налогового законодательства» [11].
	Саакян Р. А.	Налоговый потенциал – максимально возможная сумма начисленных налогов и сборов в условиях действующего налогового законодательства [13, с. 11].
	Горский И. В.	«Налоговый потенциал – общая сумма потенциалов налогов, действующих на данной территории» [2, с. 27].
	Юткина Т. Ф.	«Налоговый потенциал – совокупная денежная выручка всех производителей товаров (работ, услуг), уменьшенная на издержки производства и обращения» [17, с. 107].
Институциональный	Дзгоева М. Р.	Налоговый потенциал – фундаментальный институт, выделяемый в рамках формирования налоговой политики, в котором специфическим образом отображается взаимодействие власти и собственности [4, с. 61].
	Дзгоева М. Р.	«Налоговый потенциал – есть способность какой-то совокупности субъектов налоговых отношений сформировать массу (поток) налоговых платежей при условии, что правовое поле и экономическая система налогообложения заданы» [3, с. 8].
	Лятина Е. В.	«Налоговый потенциал – расчетная величина, дающая качественную характеристику состояния экономики страны или региона и меняющаяся вследствие применения определенной фискальной политики в условиях фактического налогообложения к источникам и объектам, существующим и взаимодействующим в рамках экономического комплекса» [6, с. 19].
Ресурсный	Осипова Е. С.	«Налоговый потенциал – максимально возможные налоговые ресурсы общества для удовлетворения социальных потребностей населения, сформированных при минимально допустимых изъятиях части доходов у хозяйствующих субъектов и физических лиц» [10, с. 75].
	Горский И. В.	Налоговый потенциал – абстрактная финансовая категория, выражающая некую оптимальную сумму налоговых сборов (оптимальное налоговое бремя) в условиях идеальной для конкретного субъекта налоговой системы. Налоговый потенциал – элемент расчета финансовой основы межбюджетных отношений в реальной системе налогов [3, с. 27].

Проведенный нами анализ подходов к определению налогового потенциала региона говорит об отсутствии единого понимания данного понятия. Данная категория рассматривается исследователями с позиций задач, стоящих перед тем или иным автором, затрагивая разные аспекты, а именно:

- планирование и прогнозирование налоговых поступлений;
- наполнение бюджета налогами и сборами;
- реформирование существующей системы налогообложения;
- изменение действующего законодательства в области налогов и сборов.

В связи с этим, для авторского определения налогового потенциала необходим анализ существующих подходов и выделение существенных характеристик налогового потенциала.

По нашему мнению, существенными характеристиками налогового потенциала являются следующие.

1. Налоговый потенциал является экономической категорией. Налоги с экономической точки зрения, представляют собой инструмент фискальной политики и одновременно метод косвенного регулирования экономических процессов на макроуровне.

2. Показатель налогового потенциала представляет собой оптимальную величину, являющуюся результатом идеальной траектории развития определенного региона при максимально эффективном использовании всех его ресурсов. В то же время следует отметить, что все регионы неоднородны в своем разви-

тии и испытывают на себе влияние политических, экономических, социальных, географических, демографических и иных факторов.

3. Налоговый потенциал определяет состав и структура налоговой системы. Законодательство стран и регионов характеризуется различным перечнем налогов и сборов, действующих на заданной территории, а также различным применением налоговых ставок и условий для предоставления налоговых льгот. Поэтому неоднородность налоговой базы, налоговых ставок и налоговых льгот оказывает существенное влияние на налоговый потенциал конкретного региона.

4. Оценка налогового потенциала осуществляется только в заданном правовом и экономическом поле.

Таким образом, дадим уточненное определение налогового потенциала региона.

Налоговый потенциал региона – экономическая категория, представляющая собой оптимальную величину налоговых поступлений в бюджет на определенной территории, действующей в заданном правовом и экономическом поле, при максимально эффективном использовании всех имеющихся ресурсов данной территории в условиях существующей системы налогообложения.

Безусловно, налоговый потенциал региона, будучи частью финансового потенциала и являясь экономической категорией, зависит от множества факторов, влияющих на его величину и структуру (таблица 2).

Таблица 2

Факторы, влияющие на структуру и величину налогового потенциала региона

<i>Группа факторов</i>	<i>Состав</i>
Географические и отраслевые	Географическое положение. Природно-климатические условия. Природно-сырьевой потенциал региона. Близость источников сырья и энергии. Отраслевая структура экономики.
Экономические	Уровень валового регионального продукта. Уровень инфляции. Уровень занятости населения.
Финансовые	Финансовое состояние хозяйствующих субъектов. Количество убыточных предприятий. Наличие задолженности по налоговым платежам.
Налоговое администрирование	Эффективность налогового контроля. Уровень подготовки и квалификации работников налоговых органов. Оптимизация структуры и численности налоговых органов. Методическое и техническое обеспечение работников налоговых органов.
Административно-управленческие и законодательные	Налоговая политика. Бюджетная политика. Налоговое законодательство. Бюджетное законодательство.
Политические	Политическая стабильность в регионе. Социально-экономическая политика в регионе.
Социально-демографические	Численность населения. Количество и качество трудоспособного населения. Уровень жизни. Уровень образования и медицинского обслуживания.
Социально-психологические	Уровень налоговой культуры и социальной ответственности налогоплательщика.

Инфраструктурные	Транспортная, инженерная инфраструктура.
Инновационные	Система поддержки инноваций. Наличие особых инновационных территорий и зон. Научно-технический потенциал региона.
Информационные	Уровень развития информационных технологий. Наличие баз данных информации и их доступность.
Институциональные	Стабильность институтов власти. Традиции, обычаи, устои. Размер теневого сектора экономики. Коррупция.

Географические и отраслевые факторы

Географическое положение, природно-климатические условия, природно-сырьевой потенциал региона, близость источников сырья и энергии, в условиях неоднородности и рассредоточенности территории РФ, оказывают решающее влияние на отраслевую структуру экономики региона, его экономический и налоговый потенциал.

В Российской Федерации для более глубокого анализа региона целесообразно разделить их на 4 группы [16, с. 9].

1. «Развитые добывающие и обрабатывающие» (6 регионов, типичные представители – Белгородская и Кемеровская области).

2. «Преимущественно добывающие» (10 регионов, типичные представители – Магаданская и Оренбургская области).

3. «Преимущественно обрабатывающие» (27 регионов, типичные представители – Белгородская и Кемеровская области).

4. «С относительно невысокими долями добывающих и обрабатывающих производств» (34 региона, типичные представители – республики Алтай и Дагестан).

Для каждого региона характерна своя отраслевая структура. В отраслевой структуре хозяйства в РФ повышенное значение имеют ресурсные и топливно-энергетические отрасли экономики, в то время как инфраструктурный и агропромышленный комплексы испытывают серьезные трудности в своем развитии, также сохраняется высокая концентрация и монополизация производства.

Экономические факторы

Данная группа является одной из наиболее важных в формировании налогового потенциала, поскольку характеризует состояние и уровень экономического развития в регионе.

Наиболее важным экономическим показателем налогового потенциала региона является изменение ВРП – показателя, отражающего колебания налоговой базы и влияющего на приток налоговых доходов в бюджетную систему.

Оценка и анализ экономического состояния региона должны производиться с учетом корректировки на уровни инфляции и безработицы для достоверного расчета показателей.

Финансовые факторы

Финансовое состояние хозяйствующих субъектов оказывает сильное влияние на экономический, а, как следствие, и налоговый потенциал региона.

Для оценки влияния финансового фактора следует использовать показатели количества убыточных организаций, совокупного размера их убытков и задолженность по налогам и сборам, пеням и налоговым санкциям, а также динамику данных показателей во времени.

Налоговое администрирование

Повышение качества налогового администрирования во многом зависит от эффективности налогового контроля. Эффективность налогового контроля представлена следующими показателями:

- динамика собираемости налогов и прирост налоговых платежей в консолидированный бюджет;
- количество налоговых проверок, динамика их количества и результативности;
- удельный вес результативных проверок;
- эффективность одной налоговой проверки;
- уровень взыскания налоговых платежей.

Также важнейшим показателем, характеризующим качество налогового администрирования, является динамика поступления налогов в реальном выражении с учетом индекса-дефлятора ВВП. Так, с 2011 по 2014 гг. поступления налогов в реальном выражении с учетом индекса-дефлятора ВВП в РФ выросли на 16,8 % при росте ВВП за указанный период на 9,9 %, т. е. рост налогов в реальном выражении опережал рост ВВП практически в 1,7 раза [8].

При снижении в 2013 г. количества выездных налоговых проверок на 28,9 %, эффективность одной выездной проверки выросла на 26,4 % и составила 7,1 млн рублей. Удельный вес результативных выездных налоговых проверок достиг почти стопроцентного уровня – 98,9 %. При снижении в 2013 г. количества камеральных проверок на 3,8 % сумма доначисленных платежей снизилась по сравнению с 2012 г. на 0,1 %. При этом эффективность одной камеральной проверки возросла на 3,8 % и составила 1,62 тыс. рублей. По результатам выездных и камеральных налоговых проверок в бюджет поступило (взыскано) дополнительно начисленных платежей на сумму 171,8 млрд рублей, что на 18,7 %, или на 27,1 млрд рублей больше, чем в 2012 г. Уровень взыскания налоговых платежей по результатам выездных и камеральных налоговых проверок, решения по которым вступили в силу, составил 55,3 %, что на 13,3 п. п. выше, чем в

2012 г., что свидетельствует о повышении качества проведения контрольных мероприятий, сборе достаточной доказательственной базы по выявляемым правонарушениям [5].

В 2014 г. налоговая служба собрала 12,7 трлн рублей и обеспечила прирост налоговых платежей в консолидированный бюджет страны на 11,3 %. По итогам 2014 г. количество выездных проверок снизилось на 13,5 % (с 41 тыс. до 36 тыс.), что более чем в два раза ниже уровня 2010 г. – 75,5 тыс. Малый бизнес проверяется только при наличии фактов применения незаконных схем минимизации налоговых обязательств (статистика проверок малого бизнеса – 1,5 из 1000) [8].

Безусловно, система и структура налоговых органов динамична, показатели эффективности налогового контроля, собираемости налогов и сборов влияют на процесс оптимизации структуры и численности налоговых органов.

Также на повышение эффективности налогового администрирования оказывают существенное влияние уровень подготовки и квалификации работников налоговых органов (наличие образования, прохождение курсов повышения квалификации), а также методическое и техническое обеспечение работников налоговых органов (развитие методик налогового контроля, внедрение и развитие информационных, автоматизированных систем).

Административно-управленческие и законодательные факторы

Бюджетное и налоговое законодательства являются динамично развивающимися отраслями права и оказывают существенное влияние на структуру и величину налогового потенциала.

Налоговое законодательство определяет механизм исчисления налогов и сборов, а также его элементы. Бюджетное законодательство регулирует распределение налоговых отчислений по уровням бюджетной системы.

Налоговая политика является многоаспектной категорией, так как непосредственно связана с взаимоотношениями государства и каждого человека, государства и предприятий, различных предприятий друг с другом.

Налоговая политика – это составная часть экономической политики государства, направленная на формирование налоговой системы, обеспечивающей экономический рост, способствующей гармонизации экономических интересов государства и налогоплательщиков с учетом социально-экономической ситуации в стране [15, с. 55].

Налоговая политика является структурным элементом бюджетной политики государства, способствует эффективному планированию, регулированию, контролю доходов государственных бюджетов различных уровней, формируемых за счет налоговых поступлений [12].

Содержание налоговой политики определяется не только уровнем налоговой нагрузки, перечнем налогов и сборов, но и достигнутой степенью собираемости налогов, характером используемых штрафных санкций, наличием или отсутствием налоговых льгот,

преференций, каникул и т. п. При этом эффективность налоговой политики может быть достигнута только путем сбалансированного сочетания интересов как государства, так и налогоплательщиков. На территории РФ существует принцип разделения полномочий между уровнями бюджетной системы относительно налоговой политики, то региональные уровни власти самостоятельно принимают решения по введению региональных налогов на территории субъекта, установлению по ним ставок, сроков оплаты и льгот, стимулируя инвестиционную привлекательность региона, формируя достаточный объем региональных и местных налогов и сборов в доходной части бюджета субъекта и достигая иные цели, направленные на развитие региона.

Политические факторы

Политический фактор реализуется через государственное воздействие на экономическую деятельность хозяйствующих субъектов на уровне федерации, региональном и местном уровнях. На уровне государства определяется доктрина предпочтительных систем государственного, общественного, экономического устройства, которые наиболее верно соответствуют исторически сложившимся тенденциям развития национальной экономики, геополитическому и географическому положению страны, составу и структуре населения, общественному строю. На уровне региона органы власти, используя особенности географического, экономического, природно-ресурсного, социального положения региона, устанавливают стратегические цели развития социально-экономической сферы территории, соответствующие федеральным стратегическим целям.

Властные структуры региона вырабатывают комплексы законодательно-нормативных актов, которые предопределяют экономическую политику региона. В результате создается взаимоувязанная структура политических рычагов, с помощью которых возможно оказывать влияние практически на все аспекты функционирования регионов и государства в целом [14].

Социально-демографические факторы

Данные факторы непосредственно влияют на налоговый потенциал региона через формирование доходов граждан, которые расходуются на приобретение необходимых товаров и услуг.

Социально-демографические процессы, происходящие в регионе (воспроизводство, миграция, характер и темпы роста или снижения численности населения, социальная инфраструктура и др.), находятся в тесном взаимодействии со всем общественным развитием. Они зависят от него и оказывают в свою очередь на него определенное воздействие, влияя на размещение производительных сил, способствуя или сдерживая решение социально-экономических проблем.

Социально-психологические факторы

Социально-психологические факторы тесно связаны с понятиями налоговой культуры и социальной ответственности налогоплательщика.

Существующие проблемы и несовершенства в сфере налогообложения создают негативный стереотип поведения налогоплательщиков, в результате которого имеет место низкая налоговая культура общества, недоверие граждан и бизнеса к налоговой системе, стремление уклониться от уплаты налогов.

По мере совершенствования и упрощения налогового законодательства, повышения эффективности взаимодействия налоговых органов с налогоплательщиками, информированности граждан об изменениях налоговом законодательстве будет повышаться уровень налоговой культуры и социальной ответственности налогоплательщиков.

Инфраструктурные факторы

Большое влияние в развитии региональной инфраструктуры играет транспортная и инженерная инфраструктура (развитие магистральных, железнодорожных путей, авиалиний, зданий, сооружений), доведение их до нормативного уровня, что зависит от объема инвестиций в развитие транспортной и инженерно-технической базы.

Инновационные факторы

Инновации требуют больших вложений и создания особых экономических зон с льготным налогообложением. Данная группа факторов по началу дает медленный экономический эффект и незначительные поступления налогов и сборов в бюджет. Однако с течением времени за счет создания новых производств с применением современных технологий и, как следствие, увеличением объемов производства и товарооборота, роста реальных доходов, расширяется налоговая база, а, следовательно, увеличивается налоговый потенциал региона.

Информационные факторы

Развитие информационных технологий и доступ к базам данных налоговой и иной информации позволяет участникам налоговых отношений снизить количество ошибок и правонарушений, упростить процедуры сдачи отчетности, получать необходимую информацию с целью снижения финансовых и налоговых

рисков, упростить налоговое администрирование и повысить прозрачность экономики.

Уровень развития информационных технологий и доступность к базам данных определяются следующими показателями:

- наличие автоматизированных систем, дающих возможность бесконтактного принципа обслуживания налогоплательщиков, приема от них отчетности и иной информации, а также количество пользователей такими системами;

- наличие сервисов для налогоплательщиков, юридических лиц и ИП, предоставляющих информацию о состоянии расчетов с бюджетом, о задолженности, о мерах принудительного взыскания задолженности и др.;

- наличие поисковых и справочных, правовых сервисов и систем для создания общественной системы контроля и повышения прозрачности бизнеса, получения информации, а также оценки финансовых и налоговых рисков;

- наличие единых центров обработки данных отчетности налогоплательщиков и иной информации о них, с целью повышения эффективности налогового администрирования.

Институциональные

Институциональная среда оказывает влияние на все факторы развития региона, проводимую социально-экономическую, налоговую политику, инфраструктуру и инновации.

Наличие «теневое» сектора» существенно снижает налоговый потенциал региона. По разным оценкам, размер теневого сектора экономики в РФ составляет от 10 % до 50 % к ВВП. Нахождение оптимальных путей и методов борьбы с «теневой» экономикой позволяет увеличить налоговый потенциал регионов и страны в целом.

Все вышеперечисленные факторы необходимо рассматривать исключительно в совокупности. Каждая группа факторов обладает различным удельным весом в формировании налогового потенциала, в то же время все вышеперечисленные факторы являются взаимозависимыми и изменения в каждом из них неизбежно окажут влияние на остальные.

Литература

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07. 1998 № 145-ФЗ. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>
2. Горский И. В. Налоговый потенциал в механизме межбюджетных отношений // Финансы. 1999. № 6.
3. Дзагоева М. Р. Институциональные основы формирования налоговой политики субъекта Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Владикавказ, 2004.
4. Дзагоева М. Р. Институциональный подход к исследованию налогового потенциала и налогового бремени // Вестник финансовой академии. 2004. № 1.
5. Доклад о результатах и основных направлениях деятельности на 2014 – 2017 гг. Режим доступа: <http://www.nalog.ru/html/sites/www.new.nalog.ru/docs/analit/drond2013.doc> (дата обращения: 01.06.2015).
6. Лятина Е. В. Формирование и оценка налогового потенциала в России: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Тольятти, 2007.
7. Матрусов Н. Д. Региональное прогнозирование и региональное развитие России. М.: Наука, 1995.
8. Мишустин М. В. выступил на парламентских слушаниях по основным направлениям налоговой политики на 2016 – 2018 гг. Режим доступа: http://www.nalog.ru/rn77/news/activities_fts/5601056/ (дата обращения: 01.06.2015).

9. Методика распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.11.2004г. № 670. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

10. Осипова Е. С. Налоговый потенциал в системе налоговых и межбюджетных отношений. Хабаровск: Изд-во ДВАГС, 2006.

11. Пансков В. Г., Князев В. Г. Налоги и налогообложение. М.: МЦФЭР, 2003. С. 576.

12. Рябова Е. В., Пигасова Е. И. Анализ региональной налоговой политики на примере Приволжского федерального округа // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. № 11(71). С. 17. Режим доступа: <http://www.uecs.ru/marketing/item/3147-2014-11-12-07-37-35> (дата обращения: 02.06.2015).

13. Саакян Р. А. Методология анализа и планирования налоговых поступлений в бюджетную систему Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. М., 2007.

14. Слепнева Л. Р. Факторы, определяющие величину налогового потенциала Республики Бурятия // Вестник-экономист ЗабГУ: электронный научный журнал. 2013. № 6. С. 122. Режим доступа: http://vseup.ru/static/articles/slepneva_1.pdf (дата обращения: 01.06.2015).

15. Черник Д. Г., Павлова Л. П., Князев В. Г. [и др.]. Налоги и налогообложение: учебник / под ред. Д. Г. Черника. М.: Инфра-М., 2005.

16. Шорохов С. И. Взаимосвязь человеческого капитала и экономического роста в регионах с различной производственной структурой: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2014.

17. Юткина Т. Ф. Налоги и налогообложение: учебник. М.: ИНФРА, 1999.

Информация об авторах:

Шабашев Владимир Алексеевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории, налогообложения, предпринимательства и права КемГУ, bash_kemsu@mail.ru.

Vladimir A. Shabashev – Doctor of Economics, Full Professor, Head of the Department of Economic Theory, Taxation, Business and Law, Kemerovo State University.

Маликайдаров Тимур Тыныстанович – аспирант кафедры экономической теории, налогообложения, предпринимательства и права КемГУ, TimurMalik1990@mail.ru.

Timur T. Malikaydarov – post-graduate student at the Department of Economic Theory, Taxation, Business and Law, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **В. А. Шабашев**). (Academic advisor – **V. A. Shabashev**).

Статья поступила в редколлегию 12.08.2015 г.

УДК 33:658.1

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В ПРАКТИКЕ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

И. Л. Шевченко

SOCIAL RESPONSIBILITY IN THE PRACTICE OF CORPORATE GOVERNANCE OF THE LARGEST RUSSIAN COMPANIES

I. L. Shevchenko

В статье проанализированы основные аспекты практики корпоративного управления крупнейших российских компаний в области социальной ответственности. На основе выбранных критериев выявлена группа компаний с низким уровнем развития определенных элементов данной практики. Определены возможности улучшения рассмотренных аспектов практики корпоративного управления в этих компаниях.

The paper analyzes the main aspects of corporate governance practices of the largest Russian companies in the field of social responsibility. Based on the selected criteria, a group of companies with a low level of development of certain elements of this practice was identified. The opportunities to improve the considered aspects of corporate governance practices in those companies were identified as well.

Ключевые слова: корпорация, корпоративное управление, компания, корпоративная социальная ответственность, экологическая ответственность, нефинансовая отчетность.

Keywords: corporation, corporate governance, company, corporate social responsibility, environmental responsibility, non-financial reporting.

В современных условиях крупные акционерные общества являются мощным фактором социально-экономического развития России. Эти компании ока-

зывают сильное влияние на экономические, политические и социальные процессы в стране, определяют ее конкурентные позиции на мировом рынке.

Одним из важнейших условий успешного функционирования акционерных обществ является наличие эффективной системы корпоративного управления. Эта система нацелена на согласование интересов между менеджерами и собственниками, выстраивание прочных отношений между другими заинтересованными в устойчивом развитии компании сторонами, к числу которых относятся: потребители, бизнес-партнеры, сотрудники, местные сообщества, СМИ, природоохранные организации, органы власти и др.

Особое место в системе корпоративного управления занимает корпоративная социальная ответственность (КСО). Развитие этой компоненты направлено на построение добросовестных отношений компании со всеми заинтересованными сторонами. Поэтому КСО реализуется на основе постоянного взаимодействия со стейкхолдерами. Среди ожидаемых результатов внедрения компанией КСО можно выделить: снижение нефинансовых рисков, укрепление сплоченности трудового коллектива, улучшение имиджа и деловой репутации. Все это способствует росту капитализации и конкурентоспособности корпорации.

Мы разделяем позицию, которая трактует корпоративную социальную ответственность как «деятельность компании, при которой взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами (стейкхолдерами) направлено на эффективное социальное развитие внутренней и внешней среды своего бизнеса и местного сообщества в соответствии со стратегическими бизнес-целями в рамках и сверх установленных законодательством требований и обстоятельств» [22, с. 55].

В последние годы КСО интенсивно развивается в экономически развитых странах. В России также постепенно увеличивается число корпораций, деятельность которых основана на принципах социальной ответственности. На практике это выражается в росте количества компаний, которые реализуют различные

социальные и экологические программы, имеют утвержденные документы в области КСО (кодексы, стандарты, политики), выпускают нефинансовые отчеты, являются участниками российской сети Глобального договора ООН и (или) Социальной хартии российского бизнеса. К числу таких компаний в основном относятся крупные акционерные общества, так как для них развитие КСО имеет более высокую значимость. Во многом это связано с тем, что в отношении этих компаний у некоторых заинтересованных сторон (сотрудников, местных сообществ, органов власти и др.) существуют повышенные ожидания в части КСО, что объясняется наличием у них необходимых ресурсов для реализации масштабной политики в области корпоративной социальной ответственности. Кроме того, крупные акционерные общества обычно в большей степени вовлечены в процесс глобализации и поэтому должны стремиться соответствовать в вопросах КСО требованиям зарубежного инвестиционного сообщества и фондового рынка.

Практика корпоративного управления в крупных российских компаниях в области социальной ответственности представляет интерес также и в связи с тем, что эта группа корпораций может своим примером оказывать существенное положительное влияние на соответствующую практику в тех отечественных компаниях, в которых КСО находится пока на более низком уровне развития.

Используя размещенную компаниями в публичном пространстве информацию, рассмотрим перечисленные выше основные показатели социальной ответственности у компаний, занявших места с 1 по 21 в рейтинге «Эксперт-400» (400 крупнейших компаний России по объему реализации продукции) за 2013 г. [22]. Показатели по этим 20 компаниям (не рассматривалась входившая в рейтинг под номером 6 компания ТНК ВР, присоединенная к НК «Роснефть») за 2008 – 2013 гг. приведены в таблице.

Таблица

Основные показатели деятельности крупнейших российских компаний в сфере КСО за 2008 – 2013 гг.

<i>Место в рейтинге</i>	<i>Компания</i>	<i>Реализация программ и проектов</i>	<i>Наличие утвержденных документов</i>	<i>Наличие нефинансовых отчетов</i>	
				<i>вид отчета</i>	<i>заверение</i>
1	«Газпром»	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров	Кодекс корпоративной этики ОАО «Газпром»	Экологический отчет, отчет в области устойчивого развития	Отчет в области устойчивого развития за 2008 – 2009 гг. прошел общественное заверение РСПП
2	«Лукойл»	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров	Социальный кодекс ОАО «Лукойл». Кодекс деловой этики ОАО «Лукойл». Политика ОАО «НК «ЛУКОЙЛ» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды в XXI в.	Отчет в области устойчивого развития	Общественное заверение РСПП

3	«Рос- нефть»	Широкий спектр про- грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров	Политика Компании в обла- сти устойчивого развития. Ко- декс деловой этики ОАО «НК «Роснефть». Основные поло- жения политики компании в области промышленной безо- пасности, охраны труда и ок- ружающей среды. Политика компания в области преду- преждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.	Отчет в области устойчиво- го развития	Независимое аудиторское заключение «Эрнст энд Янг»
4	РЖД	Широкий спектр про- грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров	Кодекс корпоративной соци- альной ответственности ОАО «РЖД». Кодекс деловой этики ОАО «РЖД». Экологическая стратегия ОАО "РЖД" на пе- риод до 2017 г. и перспективу до 2030 г.	Социаль- ный отчет	Независимое заверение отсутствует
5	Сбербанк России	Широкий спектр про- грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров	Политика в области корпора- тивной социальной ответст- венности ОАО «Сбербанк России». Политика ОАО «Сбербанк России» по проти- водействию коррупции.	Социаль- ный отчет (с 2010 г.)	Независимое заверение отсутствует
7	АФК «Система»	Широкий спектр про- грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров	Кодекс этики ОАО АФК «Система». Антикоррупцион- ная политика	Социаль- ный отчет (2008 г., 2010 г., 2011 г.), отчет в об- ласти ус- тойчивого развития (2012 – 2013 гг.)	Независимое заверение отсутствует
8	«Сургут- нефтегаз»	Программы в сфере КСО направлены в основном на сотруд- ников компании. Вклад в социальное развитие регионов присутствия в основ- ном ограничивается налоговыми плате- жами, обеспечением занятости и меро- приятиями по охране окружающей среды	Положение о корпоративной этике ОАО «Сургутнефтегаз».	Экологиче- ский отчет (с 2011 г.)	Независимое заверение отсутствует
9	АК «Транс- нефть» *	Проекты в области благотворительности и спонсорства, эколо- гические проекты	Экологическая политика ОАО «АК «Транснефть»	–	–
10	«Россий- ские сети»	Программы в сфере КСО направлены в основном на сотруд- ников компании. Проекты в области благотворительности и спонсорства, эколо- гические проекты	Кодекс корпоративной этики. Антикоррупционная политика ОАО «Россети»	Социаль- ный отчет (2010 г. и 2011 г.), отчет в об- ласти ус- тойчивого развития (2012 г. и 2013 г.)	Заключения экспертов

11	Группа ВТБ	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров	Политика ОАО Банк ВТБ в области корпоративной социальной ответственности. Этический кодекс Банка ВТБ. Политика банковской группы ВТБ в области противодействия легализации (отмыванию) доходов.	Социальный отчет	Отчеты за 2012 г. и 2013 г. прошли независимое аудиторское заверение «Эрнст энд Янг».
12	Группа «Интер РАО»	Программы в сфере КСО направлены в основном на сотрудников компании. Проекты в области благотворительности и спонсорства, экологические проекты.	Кодекс корпоративной этики ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС». Декларация об экологической ответственности ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС».	Интегрированный отчет (с 2011 г.)	Общественное заверение
13	X5 RetailGroup*	Проекты в области благотворительности и спонсорства. Вклад в социальное развитие регионов присутствует ограничивается налоговыми платежами и обеспечением занятости.	Кодекс делового поведения и этики.	—	—
14	«Евраз Груп» *	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров.	Кодекс поведения сотрудников ЕВРАЗ. Основные направления социальных инвестиций. Антикоррупционная политика ЕВРАЗ.	—	—
15	«Магнит»*	Отдельные программы социальных гарантий и развития персонала.	Документы не обнаружены.	-	-
16	«Татнефть»	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров.	Политика ОАО «Татнефть» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды.	Отчет в области устойчивого развития	Имеет независимое заверение и общественное заверение РСНП
17	«Северсталь»	Широкий спектр программ и проектов для основных групп стейкхолдеров.	Корпоративная политика социальной ответственности ОАО «Северсталь» Корпоративная политика в области управления внешними социальными программами ОАО «Северсталь». Корпоративный стандарт управления спонсорской и благотворительной деятельностью ОАО «Северсталь». Политика противодействия коррупции ОАО «Северсталь» и связанных юридических лиц. Политика в области охраны труда и промышленной безопасности группы компаний «Северсталь». Политика в области охраны окружающей среды группы компаний «Северсталь».	Социальный отчет (2010 г. и 2011 г.), отчет в области устойчивого развития (2012 г. и 2013 г.)	Общественное заверение РСНП

18	«Стройгазконсалтинг» *	Проекты в области благотворительности.	Политика в области охраны окружающей среды ООО «Стройгазконсалтинг» и До-черних обществ.	–	–
19	Новоли-пецкий металлур-гический комбинат (НЛМК)	Широкий спектр про-грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров.	Экологическая политика ОАО «НЛМК». Политика ОАО «НЛМК» в области охраны труда и промышленной безо-пасности.	Социаль-ный отчет (2008 – 2012 гг.), интегриро-ванный от-чет (2013 г.)	Независимое заверение отсутствует
20	ГМК «Норильский никель»	Широкий спектр про-грамм и проектов для основных групп стейкхолдеров	Кодекс деловой этики ОАО «ГМК «Норильский никель». Политика в области промыш-ленной безопасности и охра-ны труда. Экологическая по-литика ГМК «Норильский никель».	Отчет в области устойчиво-го развития (2008 – 2011 гг.), социальный отчет (2012 г. и 2013 г.)	Обществен-ное заверение РСПП
21	«Мечел» *	Программы в сфере КСО направлены в основном на сотруд-ников компании и членов их семей. Вклад в социальное развитие регионов присутствия в основ-ном ограничивается налоговыми плате-жами и обеспечением занятости.	Положение о нормах делового поведения и этики.	-	-

Примечания: * Нефинансовая отчетность по данной компании не обнаружена.

Источник: составлено по материалам сайтов анализируемых компаний [2 – 21] и сайта Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) [1].

Из приведенных в таблице данных видно, что за рассматриваемый период из 20 компаний 12 реализовывали самые разнообразные программы и проекты в области КСО для широкого круга заинтересованных сторон (сотрудников и членов их семей, клиентов, населения по месту деятельности и др.). В 7 компаниях такие программы и проекты были направлены на отдельные группы стейкхолдеров (в основном на сотрудников), компания «Стройгазконсалтинг» ограничивалась проектами в области благотворительности.

Другой аспект практики корпоративного управления в рамках КСО – наличие соответствующих утвержденных внутренних документов. В первую очередь здесь следует выделить документ, закрепляющий принципы КСО, которым следует компания в своей деятельности. Наличие такого документа позволяет систематизировать корпоративную политику в области КСО, создает ее правовую основу, что повышает ее эффективность. Названия у документа могут быть разные, например, политика компании в области устойчивого развития, политика компании в области корпоративной социальной ответственности, социальный кодекс и т. п. Среди представленных в таблице компаний такого типа документ имели лишь 6 акционерных обществ. Другой очень важный документ

– свод правил корпоративной этики (этический кодекс) компании. Кодекс корпоративной этики позволяет закрепить в компании этические принципы ведения бизнеса, повышает ее имидж и деловую привлекательность. В качестве отдельного утвержденного документа его имели 13 компаний, из них у 4 разработана еще и антикоррупционная политика, а всего такого рода документ имели 6 компаний. Кроме того, у 6 компаний был в наличии документ о политике в области охраны труда и промышленной безопасности, что характеризует социальную политику компании на производстве.

Отдельно следует сказать о документе, который содержит формализованную политику КСО по отношению к окружающей среде. Суть данной политики состоит в том, что компания должна реализовывать мероприятия по защите окружающей среды, максимально снижать свое вредное воздействие на нее и способствовать ее воспроизводству. Такую политику в виде отдельного утвержденного документа (называться он может, например, политика в области охраны окружающей среды, экологическая политика) разработали 7 компаний и еще 4 компании имели документ со специальным разделом, посвященным вопросам охраны окружающей среды.

Следующий важный аспект практики корпоративного управления в рассматриваемой области – подготовка компанией нефинансовой отчетности в соответствии с международными стандартами, что позволяет оценить эффективность и необходимость реализуемых корпорацией социальных инициатив. В этой связи следует сказать, что из 20 компаний 14 готовили нефинансовую отчетность за указанный период, из них только 8 (57 %) делали это на протяжении всего периода, что все-таки заметно выше по сравнению с тем же показателем по всем компаниям, отчеты которых размещены в Национальном Регистре нефинансовых отчетов. Так, согласно данным РСПП, по состоянию на 21 августа 2015 г. в Национальный Регистр нефинансовых отчетов были внесены отчеты 110 организаций, которые составляли отчеты за 2008 – 2013 гг., из них только 49 (44,5 %) делали это регулярно [23].

В основном анализируемые компании использовали один из двух видов отчетов – отчет в области устойчивого развития или социальный отчет. Исключением в этой части являются компании «Сургутнефтегаз» и Группа «Интер РАО», которые, начиная с 2011 г., составляли экологические и интегрированные отчеты соответственно. Единственной компанией, готовившей сразу два типа отчетов (экологический и отчет в области устойчивого развития), является ОАО «Газпром», что свидетельствует о большей информированности стейкхолдеров этого акционерного общества. Компании «Северсталь», «Российские сети», НЛМК и ГМК «Норильский никель» перешли на новый вид отчетности – первые две стали готовить отчеты в области устойчивого развития, а НЛМК за 2013 г. представил интегрированный отчет. Это можно расценить как положительные изменения соответствующего аспекта практики корпоративного управления, так как интегрированные отчеты и отчеты, ориентированные на раскрытие информации об устойчивом развитии, являются обычно более информативными по сравнению с социальными отчетами. В ГМК «Норильский никель» произошли изменения иного характера – вместо отчетов в области устойчивого развития компания стала готовить социальные отчеты.

Основной системой отчетности, которую использовали почти все готовившие нефинансовые отчеты компании (за исключением ОАО «Сургутнефтегаз»), является «Руководство по отчетности в области устойчивого развития» Глобальной инициативы по отчетности (GRI) и соответствующие отраслевые при-

ложения к нему. В настоящее время это руководство является самым распространенным в мире международным стандартом в области социальной ответственности компаний, его использование способствует повышению качества нефинансовой отчетности. Компании использовали также и другие признанные международные и российские рекомендации в области КСО и нефинансовой отчетности (Глобальный Договор ООН, Социальная хартия российского бизнеса и др.).

Важным показателем является наличие независимого подтверждения отчетной информации. Из 8 компаний, готовивших нефинансовую отчетность на регулярной основе, только компании «Роснефть» и «Татнефть» имеют профессиональное аудиторское заключение по каждому отчету, который был выпущен за рассматриваемый период. У группы ВТБ такое заключение имеют лишь два последних отчета. Отчеты 3 компаний («Лукойл», «Северсталь» и ГМК «Норильский никель») регулярно проходили общественное заверение в Совете РСПП по нефинансовой отчетности, среди отчетов компании «Газпром» такое заверение имеет всего один – отчет о деятельности в области устойчивого развития за 2008 – 2009 гг.

Таким образом, на основании приведенных в таблице показателей можно выделить группу компаний-лидеров в области КСО среди 20 крупнейших российских корпораций. К числу этих компаний относятся: «Лукойл», «Роснефть», Группа ВТБ, «Татнефть», «Северсталь», ГМК «Норильский никель». Все перечисленные компании на протяжении рассматриваемого периода имели: широкий спектр программ и проектов в сфере КСО для всех основных групп стейкхолдеров, несколько утвержденных документов в соответствующей области, регулярно подготавливаемые нефинансовые отчеты с независимым заверением или общественным заверением РСПП. У остальных компаний наблюдается отставание от лидеров по тем или иным показателям и поэтому они в большей степени нуждаются в улучшении определенных аспектов своей практики корпоративного управления в рассматриваемом компоненте. В первую очередь это касается разработки социальных программ и проектов для более широкого круга заинтересованных сторон и подготовки нефинансовой отчетности (у 6 компаний она не обнаружена). Другой важный момент – малое число утвержденных документов в области КСО в целом и экологической ответственности в частности, что говорит о необходимости разработки и принятия компаниями соответствующих документов.

Литература

1. Национальный Регистр и Библиотека корпоративных нефинансовых отчетов // Российский союз промышленников и предпринимателей. Режим доступа: <http://xn--olaabe.xn--plai/simplepage/157> (дата обращения: 22.08.2015).
2. Официальный сайт АФК «Система». Режим доступа: <http://www.sistema.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
3. Официальный сайт банка ВТБ. Режим доступа: <http://www.vtb.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
4. Официальный сайт ГМК «Норильский никель». Режим доступа: <http://www.nornik.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
5. Официальный сайт группы компаний «Стройгазконсалтинг». Режим доступа: <http://www.sgc.ru/ru/index.wbp> (дата обращения: 22.08.2015).
6. Официальный сайт компании «АК «Транснефть». Режим доступа: <http://www.transneft.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).

7. Официальный сайт компании «Газпром». Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
8. Официальный сайт компании ЕВРАЗ. Режим доступа: <http://www.evraz.com/ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
9. Официальный сайт компании «Интер РАО». Режим доступа: <http://www.interrao.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
10. Официальный сайт компании «Лукойл». Режим доступа: <http://www.lukoil.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
11. Официальный сайт компании «Магнит». Режим доступа: <http://magnit-info.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
12. Официальный сайт компании «Мечел». Режим доступа: <http://www.mechel.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
13. Официальный сайт компании «НЛМК». Режим доступа: <http://nlmk.com/ru> (дата обращения: 22.08.2015).
14. Официальный сайт компании «РЖД». Режим доступа: <http://rzd.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
15. Официальный сайт компании «Роснефть». Режим доступа: <http://www.rosneft.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
16. Официальный сайт компании «Российские сети». Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
17. Официальный сайт компании «Северсталь». Режим доступа: <http://www.severstal.com/rus/> (дата обращения: 22.08.2015).
18. Официальный сайт компании «Сургутнефтегаз». Режим доступа: <http://www.surgutneftegas.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
19. Официальный сайт компании «Татнефть». Режим доступа: <http://www.tatneft.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
20. Официальный сайт компании X5 Retail Group N.V. Режим доступа: <http://www.x5.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
21. Официальный сайт Сбербанка России. Режим доступа: <http://www.sberbank.ru/> (дата обращения: 22.08.2015).
22. Перекрестов Д. Г., Поварич И. П., Шабашев В. А. Корпоративная социальная ответственность: вопросы теории и практики: монография. М.: Академия естествознания, 2011. 216 с.
23. Рейтинг крупнейших компаний России по объему реализации продукции // Рейтинговое агентство Эксперт РА. Режим доступа: <http://raexpert.ru/rankingtable/expert400/2013/main/> (дата обращения: 22.08.2015).

Информация об авторе:

Шевченко Игорь Леонидович – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Кузбасского института экономики и права, kuzgtushev@rambler.ru.

Igor L. Shevchenko – Candidate of Economics, Assistant Professor at the Department of Economics, Kuzbass Institute of Economics and law.

Статья поступила в редколлегию 21.09.2015 г.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Для публикации в «Вестнике КемГУ» принимаются статьи, в которых отражаются результаты актуальных фундаментальных и прикладных научных исследований, передовых наукоемких технологий, научных и научно-методических работ, посвященных проблемам высшего образования и развитию науки в высшей школе, соответствующие тематике журнала, и ранее не опубликованные ни в каких других изданиях. Представленный к публикации материал может иметь разнообразный характер: от постановки проблемных теоретических вопросов, предложений разработки новых направлений в науке до анализа результатов конкретных исследований.

Предоставляя статью для публикации в журнале «Вестник КемГУ», автор тем самым выражает свое согласие на передачу права на воспроизведение, распространение и доведение до всеобщего сведения любым способом.

Статьи принимаются по установленному графику:

- в № 1 (март) – до 1 февраля текущего года;
- в № 2 (июнь) – до 1 мая текущего года;
- в № 3 (сентябрь) – до 1 августа текущего года;
- в № 4 (декабрь) – до 1 ноября текущего года.

В исключительных случаях, по согласованию с редакцией журнала, срок приема статьи в ближайший номер может быть продлен, но не более чем на две недели.

ПОРЯДОК ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА В РЕДАКЦИЮ

1. Текст статьи представляется в редакцию на русском языке, на электронном носителе, проверенном на отсутствие вирусов, в виде файла с расширением .doc, построенного средствами Microsoft Word 97-2007, и одного печатного экземпляра на стандартных листах формата 210×297 мм. Иногородние авторы могут представлять указанные материалы по электронной почте vestnik@kemsu.ru. Электронная версия должна быть идентична распечатанному тексту, в случае расхождения, за основу берется печатный вариант.

2. Рекомендуемый объем статьи, включая аннотацию и список литературы, 16 – 25 тыс. знаков без пробелов.

3. Авторам материалов естественнонаучного направления необходимо дополнительно предоставить экспертное заключение¹ о возможности опубликования в открытой печати.

4. Все статьи, поступившие в редакцию, проходят рецензирование, где анализируются актуальность темы, научная новизна и оригинальность решений, доказательная база, строгость и однозначность выводов, оснащенность научным аппаратом, качество иллюстративного материала, и публикуются по решению редакционной коллегии журнала.

5. Редакция имеет право проводить сокращения и редакционные изменения текста рукописей.

6. Работы общественно-публицистического характера к рассмотрению и публикации не принимаются.

7. Представленные статьи могут быть возвращены автору на доработку или отклонены из-за несоответствия профилю журнала, неприемлемого объема, отрицательного итога экспертизы или несоблюдения правил оформления. Рукописи, не принятые к публикации, авторам не высылаются. Гонорар за опубликованные статьи не выплачивается.

8. Не допускается свыше двух статей одного автора в одном номере журнала.

9. Статьи обучающихся (аспиранты, магистранты, студенты) вузов и научных организаций России, а также сотрудников КемГУ, работающих над диссертационными исследованиями, темы которых утверждены ученым советом университета, публикуются при наличии рекомендации научного руководителя (научного консультанта) и (или) решения кафедры. Статьи обучающихся принимаются для публикации только в соавторстве с научным руководителем или учеными, являющимися специалистами в соответствующей области науки.

10. Статьи включаются в выпуск только после положительного решения редколлегии и предоставления копии платежного документа в редакцию журнала, при этом *статьи обучающихся печатаются в журнале бесплатно*.

11. Представление оригинальной статьи к публикации в «Вестнике КемГУ» означает согласие авторов на передачу права автора на воспроизведение, распространение и доведение до всеобщего сведения любым способом.

¹ Форма экспертного заключения в формате .pdf представлена на [сайте издания](#)

СТРУКТУРА СТАТЬИ

1. Индекс универсальной десятичной классификации (УДК).
2. Название статьи.
3. Инициалы и фамилия автора (авторов).
4. Аннотация/реферат.
5. Ключевые слова.
6. Текст статьи с таблицами, рисунками, формулами.
7. Список литературы.
8. Публикуемые сведения об авторе (авторах): фамилия, имя, отчество; ученая степень, ученое звание; должность, место работы; адрес электронной почты (e-mail).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

1. Текст набирается без форматирования и нумерации страниц, с учетом абзацев и особых указаний в требованиях к оформлению статей.
2. Последовательность элементов оформления – в соответствии со структурой статьи.
3. Заголовок статьи (не более 3 строк) необходимо предоставить на русском и английском языках.
4. Инициалы и фамилия автора (авторов) – через запятую.
5. Статья должна быть снабжена аннотацией² на русском и английском языках. **Аннотация к статье должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной; содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье); компактной (укладываться в объем от 120 до 250 слов). **Аннотация должна включать следующие аспекты содержания статьи:** предмет, цель работы; метод или методологию проведения работы; результаты работы; область применения результатов; выводы.
6. Статья должна быть снабжена ключевыми словами на русском и английском языках (рекомендуемое количество ключевых слов – 5–7).
7. При вставке формул использовать только Microsoft Equation 3.0 (встроенный редактор формул Microsoft Office), расположение формул на странице – по центру. Нумеровать рекомендуется лишь формулы, на которые имеются ссылки.

Например:

$$J_q^+ : q = \begin{cases} \operatorname{Re}(z_1 / z_2)i + \operatorname{Im}(z_1 / z_2)j + \\ + \frac{|z_1|^2 - |z_2|^2}{|z_1|^2 + |z_2|^2}k \mid z_2 \neq 0, \\ k \mid z_2 = 0. \end{cases} \quad (12)$$

8. Рисунки и подписи к ним располагаются непосредственно в тексте. Рисунки должны иметь формат .jpg, допускать перемещение в тексте и возможность уменьшения размеров, в черно-белой палитре.
 9. Объекты, созданные средствами Microsoft Office, должны допускать возможность редактирования.
 10. Таблицы нумеруются, если их число более одной.
 11. Ссылки на цитированную литературу приводятся в квадратных скобках.
- Например:
- Ссылка на полный текст документа [6].
- Ссылка на фрагмент текста документа или статью в периодическом издании [6, с. 24 – 28].
- Список литературы располагается после текста статьи, нумеруется (начиная с первого номера) в алфавитном порядке, предваряется словом «Литература» и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Под одним номером допускается указывать только один источник.

1. Сокращения в тексте – по ГОСТ 7.0.12-2011 «СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила». Допускается использование аббревиатур.
2. Примечания и сноски оформляются непосредственно в **тексте** в круглых скобках курсивом. Например: текст (*Прим. автора: текст примечания*).
3. Внедренные шрифты, используемые в тексте статьи, предоставляются отдельными файлами.
4. На последней странице статьи указываются публикуемые сведения об авторах **на русском и английском языках**: полное название учреждения, где выполнено исследование; фамилии, имена и отчества авторов полностью; ученая степень, звание, должность, место работы, номера контактных телефонов, адрес электронной почты всех авторов.
5. На последней странице статьи должны быть подписи всех авторов.

² Рекомендации по составлению аннотации (реферата) к статье размещены на [сайте издания](#).

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Периодичность выхода журнала – 4 выпуска в год.

Минимальный период подписки – 3 месяца (1 выпуск).

Подписка проводится через отделения связи по каталогу «Пресса России» – подписной индекс 42150

Стоимость подписки указана в каталоге.

Редакция журнала приглашает авторов к сотрудничеству

Подробная информация на сайте издателя:

<http://vestnik.kemsu.ru>

Редакторы выпуска:

Н. С. Якимова, Л. С. Старикова, В. П. Долгих

Компьютерная верстка – В. А. Шерина

Подписано к печати 26.10.2015 г. Формат А 4.

Дата выхода в свет 23.11.2015 г.

Печать офсетная. Бумага Sveto Copy. Усл. печ. л. – 37,5. Уч.- изд. л. – 27,76.

Тираж 500 экз. Заказ № _____

Цена свободная.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет».

650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, <http://kemsu.ru>.

Отпечатано в ООО ПК «ОФСЕТ». 650001, Кемерово, ул. 40 лет Октября, 16.т