

УДК 571.27

**ОСОБЕННОСТИ ОЛЬФАКТОРНОГО ОТБОРА ПО МНС
С ПОЗИЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА****А. А. Могилина, А. В. Шабалдин, Л. В. Акинчина, Н. А. Литвинова, В. И. Иванов**

*Проверялась гипотеза об ассортативном ольфакторном выборе женщинами мужчин в главном комплексе гистосовместимости. С этой целью провели ольфакторное тестирование женщинами мужчин, а также генотипирование всех испытуемых. Было исследовано 48 юношей и 19 девушек, причем девушки оценивали запах мужчин в две фазы овариального цикла: рецептивную и нерецептивную. Установлено, что распределение аллелей HLADRB1 среди испытуемых не отличается от распределения по Харди-Вайнбергу. Также выявлено стойкое, независимо от фазы овариального цикла, неприятие женщинами с HLADRB1*04 в генотипе запаха мужчин, несущими HLADRB1*15 аллель. Данные аллели связаны с формированием иммуннопатологии.*

*The hypothesis about nonrandom olfactory mate choice in main histocompatibility complex was checked. For this purpose we conducted olfactory testing (women test of men's smell) and we had typed for all test people's HLADRB1. There was explored 48 men and 19 women, moreover girls valued the odour of the men in two phases ovarian cycle: receptive and nonreceptive. It is revealed that HLADRB1 distribution amongst test people does not differ from Hardy-Vaynberg distribution. The woman with HLADRB1*04 avoid the man carrying HLADRB1*15 in all phases ovarian. These alleles are entail immune pathology.*

Ключевые слова: гемокоммуникация, HLA, репродукция.

Модельные эксперименты на инбредных и конгенных линиях мышей доказали связь половых предпочтений с главным комплексом гистосовместимости (Н-2). Было показано, что при скрещивании животных превалировал выбор не родственных (не собственных – по self) Н-2 гаплотипов [1]. С позиции популяционной генетики, такой отбор целесообразен, так как именно гетерозиготный по генам Н-2 организм идентифицирует более широкий диапазон антигенов и поэтому обладает более эффективной иммунной системой [2].

Было предположено и в экспериментах доказана роль запахового предпочтения при половом отборе по Н-2 [3, 4]. Так, была выдвинута гипотеза о возможной роли главного комплекса гистосовместимости в целом (МНС) в формировании индивидуального запаха особей [5], которая впоследствии была подтверждена Ямадзакой с соавт. [3, 4]. Более того, высказано предположение, что ведущая роль МНС в иммунном ответе имеет вторичное эволюционное значение [6]. Первично эти молекулы участвовали в виде рецепторов для ольфакторных распознаваний в процессе коммуникаций живых систем [7].

Несмотря на доминирование у человека зрительных и слуховых форм общения, обонятельные сигналы продолжают оказывать определенное влияние на физиологическое состояние людей [8]. Wedekind et. al., (1995) на шведской популяции показал феномен ольфакторного отбора в главном комплексе гистосовместимости (HLA) у человека. Суть этого отбора сводится к исключению инцеста по HLA и увеличению в этом локусе гетерозиготности [9]. Работы, проведенные Carol Ober в закрытой секте Хаттеритов, показали наличие дисассортативности по HLA в брачном выборе [10].

В то же время наличие ассортативности по HLA при образовании супружеских пар может отклонять популяционное равновесие и тем самым изменять степень иммунной адаптации популяции [11].

Исходя из этого, целью настоящего исследования было изучение особенностей ольфакторного отбора по гену HLADRB1 среди неродственных доноров разного пола в восточно-европейской популяции, а также разработка гипотез о механизмах иммунной адаптации в этой популяции.

Материалы и методы

Исследование проводили среди девушек и юношей, в возрасте 18 – 21 года. Донорами запаха явились юноши, реципиентами – девушки. У каждого испытуемого забирался буккальный эпителий.

Образцы пота собирали на фильтровальные диски, которые были пришиты на специальные хлопчатобумажные майки в местах подмышечных впадин. Юноши находились в майках в течение 60 минут. Затем диски помещали в пенициллиновые флаконы с герметичной крышечкой и хранили в холодильнике при – 20°C.

При тестировании запаха девушки заполняли протоколы, где давали субъективную оценку по 10-ти балльной шкале – от очень неприятного (= -5) до очень приятного (= 5). Девушки проводили тестирование в рецептивную и нерецептивную фазы овариального цикла.

Буккальный эпителий собирали с внутренней поверхности щеки в пробирки Эппендорф. Из клеток буккального эпителия выделяли ДНК методом фенол-хлороформной экстракции. Для типирования гена HLA DRB1* использовали тест-систему HLA-ДНК-ТЕХ. Для амплификации участка, определяющего полиморфизм гена HLA DRB1* (в 3 экзоне), проводилась 2-этапная ПЦР на амплификаторе «Терцик». Детекцию продуктов амплификации проводили при помощи электрофореза в 3 % агарозном геле (рис. 1).

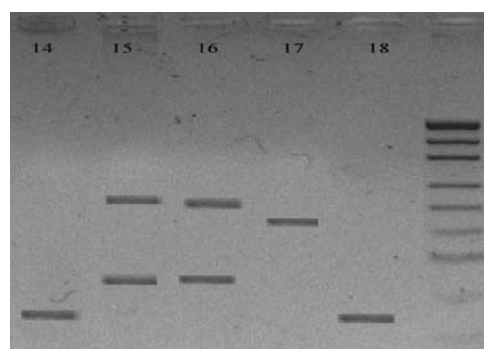
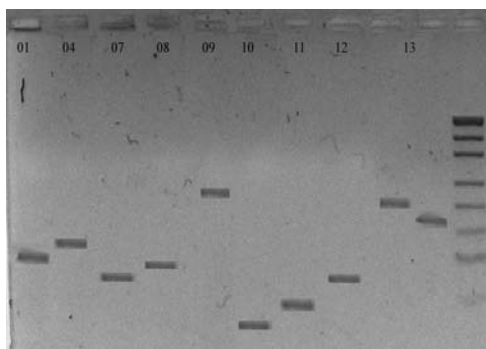


Рис. 1. Детекция продуктов амплификации гена *HLA-DRB1** в 3 % агарозном геле

Таблица 1

Доли частот сочетаний женских и мужских аллелей *HLA-DRB1* при отрицательном ольфакторном выборе женщин, находящихся в рецептивной фазе овариального цикла

Положительные оценки		Отрицательные оценки	
нерецептивные женщины			
сочетание аллелей	<i>p(t)</i>	сочетание аллелей	<i>p(t)</i>
HLADRB1*07 с HLADRB1*14	0.021544231	HLADRB1*04 с HLADRB1*04	0.000196816
HLADRB1*15 с HLADRB1*01	0.003249904	HLADRB1*04 с HLADRB1*15	0.004610958
рецептивные женщины			
HLADRB1*16 с HLADRB1*04	0.010957573	HLADRB1*04 с HLADRB1*15	0.010519651
		HLADRB1*12 с HLADRB1*01	0.019326593

Примечание: в сочетании *HLA-DRB1* аллелей: первый аллель женский, второй – мужской.

Статистическая обработка

Для каждого аллеля определялась его частота в выборе и подсчитывалась вероятность встречи с любым аллелем противоположного пола, допуская, что вероятность комбинирования каждого из аллелей гетерозиготы не влияет на вероятность комбинирования другого.

Полученные результаты отражены в табл. 1, где в каждой ячейке указаны расчетные частоты встречаемости соответствующих аллелей.

Наблюдаемые частоты сочетаний женских и мужских аллелей *HLA-DRB1* были получены путем подсчета оценок запаховой привлекательности. Отбор сочетаний *HLA-DRB1* аллелей проводился по 4 типам оценок:

- первый тип оценок – женщины в нерецептивной фазе овариального цикла оценивают запах как привлекательный;
- второй тип оценок – женщины в нерецептивную фазу овариального цикла оценивают мужской запах как неприятный;
- третий тип оценок – женщины в рецептивную фазу дают оценку мужскому запаху как привлекательному;
- четвертый тип оценок – рецептивные женщины оценивают мужской запах как неприятный.

Для проверки гипотезы при случайном подборе супружеских пар по локусу *HLA-DRB1* оценили отклонение наблюдаемых частот всех встречавшихся комбинаций *HLA-DRB1* мужчины и женщины от расчетных, по формуле Харди-Вайнберга, или ожидаемых, в соответствии с частотами аллелей при помощи χ^2 . Для характеристики выбора по отдельным аллелям *HLA-DRB1* провели попарное сравнение частот сочетаний женских и мужских *HLA-DRB1* аллелей с расчетными для случайного выбора с помощью Т-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Ольфакторный брачный выбор по HLA относится к популяционному фактору динамики. При выраженном влиянии на популяцию внешних факторов может проявляться ассортативность при образовании супружеских пар, особенно если этот фактор имеет векторную направленность. С точки зрения популяционной генетики, известно, что одним из признаков популяции является ее устойчивость во времени. Этот закон отражен в уравнении Харди-Вайнберга. Закон Харди-Вайнберга для особей с диплоидным набором хромосом определяет, что квадрат сумм конкурентных аллелей является постоянным и равен 1 в равновесных популяциях, т. е. изменчивость будет оставаться на одном и том же уровне. Результаты сравнения наблюдаемых частот сочетаний *HLA-DRB1* с расчетными по формуле

Харди-Вайнберга $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ показали следующее. Так, достоверных отличий между расчетным и полученным распределениями частот сочетаний женских и мужских аллелей для всех четырех типов оценок не обнаружено, что указывает на отсутствие общей ассортативности по HLADRB1 в любую фазу овариального цикла.

В последнем случае неслучайность в образовании супружеских пар также приобретает полярность, которая может потенцировать высокий риск гомозиготности в последующих поколениях. В то же время по полученным результатам можно утверждать, что на исследуемую популяцию не действуют факторы внешней среды, или их действия компенсированы и тем самым ассортативность по HLA либо отсутствует, либо компенсирована. Одним из механизмов коменсации может быть разнонаправленность ассортативности по отдельным аллелям, что было исследовано на следующем этапе работы.

Характеристика особенностей ольфакторного выбора по отдельным аллелям HLADRB1 показала следующее. Как видно из представленных данных, при анализе положительного и отрицательного ольфакторного выбора женщинами мужчин было выявлено как преобладание опытных частот сочетаний женского и мужского аллелей над расчетными, так и их дефицит. Чтобы адекватно оценить биологический смысл этих фактов, провели сравнение комбинаций женского и мужского HLADRB1 при достоверном преобладании этих комбинаций в положительном ольфакторном выборе (например женского HLADRB1*07 с мужским HLADRB1*14) с их дефицитом в случае отрицательного ольфакторного выбора. Если достоверно различимые частоты сочетаний комбинаций встречались в обеих вышеуказанных группах, то можно было утверждать, что женщины с DRB1*07 аллелем, с одной стороны, предпочитают запах мужчин – носителей аллеля HLADRB1*14, а с другой – игнорируют отрицательную оценку этого аллеля, то есть фактически притягивают этот аллель. Именно такие комбинации можно было считать как наиболее полно отражающими положительный или отрицательный выбор. Этот методический подход использовали как для оценок нерецептивной, так и для рецептивной фаз овариального цикла женщин. Выявили следующие стойкие комбинации (табл. 1): положительный ольфакторный выбор в нерецептивную фазу достоверен для сочетаний женского HLADRB1 с мужским HLADRB1; HLADRB1*07 с HLADRB1*14 и HLADRB1*15 с HLADRB1*01; а отрицательный – для сочетаний HLADRB1*04 с HLADRB1*04 и HLADRB1*04 с HLADRB1*15. Стойкое ольфакторное притягивание в рецептивную фазу овариального цикла было характерно для женского HLADRB1*16 с мужским HLADRB1*04, а отрицательная ассортативность в рецептивную фазу характерна для женского HLADRB1*04 с мужским HLADRB1*15 и HLADRB1*12 с HLADRB1*01.

Анализ положительной ассортативности показал отсутствие общих комбинаций женских с мужскими

HLADRB1 аллелями для нерецептивных и рецептивных фаз овариального цикла. В то время как анализ отрицательной ассортативности показал наличие общей комбинации для рецептивной и нерецептивной фаз – это сочетание женского HLADRB1*04 аллеля с мужским HLADRB1*15. Кроме того, для нерецептивной фазы выявили избегание сочетания идентичных HLADRB1*04 аллелей.

Чтобы понять биологический смысл отторжения женского HLADRB1*04 аллеля от мужского HLADRB1*15, охарактеризовали ассоциации HLADRB1*04 – HLADRB1*15 специфичностей с патологией иммунной системы и репродукции. Известно, что DRB1*04 аллель является «классическим» маркером аутоиммунных заболеваний, причиной которых могут быть и репродуктивные проблемы [12]. Так, HLADRB1*04-специфичность ассоциирована с развитием целого ряда заболеваний, таких как сахарный диабет 1 типа, ревматоидный артрит, аутоиммунный тиреоидит, ювенильный ревматоидный артрит [11, 12, 14]. Все эти заболевания относятся к аутоиммунной патологии, формирующейся при гиперактивной иммунной системе. Эту гиперактивность иммунной системы и определяет специфичность DRB1*04, которая формирует устойчивость к инфекциям, а также высокий иммунный ответ и к собственным тканям [9]. Именно это детерминирует формирование антифосфолипидного синдрома, который в 50 % случаев является причиной иммунной формы невынашивания беременности [12].

Что же касается DRB1*15, то данная специфичность ассоциирована одновременно с чувствительностью к развитию аутоиммунной патологии ЦНС (рассеянный склероз) и одновременно с выраженной чувствительностью к инфекциям, в том числе хроническим (положительные ассоциации со слабым типом иммунного ответа к инфекционным антигенам: столбняка, туберкулеза, хламидиоза) [16]. В то же время DRB1*15 связан с развитием тяжелых вирусных инфекций и инвазий, таких как гепатит В, гепатит С и гистоплазмоз [17]. Становится очевидным биологический смысл ольфакторного блока в образовании супружеских пар с двумя аллелями, детерминирующими иммунные нарушения и репродуктивные потери. Причем изменение фазы овариального цикла не отменяет этот блок.

Выводы

1. Представленное исследование показало отсутствие или компенсацию ольфакторного отбора по HLADRB1 как популяционного фактора динамики.

2. Попарный анализ изменений частот комбинаций в зависимости от фазы овариального цикла женщины показал, что ольфакторное отталкивание по HLADRB1 превалирует над притягиванием по HLADRB1.

3. Выявлено стойкое и значимое отрицательно ассортативное сочетание женского HLADRB1*04 и

мужского HLA-DRB1*15, которые ассоциированы с различной репродуктивной и иммунной патологией.

Литература

1. Yamazaki, K. HLA-B transgenic mice reduce a unique odor type / K. Yamazaki, G. K. Beauchamp, J. Bard, E. Lacy, E. A. Boyse // *Behav Genet.* – 1990. – V. 20. – 755 p.
2. Doherty, P. C. Enhanced immunological surveillance in mice heterozygous at the H-2 gene complex / P. C. Doherty, R. M. Zinkernagel // *Nature* – 1975. – V. 256 – P. 50-52.
3. Yamazaki, K. Recognition among mice evinced from the use of Y-maze differentially scented by congenic mice of different histocompatibility complex / K. Yamazaki, M. Yamaguchi, L. Baranoski, J. Bard, E. A. Boyse, L. Thomas // *J. Exp. Med.* – 1979. – V. 150. – P. 755.
4. Yamazaki, K. Sensory distinction between H-2b and H-2 bm1 mutant mice / K. Yamazaki, G. K. Beauchamp, I. K. Egorov, J. Bard, E. A. Boyse // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 1983. – V. 80. – P. 5685–5688.
5. Thomas, L. Symbiosis as an immunologic problem / L. Thomas // *Basel: S. Karger.* – 1975. – P. 2 – 11.
6. Киндт, Т. Дж. Антигены главного комплекса гистосовместимости / Т. Дж. Киндт, М. Э. Робинсон // *Иммунология* / под ред. У. Пола. – М.: Мир, 1988. – Т. 2. – С. 73 – 116.
7. Wysocki, C. J. Mice (*Mus musculus*) lacking a vomeronasal organ can discriminate MHC-determined odortypes / C. J. Wysocki, K. Yamazaki, M. Curran, L. M. Wysocki, G. K. Beauchamp // *Horm. Behav.* – 2004. – V. 46. – № 3. – P. 241 – 246.
8. Wedekind, C. MHC-dependent mate preference in humans / C. Wedekind, T. Seebeck, F. Bettens, A. Paepke // *Proc. R. Soc. Lond. B.* – 1995. – V. 260. – P. 245 – 249.
9. Болдырева, М. Н. HLA и естественный отбор. Гипотеза «Преимущества функциональной гетерозиготности» / М. Н. Болдырева, Л. П. Алексеев // *Иммунология.* – М., 2006. – № 3. – С. 172 – 175.
10. Ober, C. HLA and mate choice in humans / C. Ober, L. R. Weitkamp, N. Cox, H. Dytch, D. Kostyu, S. Elias // *Am. J. Hum. Genet.* – 1997. – № 61. – P. 497 – 504.
11. Коненков, В. И. Медицинская и экологическая иммуногенетика / В. И. Коненков. – Новосибирск, 1999. – 276 с.
12. Шабалдин, А. В. Иммуногенетические аспекты раннего онтогенеза / А. В. Шабалдин: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Челябинск, 2004. – 44 с.
13. Schipper, R. F. HLA class II associations with Type 1 diabetes mellitus: a multivariate approach / R. F. Schipper, B. P. Koeleman, G. J. Bruining, G. M. Schreuder, W. Verduijn, R. R. Vries, B. O. Roep // *Tissue Antigens.* – 2001. – Vol. 57(2). – P. 144 – 50.
14. Zanelli, E. HLA class II association with rheumatoid arthritis: facts and interpretations / E. Zanelli, F. C. Breedveld, R. R. de Vries // *Hum. Immunol.* – 2000. – Vol. 61(12). – P. 1254 – 61.
15. Petrone, A. Association of DRB1*04-DQB1*0301 haplotype and lack of association of two polymorphic sites at CTLA-4 gene with Hashimoto's thyroiditis in an Italian population / A. Petrone, G. Giorgi, C. A. Mesturino, M. Capizzi, I. Cascino, L. Nistico, J. Os, U. Di Mario, R. Buzzetty // *Thyroid.* – 2001. – Vol. 11(2). – P. 171 – 175.
16. Terasaki, P. I. US Normal. In HLA 1997 / P. I. Terasaki, D. W. Gjertson // *UCLA Tissue Typing Laboratory, Los Angeles, California.* – 1997. – 475 p.
17. Алексеев, Л. П. Иммуногенетическое обследование семей с близкородственными браками / Л. П. Алексеев, Н. М. Хаитова, Н. Г. Дмитриева, М. Н. Болдырева и др. // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* – 1988. – № 31. – С. 60 – 62.

Рецензент – А. В. Будаев, ГОУ ВПО «Кемеровская медицинская академия Росздрава».

УДК 631.483

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВОМ И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВАХ Г. КЕМЕРОВО И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Пряженникова О. Е., Тараканова А. С.

Город Кемерово является крупным центром химической, энергетической, металлургической, угольной промышленности и стройиндустрии. На урбанизированных территориях происходят коренные изменения состояния окружающей среды. Настоящее исследование направлено на изучение экологического состояния почвенного и снегового покровов г. Кемерово. Проведены химические анализы почвенных образцов и образцов талой снеговой воды, взятых из пяти разных районов города, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку. Проведена статистическая обработка результатов и, на основе учета суммированного коэффициента загрязнения, определена категория опасности почв города.

Kemerovo is a major center of chemical, energy, metallurgy, coal industry and construction industry. In urban areas undergoing fundamental changes in the environment. The present study aims to study the ecological state of soil and snow cover Kemerovo. Conducted chemical analysis of soil samples and melted snow water samples taken

from five different areas of the city experiencing the highest anthropogenic load. A statistical processing of results and on the basis of summed coefficient is defined category of risk of contamination of soils of the city.

Ключевые слова: тяжелые металлы, геохимические аномалии, снежный покров, почвенный покров, детоксикация почвенного покрова, растения-концентраторы, метод конверта.

За последние десятилетия существенно возросло значение проблемы охраны окружающей среды. Одним из важнейших ее аспектов является сохранение и улучшение условий жизни и деятельности человека в городах. Актуальность определяется тем, что большая часть населения России (более 73 %) живет в городской среде. В Сибири в городах проживает около 80 % населения, а в таком урбанизированном регионе, как Кемеровская область – 87 %. Жители городов России, в том числе и Сибири, имеют слабое представление об экологическом качестве городской среды. В то же время своими действиями (или бездействием) население формирует это качество.

На урбанизированных территориях происходят коренные изменения состояния окружающей среды. Важнейшие из них связаны с уничтожением или кардинальной трансформацией естественных экосистем. Это определяет нарастание и такой проблемы, как зависимость здоровья горожан от экологического состояния городской среды.

Город Кемерово – крупный центр химической, энергетической, металлургической, угольной промышленности и стройиндустрии. Несмотря на общее сокращение производства, экологическая ситуация в городе остается напряженной. Загрязнение почвы является одним из показателей экологического неблагополучия г. Кемерово. Уровень антропогенной нагрузки по санитарно-химическим показателям остается на протяжении последних лет достаточно высоким [3].

Почва является индикатором многолетних природных процессов. Ее состояние – это результат длительного воздействия разнообразных источников загрязнения. Выбросы в атмосферу от промышленных предприятий и автотранспорта, нарушение технологических требований при добыче, переработке и использовании полезных ископаемых, несбалансированное применение минеральных удобрений приводят к загрязнению почв, ухудшению их физического и химического состояния и в результате – к снижению плодородия. Загрязнение почвы оказывает неблагоприятное воздействие и на здоровье населения, так как вредные вещества по трофическим цепям могут попадать в организм человека.

Наше исследование направленно не только на изучение загрязнения почвенного покрова, а также и на анализ загрязнения снега. Снежный покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу. В связи с этим он обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения почвы и воды. При образовании снежного покрова, из-за процессов сухого и

влажного выпадения примесей, концентрация загрязняющих веществ в снегу оказывается на 2 – 3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Именно поэтому анализ снеговых талых вод наиболее ярко показывает характер и процесс загрязнения.

Особую опасность представляет загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, которое может быть обусловлено геохимическими аномалиями, но чаще всего происходит за счет выбросов промышленных предприятий и за счет выхлопных газов автотранспорта. Тяжелые металлы участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов и оказывают токсическое воздействие на организм человека даже при низких концентрациях [5].

В связи с этим целью настоящей работы явилась оценка уровня содержания подвижных форм тяжелых металлов в снеговом и почвенном покровах в разных районах г. Кемерово. Для этого реализованы следующие задачи:

- выделить мониторинговые площадки для исследования;
- провести отбор образцов почв и снега для химического анализа;
- проанализировать результаты исследований;
- дать заключение по уровню загрязнения выделенных для исследования районов г. Кемерово.

Характеристика физико-географического положения г. Кемерово имеет прямое отношение к результатам исследований. Город Кемерово расположен в северной части Кузнецкой котловины по обоим берегам р. Томь. Котловина в долине Томи, занятая городом и его окрестностями, напоминает почти круговое обрамление в форме подковообразного амфитеатра с открытым выходом на северо-запад. В последние годы в Кемеровском промышленном районе образуется все больше техногенных форм рельефа: отвалов пород, терриконов, карьерных выемок, дамб и различных насыпей.

В орографическом отношении территория г. Кемерово представляет собой плато с широкими и плоскими водоразделами и с чередующимися неглубокими долинами небольших рек, логов, оврагов, западин. Орографическая неоднородность города и его окрестностей в значительной степени сказывается на микроклиматических различиях отдельных его частей. Долина Томи с притоками, асимметрия ее берегов (правый – высокий, левый – низкий и пологий) искажают ветровые потоки в приземном слое на территории всего города. В результате этого на уровне флюгера в Кемерово преобладают южные и юго-западные ветры (25 %), реже – ветры северные и восточные (менее 10 %). Наибольшее число ветров южных приходится на холодное полугодие (зимой – 33 %, осенью – 25 %). Максимум юго-западных вет-

ров отмечен в конце осени (октябрь – 34 %) и начале зимы (ноябрь, декабрь – 30 %). Средняя годовая скорость ветра в Кемерово на высоте флюгера (12 м) составляет 4,4 м/с. Ее изменчивость из года в год небольшая, в среднем 0,4 м/с. Зимой, при низких температурах и слабых ветрах, особенно в ночные и утренние часы, в долине реки и других пониженных местах города на 10 – 15°C холоднее, чем на возвышенностях. Следовательно, котловинный характер рельефа – основная причина формирования местных особенностей климата и микроклимата в Кемеровском промышленном районе. Значительная часть территории благоприятна для застоя холодных масс воздуха и образования приземных инверсий с городскими туманами. Наиболее опасны для таких явлений пониженные участки большинства районов города. Это, вероятно, обеспечивает специфичность распределения атмосферных загрязнителей в городе и локальность, или очаговость, формирования зон повышенных их концентраций.

Снежный покров устанавливается в основном в начале ноября или в конце октября и удерживается длительное время, в среднем в течение 145 – 155 дней. Термический режим почв зимой прежде всего определяется процессом их промерзания. Промерзание почвы в окрестностях города в обычные зимы распространяется на глубину до 1 м.

Следует подчеркнуть, что в городе отмечаются более высокие температуры, чем в его окрестностях, низкая относительная влажность воздуха, повышенная повторяемость слабых ветров и местных туманов, являющееся следствием действия множества факторов. К ним относятся плотность застройки, преобладание подстилающей поверхности с хорошей теплопроводностью (камень, асфальт, металл), выделение в атмосферу дополнительных количеств

тепла за счет сжигания топлива промышленными предприятиями и транспортом, ориентация улиц, этажность зданий, размещение промышленных комплексов на территории города, площадь, занятая массивами озеленения.

Исследование проведено на базе биологического факультета Кемеровского государственного университета. Забор почв осуществлялся в пяти районах г. Кемерово: Заводском, Кировском, Ленинском, Центральном и Рудничном. Фоновой территорией была определена д. Андреевка. Всего 17 проб.

Для проведения химического анализа почв отбирали методом конверта с глубины 10 см, так как именно в верхнем ее горизонте накапливаются тяжелые металлы. Затем почву высушили и подготовили к анализу согласно ГОСТ 17.4.3.01-83.

Отбор образцов снега проведен согласно «Временным методическим указаниям по агрохимическому обследованию снежного покрова сельскохозяйственных угодий» (1989).

Далее образцы почв и снеговой воды были направлены на химический анализ в Испытательный центр по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства ФГУ ЦАС «Кемеровский».

Химический анализ почв проводился согласно «Методическим указаниям по атомно-абсорбционным методам определения тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продукции растениеводства (Москва, 1992)» [4]. А снеговая вода исследовалась по ГОСТу Р 51309-99. Результаты анализов отражены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты химического анализа почвы

Показатель	ПДК, мг/кг	Андреевка	Заводский район	Кировский район	Ленинский район	Центральный район	Рудничный район
Цинк	23,0	2,77	34,77	17,54	9,75	10,64	8,72
Медь	3,0	0,56	0,83	0,43	0,73	0,43	0,31
Кадмий	1,0	0,49	0,71	0,41	0,30	0,25	0,26
Свинец	6,0	2,19	9,61	3,02	3,66	2,70	1,86
Марганец	140,0	9,11	178,83	36,17	134,60	85,28	7,51
Кобальт	5,0	2,84	3,54	3,05	2,87	2,96	2,40
Никель	4,0	2,67	2,23	1,16	2,50	1,22	0,95
Железо	-	86,9	35,11	13,81	27,66	10,69	20,34
Хром	6,0	3,37	10,29	4,87	5,80	5,97	3,55

В результате проведенных исследований почв выявлено превышение содержания цинка в Заводском районе на 151 % по сравнению с ПДК. Максимум содержания данного элемента наблюдается в Промзоне Заводского района (78,8 мг/кг). Вредность цинка заключается в депрессии показателей роста и развития растений, в угнетении физиологических процессов у животных и людей, в нарушении сердечной и репродуктивной деятельности, приводит к

воспалительным явлениям в легких и бронхах, циррозу поджелудочной железы, анемии [2].

Кроме того, в Заводском районе наблюдается превышение по содержанию свинца в почве (160 % к ПДК) (ул. Железнодорожная), а также марганца (128 % к ПДК) (ул. Железнодорожная и пер. Свободный) и железа (ул. Железнодорожная). Проанализировав полученные результаты по ул. Железнодорожной, можно сказать, что такое состояние вы-

звано географическим положением: улица расположена на пути западного переноса воздушных масс. Большое количество загрязняющих веществ Пром-

зоны стремительно продвигается на восток – в центр города.

Таблица 2

Результаты химического анализа снеговой воды

<i>Показатель</i>	<i>ПДК, мг/л</i>	<i>Андреевка</i>	<i>Заводский район</i>	<i>Кировский район</i>	<i>Ленинский район</i>	<i>Центральный район</i>	<i>Рудничный район</i>
Свинец	0,01	0,042	0,092	0,138	0,127	0,114	0,064
Кадмий	0,001	0,000	0,0183	0,0024	0,0035	0,0023	0,0025
Медь	-	0,030	0,020	0,031	0,025	0,031	0,031
Цинк	1	0,016	0,017	0,015	0,115	0,069	0,032
Хром	0,05	0,025	0,027	0,027	0,022	0,028	0,027
Никель	0,02	0,009	0,022	0,020	0,028	0,017	0,013
Ртуть	0,0005	<0,00001					

Интерес к свинцу почти исключительно связан с его токсичностью для всего живого. Избыток свинца ингибирует дыхание и подавляет процесс фотосинтеза. Вследствие этого не только снижается продуктивность растений, но и резко ухудшается качество производимой продукции. Воздействие свинца нарушает функции женской и мужской репродуктивной системы. Особенно негативно влияет свинец на здоровье детей, в организм которых он попадает уже в утробе матери. Свинец оказывает влияние на нервную систему, что приводит к снижению интеллекта; на сердечно-сосудистую систему, вызывая заболевания сердца; нарушает двигательную активность, координацию движений, слух [2]. Одним из наиболее тяжелых последствий действия неорганических соединений свинца считается его способность заменять кальций в костях и быть постоянным источником отравления в течение длительного времени. Биологический период полураспада свинца в костях – около 10 лет. Органические соединения свинца считаются ещё более токсичными, чем неорганические.

Наиболее серьезным источником загрязнения среды обитания организмов свинцом являются выхлопы автомобильных двигателей. Антидетонатор тетраметил – или тетраэтилсвинец – прибавляют к большинству бензинов, начиная с 1923 г. При движении автомобиля от 25 до 75 % этого свинца, в зависимости от условий движения, выбрасывается в атмосферу. Основная его масса осажается на землю, но и в воздухе остается заметная ее часть.

Активными источниками загрязнения свинцом являются также электростанции и бытовые печи, работающие на угле. Главным источником, из которого свинец попадает в организм человека, является пища. Наряду с этим важную роль играет вдыхаемый воздух, а у детей – и заглатываемая ими свинецсодержащая пыль и краски.

Марганец, в свою очередь, способствует утилизации CO₂ растениями, чем повышает интенсивность фотосинтеза; способствует переходу активного Fe (II) в Fe (III), что предохраняет клетку от

равления, ускоряет рост организмов. Можно предположить, что такая сложная экологическая ситуация в Заводском районе сложилась из-за расположения на его территории промышленных предприятий (КОО «Азот», ООО «Токем», ОАО «Кокс», Ново-Кемеровская ТЭЦ и др.) и основных магистралей для тяжелого транспорта.

Особого внимания требует состояние почвенного покрова в Ленинском районе. В целом по территории района выявлены достаточно высокие показатели по содержанию марганца (96 % к ПДК). В частности, на проспекте Химиков содержание марганца превышает ПДК – 202 мг/кг и хрома (97 % к ПДК). По ул. Волгоградской также превышение по хром – 7,30 мг/кг. Биологическая роль хрома в животном организме связана с его взаимодействием с инсулином в процессах углеводного обмена, с участием в структуре и функции нуклеиновых кислот и, очевидно, щитовидной железы. Наибольшую опасность для растительных и животных организмов представляет не дефицит, а избыток хрома в окружающей среде. Внешние симптомы токсичности проявляются в снижении роста и развития растений, увядании надземной части и повреждении корневой системы. При избытке хрома в растениях резко снижается содержание большинства незаменимых макро- и микроэлементов (К, Р, Fe, Mn, Cu, B). Токсичное действие выражается в изменении иммунологической реакции организма, снижении репаративных процессов в клетках, ингибировании ферментов, поражении печени [2]. Повышенное содержание тяжелых металлов на территории Ленинского района определяется наличием большого количества перегруженных транспортом автомагистралей.

Показатели химического анализа почв в Центральном районе не превышают ПДК, поэтому не ограничивают жизнедеятельности населения.

Наиболее чистым в экологическом состоянии почв оказался Рудничный район. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве на его территории было минимальным по сравнению с ос-

тальными районами города. Возможно, это связано с тем, что:

- 1) в Рудничном районе практически отсутствуют крупные промышленные предприятия;
- 2) большая часть района представлена частными застройками;
- 3) основной поток загрязненного воздуха с Промзоны не затрагивает территорию данного района.

Но в виду того, что на протяжении последних лет на территории Рудничного района увеличивается количество строительных площадок, многоэтажных зданий, а следовательно, и поток большегрузного транспорта, то можно утверждать, что нагрузка на почвенный покров будет только увеличиваться. Это только результаты анализа почвенного покрова. Что же касается снеговой воды, то здесь показатели намного однороднее. В результате химического анализа снега выявлено повсеместное превышение содержания свинца, даже в д. Андреевка, которая принята фоновым показателем (в 4,2 раза больше ПДК). Максимум наблюдается в Кировском районе (более чем в 13 раз по отношению к ПДК). Такие показатели объясняются наличием основных магистралей большегрузного транспорта.

Также отмечается превышение показателей ПДК по всем районам города по содержанию кадмия. Максимум отмечен в Заводском районе (183 % к ПДК). Следовательно, можно предположить, что значительная часть данного элемента поступает в почву из снега.

У растений при избытке кадмия отмечаются нарушения активности ферментов, процессов транс-

пирации и фиксации CO_2 , торможение фотосинтеза; ингибирование биологического восстановления NO_2 до NO ; затруднение поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания. Внешними симптомами являются задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев. На людей и животных избыток кадмия воздействует следующим образом: нарушает функции почек, ингибирование синтеза ДНК, белков и нуклеиновых кислот; снижает активность ферментов; замедляет поступление и обмен других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызвать их дефицит в организме [2].

Выделить район с наилучшими показателями по химическому анализу снеговой воды было сложнее, чем с почвой. Объясняется все тем, что показатели не так резко отличаются по районам. Это позволяет говорить о том, что снег всех районов г. Кемерово, независимо от места нахождения промышленных предприятий, а значит и атмосфера, содержит вредные выбросы. Для примера можно рассмотреть результаты анализа проб в Рудничном районе. Он практически ничем не отличается от других. Но если учесть то обстоятельство, что данная территория имеет два наименьших показателя среди других объектов исследования, то Рудничный район опять в ряду наиболее благополучных.

Расчет коэффициента концентрации химических элементов (K_c) и суммарного показателя загрязнения (Z_c) показал следующее.

Таблица 3

Уровень химического загрязнения почв

Показатель	K_c (Заводский район)	K_c (Кировский район)	K_c (Ленинский район)	K_c (Центральный район)	K_c (Рудничный район)
Свинец	4,39	1,38	1,67	1,23	0,85
Кадмий	1,45	0,84	0,61	0,51	0,53
Медь	1,48	0,77	1,30	0,77	0,55
Цинк	14,25	6,33	3,52	3,84	3,15
Хром	3,05	1,45	1,72	1,77	1,05
Никель	0,84	0,43	0,94	0,46	0,36
Марганец	19,63	3,97	14,77	9,36	0,82
Кобальт	1,25	1,07	1,01	1,04	0,85
Железо	0,40	0,16	0,32	0,12	0,23
Суммарный показатель загрязнения Z_c	38,74	8,4	17,86	11,1	0,39

Для анализа данных результатов, мы воспользовались таблицей 4.

Наиболее сложная экологическая ситуация сложилась в Заводском районе г. Кемерово ($Z_c = 38,74$), и оценивается она как опасная для жителей данного района. Следующим по опасности является Ленинский район, где суммарный показатель загрязнения Z_c равен 17,86. Район входит в категорию умеренно опасной зоны. Остальные районы города по этим двум критериям не превысили опасных пределов и

относятся к допустимой категории загрязнения почв ($Z_c < 16$).

Средний суммарный показатель химического загрязнения почв Z_c по городу Кемерово равен 15,3 и относится к допустимой категории загрязнения почв. Следует отметить, что данное значение достаточно близко к 16,0, а это уже показатель следующей категории загрязнения – умеренно опасной.

Проанализировав сложившуюся экологическую ситуацию в г. Кемерово, можно прийти к следующему заключению: г. Кемерово необходимы мероприятия по детоксикации почвенного покрова. Это возможно на основе периодического мониторинга

окружающей среды: почвы, снегового покрова, атмосферного воздуха, водных объектов и др. Известно, в природе все взаимосвязано и невозможно рассматривать живые системы и среду обитания по отдельности.

Таблица 4

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю Z_c

<i>Категория загрязнения почв</i>	<i>Величина Z_c</i>	<i>Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения</i>
Допустимая	меньше 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений.
Умеренно опасная	16 – 32	Увеличение общего уровня заболеваемости.
Опасная	32 – 128	Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы.
Чрезвычайно опасная	больше 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза при беременности, преждевременных родов).

Каковы же основные пути решения этой проблемы? Одним из ведущих мероприятий должна быть высадка растений-концентраторов. Но, к сожалению, в природе нет растений, концентрирующих все тяжелые металлы. Каждое растение аккумулирует определенные элементы. Например, одуванчик лекарственный накапливает медь, цинк, железо, свинец и марганец. Сосна интенсивно накапливает медь, кадмий и цинк. Береза, можжевельник концентрируют свинец. Береза аккумулирует еще и цинк. Большое значение в защите от токсических соединений, в том числе автомобильных выбросов, имеют лесные полосы. Подсчитано, что одно взрослое дерево за вегетационный период обезвреживает количество свинца, содержащееся в 130 л этилированного бензина. За трехъярусными зелеными кулисами лесных полос в 5 раз снижается концентрация сернистого газа и в 8 раз – диоксида азота. Это требует оценки состояния зеленых насаждений г. Кемерово и их рекультивации в случае недостаточно благополучной обстановки. К этому вопросу нужно подходить правильно.

Много и других подходов и методов решения проблемы: замена верхнего слоя почвы новым, внесение органических удобрений, которые способствовали бы дальнейшей аккумуляции и превращению загрязняющего почву химического вещества в нетоксичные для живых организмов соединения [1].

Нужно устранять саму причину, из-за которой сложилась такая сложная экологическая ситуация в г. Кемерово. Из вышесказанного можно сделать заключение: усилить мероприятия по очистке отходов и контролю природной и урбанизированной среды. Это позволит обеспечить сохранение буферных свойств почвенного покрова, биоты почвы. Учитывая, что почва – открытая, своеобразно функционирующая система, связанная с элементарными ландшафтами, биоценозами, энергетическими потоками,

а ее существование обусловлено постоянным притоком энергии от солнечной радиации и органического вещества, продуцируемого напочвенной и почвенной биотой, необходимо проводить экологический мониторинг. Он должен быть комплексным, включая оценку состояния атмосферы, гидросферы, растительного и почвенного покровов разными взаимодополняющими методами: химическим анализом, а также биотестированием и биоиндикацией.

Литература

1. Добровольский, Г. В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г. В. Добровольский. – 2006.
2. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области [Текст] / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
3. Михайлуц, А. П. Эколого-гигиенические проблемы городов с развитой химической промышленностью [Текст] / А. П. Михайлуц, В. И. Зайцев, С. В. Иванов, Б. Д. Зубицкий. – Новосибирск: ЦЭРИС, 1997. – С. 3 – 4, 16, 32 – 33.
4. Мякина, Н. Б. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв [Текст] / Н. Б. Мякина, Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 62 с.
5. Орлов, Д. С. Химическое загрязнение почв и их охрана [Текст]: словарь-справочник / Д. С. Орлов, М. С. Малинина, Г. В. Могузова и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 14 – 15, 265 – 269.
6. Экологическое состояние территории России [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / под ред. С. А. Ушакова, Я. Г. Каца. – М.: Академия, 2001. – С. 62 – 67.

Рецензент – А. В. Заушинцева, ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет».