

**ЗОНИРОВАНИЕ ФИТОГЕННЫХ ПОЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА УЧАСТКАХ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

В. И. Уфимцев, И. П. Беланов, Д. А. Бочаров

**ZONING OF PHYTOGENEOUS FIELDS OF THE COMMON PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)
TREES GROWING ON REFORESTATION SITES OF KEDROVSKY COAL MINE**

V. I. Ufimtsev, I. P. Belanov, D. A. Bocharov

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 14-04-31088 мол_а).

В статье приведены результаты исследования влияния деревьев сосны обыкновенной на прилегающее пространство в условиях отвалов вскрышных пород. Установлено существенное влияние деревьев на распределение лесной подстилки, подроста, мохового покрова и общего проективного покрытия травостоя по мере удаленности от стволов. Пространство, охваченное влиянием дерева, является его фитогенным полем. Определена трехзональная структура фитогенного поля с выделением подкроновой, прикроновой и внешней зон. Определены характерные признаки напочвенного покрова для каждой зоны. Выявлены индикаторные виды-доминанты для каждой зоны.

The paper provides the results of the research into the influence of pine forestry trees on the adjacent space in a dump of overburden rocks. Essential influence of trees on the distribution of a forest laying, subgrowth, moss cover and the general projective covering of herbage depending on remoteness from the trunk is established. The space influenced by a tree is its phytogeneus field. The three-zone structure of a phytogeneus field with allocation of under-tree, near-tree and external zones is defined. Characteristic features of the ground cover for each zone are defined. Indicator dominant species for each zone are revealed.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, отвалы, фитогенное поле, зонирование, лесная подстилка, моховой покров, подрост, травостой.

Keywords: pine forestry, dumps, phytogeneus field, zoning, forest laying, moss cover, subgrowth, herbage.

Формирование сосновых насаждений на отвалах угольной промышленности происходит под воздействием экологических условий, которые существенно отличаются от условий прилегающих естественных ландшафтов. Сосна обыкновенная – один из немногих древесных видов, безусловно, пригодных для произрастания на отвалах [2]. Сосна, будучи сильным эдификатором, по мере роста оказывает значительное влияние на ход растительной сукцессии формирующихся сообществ, преобразуя экологические условия окружающего пространства как в сомкнутых насаждениях, так и вокруг отдельных деревьев [6]. В ряде случаев это пространство принято называть фитогенным полем.

Термин «фитогенное поле» был предложен А. А. Урановым для обозначения части пространства, в пределах которой среда приобретает новые свойства под влиянием отдельного растительного организма [9, с. 251 – 254]. Особенности фитогенных полей сосны обыкновенной в естественных условиях изучены достаточно подробно [5, с. 87 – 88; 6]. Одним из важнейших свойств фитогенных полей является их дискретность, или зональность. В зависимости от характеристик напочвенного покрова, условий увлажнения и освещенности выделяется четырехзональная структура фитогенных полей, при которой две зоны (приствольная и внутренняя, зоны) находятся в пределах контура дерева, третья (переходная) занимает сравнительно неширокую область периферийной части кроны, а четвертая (внешняя) располагается за пределами растения [3, с. 135 – 140.].

По данным Е. Н. Журавлевой [4], наиболее ярко влияние фитогенных полей выражено в естественных луговых формациях, где под влиянием крон сосны, особенно старших возрастов, происходит смена типа растительности. Вследствие отрицательных реакций многих видов растений на опад сосны, ее отеняющее воздействие, происходит постепенное выпадение луговых видов и поселение лесной растительности при общем снижении числа видов. Однако подобных исследований в сосняках, произрастающих на отвалах вскрышных пород, не проводилось. Вследствие специфичности условий отвалов одни и те же процессы (подкисление субстрата, смена растительности и т. д.) могут быть интерпретированы с совершенно иной позиции. Так, изменение условий среды под влиянием деревьев сосны создает дополнительные экологические ниши для организмов, поселение которых было невозможным в исходных условиях. Формирование фитогенных полей будет способствовать увеличению пестроты экологических условий местообитаний отвалов и, в масштабе мезоландшафта, повышению биологического разнообразия. В данном аспекте изучение фитогенных полей приобретает глубокий научный и практический смысл.

Цель данной работы: определение наличия фитогенного поля у отдельностоящих деревьев сосны обыкновенной, произрастающей на отвалах угольной промышленности.

Задачи исследования:

1) определить дискретность напочвенного покрова по мере удаления от сосновых деревьев;

2) выявить отличительные признаки на различных участках фитогенного поля;

3) обосновать зонирование фитогенного поля по соответствующим признакам.

Объекты и методика

Исследования проводились на рекультивированных отвалах Кедровского угольного разреза в сосняках II класса возраста. Отвалы образованы железно-дорожным способом, с полной планировкой поверхности, без нанесения потенциально плодородного слоя. В составе горных пород преобладают частично разложившиеся песчаники на карбонатном и силикатном цементе, присутствует угольная пыль, незначительно – конгломераты и суглинки. Во фракционном составе преобладают глыбистая фракция (отдельности размером > 10 мм) – 25 – 30 % и каменистая (3 – 10 мм) – 35 – 40 %. Сумма поглощенных оснований составляет 9,0 – 24,2 мг-экв/100 г, рН нейтральная, 6,8 – 7. Обеспеченность основными элементами питания очень низкая: подвижный фосфор – 2,2 мг/кг, обменный калий – 0,95 мг/кг. Содержание общего азота составляет 0,18 %.

Фоновые растительные группировки, произрастающие на прилегающих участках отвалов – злаково-

разнотравно-бобовые луговины, имеют признаки сложных растительных группировок [7]: высокое общее проективное покрытие травостоя – 70 – 100 %, количество видов достигает 35 – 40, выделяются два подъяруса: нижний имеет высоту 35 – 40 см, верхний – 100 – 140 см и проективное покрытие 10 – 15 %. Доминируют *Dactylis glomerata* (ОПП 20 – 60 %), *Trifolium hybridum* (10 – 40 %), *Achillea millefolium* (5 – 30 %), *Melilotus officinalis* (5 – 20 %), *Leucanthemum vulgare* (до 20 %), *Medicago lupulina* (до 10 %), *Inula helenium* (до 10 %), *Galium verum* (до 10 %) и др. Рудеральные виды присутствуют единично, чаще встречаются *Cirsium setosum* (ОПП до 2 %), *Cirsium vulgare* (до 1 %) и *Elytrigia repens* (+). Признаки деградации травостоя (выпас скота, пирогенные явления и т. п.) отсутствуют.

Модельные деревья – в количестве 4 экз. – подобраны в несомкнутых древостоях на периферии лесного массива с северной, южной, западной и восточной сторон. Модели относятся ко II классу возраста (стадия жердняка) [1], имеют высокий класс бонитета (I-Ia), без признаков ослабления, механических повреждений или поражения заболеваниями, с развитой кроной от основания (таблица 1).

Таблица 1

Общая характеристика модельных деревьев

№ модели и направление трансекты	Возраст	Высота, м	Степень толщины, см	Высота прикрепления кроны, см	Радиус кроны, м
1 – Север	25	9,7	18 – 20	25	1,9
2 – Юг	23	8,0	18 – 20	20	2,5
3 – Запад	23	7,8	14 – 16	20	1,8
4 – Восток	23	9,1	12 – 14	30	1,9

От ствола каждого модельного дерева закладывалось по одной радиальной трансекте, соответственно сторонам света в сторону фоновых травянистых сообществ, длина трансект составляла 5 – 6 м. Каждая трансекта разбивалась на учетные площадки (УП) размером 30 × 30 см для более дробного учета дискретности границ фитогенного поля [8, с. 1022 – 1034]. На каждой УП регистрировались следующие показатели напочвенного покрова: видовой состав травостоя, его общее проективное покрытие (ОПП) травостоя (без учета подроста), количество подроста, его жизненное состояние, средняя высота и возраст, проективное покрытие мохового покрова и его видовой состав, мощность и вещественный состав подстилки.

Результаты

Характеристики напочвенного покрова имеют высокую вариабельность по мере удаления от стволов деревьев на всех четырех трансектах (рис. 1). У основания стволов присутствует лесная подстилка мощностью 4 – 7 см, состоящая на 100 % из соснового опада: хвои, шишек и мелких веток. Подстилка состоит из 2-слоев: опадного, составляющего 30 – 40 % мощности подстилки и состоящего из опада последних лет, совершенно не подверженного разложению, и более мощного ферментативного (60 – 70 %), бурого цвета,

подверженного частичному разложению, с сохранностью хвои до 70 % и 100 %-ной сохранностью шишек и веток, без признаков гумификации. Переход к нижележащему минеральному субстрату резкий, по вещественному составу, с большим количеством мелкозема на границе слоев.

В подкроновом пространстве состояние подстилки и ее мощность сохраняются на расстоянии 0,9 – 1,2 м от ствола, затем следует некоторое снижение мощности (на 30 – 50 %), к периферии кроны мощность подстилки резко снижается с преобладанием неразложившегося опада хвои последних лет и за пределами кроны исчезает. Исключение составляет северная трансекта, где слой подстилки мощностью 1 – 2 см выступает за пределы кроны на расстояние 0,3 – 0,5 м.

Моховой покров (ярус D) в подкроновом пространстве повсеместно отсутствует. На периферии кроны появляются вкрапления *Ceratodon purpureus*, с проективным покрытием 5 – 20 %, как правило, в местах оголения субстрата отвала от лесной подстилки. За пределами кроны проективное покрытие мохового яруса резко возрастает и сохраняется в пределах 60 – 100 % на расстоянии 1,2 – 1,8 м от края кроны. В видовом составе появляются *Bryum caespitium* и *Plagiomnium cuspidatum*. Далее площадь мохового покрова снижается до 10 – 30 %, по мере удаления от

ствола варьирует скачкообразно, на некоторых учетных площадках исчезая полностью.

Общее проективное покрытие яруса С в подкroновом пространстве минимально, от 0 до 10 %, образовано единичными экземплярами травянистых видов, на всем протяжении кроны изменяется незначительно, лишь на западной трансекте к периферии кроны возрастает до 40 %, где доминирует *Poa angustifolia*. Среднее число видов на 1 УП – 3 – 5. За пределами кроны ОПП травостоя плавно возрастает (на западной трансекте – скачкообразно) и достигает максимальных значений (60 – 100 %) на расстоянии 3,9 – 4,8 м от

ствола дерева. В видовом составе в прикroновом пространстве выделяется *Melilotus officinalis* – его встречаемость составляет 80 %, прочие виды представлены единичными экземплярами, а *Poa angustifolia* исчезает полностью. На западной трансекте высокое проективное покрытие обнаруживается почти сразу за пределами кроны. Затем встречаемость и проективного покрытие *Melilotus officinalis* существенно снижается, доминирующим видом становится *Dactylis glomerata*. Число видов на одной учетной площадке возрастает до 7 – 9, травостой становится двухъярусным.

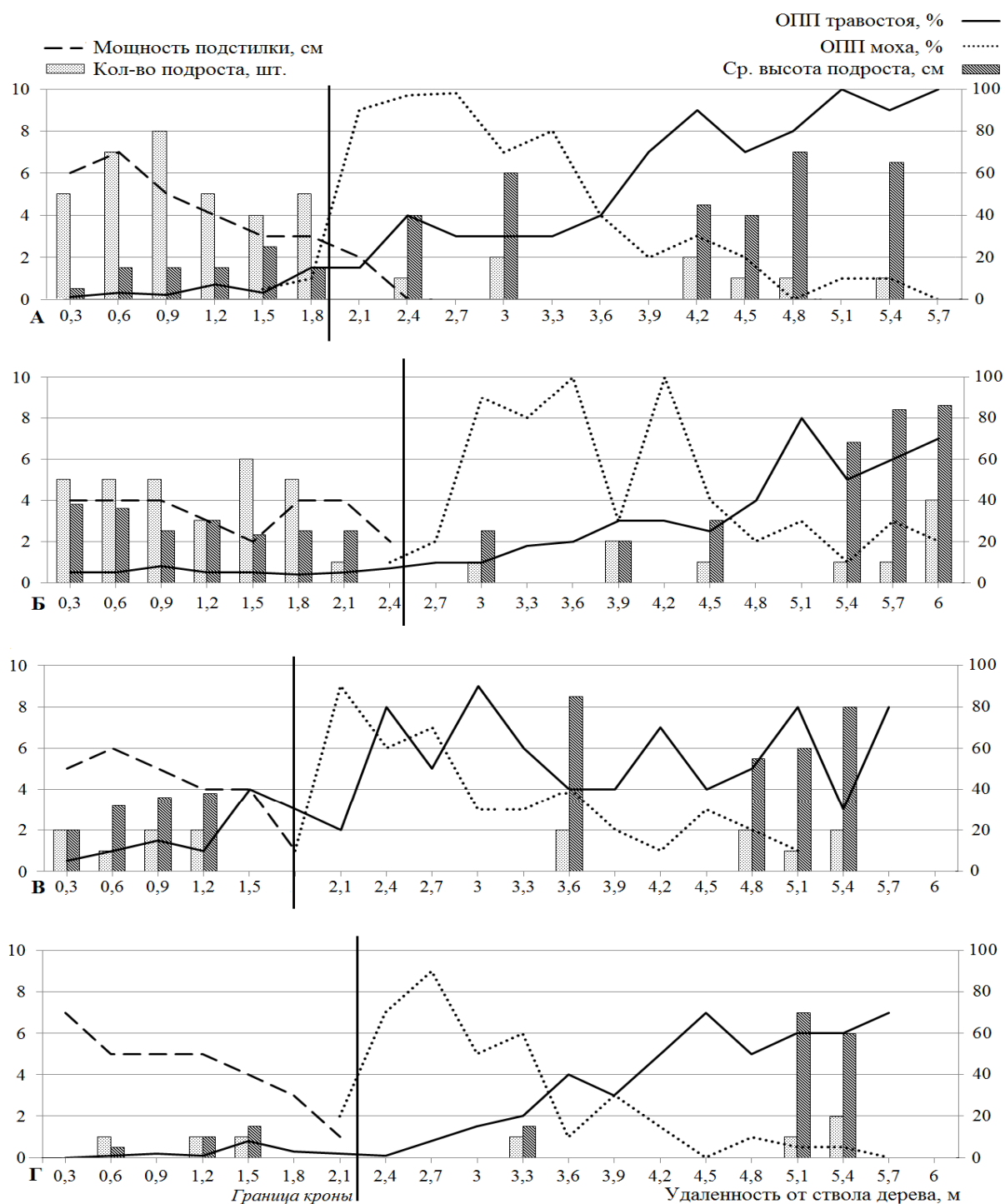


Рис. 1. Основные характеристики напочвенного покрова по трансектам: А – модель 1 (север), Б – модель 2 (юг), В – модель 3 (запад), Г – модель 4 (восток)

Подрост сосны присутствует на всех трансектах по всей их протяженности. Возраст подроста в подкроновом пространстве по числу мутовок идентифицируется слабо, во внекроновом – достаточно хорошо, в пределах ± 1 год, основная масса подроста имеет возраст 5 – 7 лет. Возобновление до 5 лет составляет не более 5 % от общего количества, сеянцы текущего года представлены единично. В подкроновом пространстве северной и южной трансект количество подроста максимально – 4 – 8 шт. и 3 – 6 шт. на 1 учетную площадку соответственно, а его встречаемость составляет 80 – 100 %. Жизненность подроста оценивается 1-й категорией состояния (сомнительный). Вне кроны количество подроста снижается, не превышая 1 – 2 шт. на 1 УП, его встречаемость в радиусе 2 – 2,5 м от границы кроны снижается до 10 – 30 %, затем возрастает до 50 – 80 %. По жизненному состоянию подрост относится ко 2-й категории (благонадежный).

На западной и восточной трансектах количество подроста на всем протяжении не превышает 1 – 2 шт. на 1 УП, а встречаемость, так же как на первых двух

трансектах, снижается до 0 – 10 % в прилегающей к границе кроны 2 – 2,5 метровой зоне, а затем снова возрастает. Средняя высота на всех трансектах минимальна в подкроновом пространстве – от 5 до 40 см, вне кроны возрастает до 55 – 84 см, причем максимальная высота отмечается на расстоянии 2,5 – 3 м от кроны.

Обсуждение

Исследуемые модельные деревья имеют выраженные признаки формирования фитогенных полей, что подтверждается различиями основных характеристик напочвенного покрова по мере удаления от стволов деревьев. Фитогенные поля имеют концентрическую трехзональную структуру, с выделением следующих зон: подкроновая, прикроновая и внешняя. Четвертая зона, приствольная, характерная для деревьев старших возрастов, не выделяется, т. к. определяющие ее признаки не выражены. Группировка учетных площадок по зонам позволяет выявить определяющие признаки для каждой из них (таблица 2).

Таблица 2

Основные признаки зон фитогенных полей и их параметры

Зона	Ориентация трансекты	Признаки ($\bar{X} \pm x$)				
		ОПП травостоя, %	мощность лесной подстилки, см	проективное покрытие мхов, %	кол-во подроста, шт./УП	средняя высота подроста, см
Подкроновая	Север	5,1 \pm 2,1	4,6 \pm 0,25	0	5,6 \pm 0,6	15,0 \pm 2,5
	Юг	5,5 \pm 0,4	3,4 \pm 0,32	0	4,3 \pm 0,6	28,8 \pm 2,2
	Запад	18 \pm 0,5	4,1 \pm 0,7	0	1,2 \pm 0,4	31,5 \pm 4,0
	Восток	2,4 \pm 0,9	4,2 \pm 0,7	0	0,5 \pm 0,2	10,2 \pm 2,8
Прикроновая	Север	36,0 \pm 6,4	0	70,1 \pm 11,3	0,4 \pm 0,2	45,0 \pm 3,0
	Юг	19,6 \pm 3,6	0	70,0 \pm 14,6	1,5 \pm 0,5	22,5 \pm 2,5
	Запад	60 \pm 12,2	0	56,1 \pm 11,6	0	0
	Восток	11,0 \pm 0,4	0	67,5 \pm 8,5	0,25 \pm 0,25	15 \pm 0
Внешняя	Север	88,3 \pm 4,7	0	8,3 \pm 3,0	0,8 \pm 0,9	55,3 \pm 7,3
	Юг	54,1 \pm 8,2	0	25,1 \pm 4,2	1,8 \pm 0,7	67,8 \pm 12,9
	Запад	53,7 \pm 7,0	0	21,4 \pm 4,0	1,1 \pm 0,3	70,2 \pm 21,6
	Восток	53,7 \pm 4,9	0	8,7 \pm 2,9	0,4 \pm 0,2	65,0 \pm 5,0

Отличительным признаком подкроновой зоны является наличие лесной подстилки мощностью 4,2 \pm 0,7 см. Общее проективное покрытие травостоя с участием *Poa angustifolia* достигает 18,0 \pm 0,5 %, без его участия – лишь 5,5 \pm 0,4 %. Мощная подстилка препятствует формированию мохового покрова, который совершенно отсутствует. Количество подроста в данной зоне максимально – до 5,6 \pm 0,6 шт./УП, однако это не является определяющим признаком данной зоны – прикроновая зона западной и восточной трансект не отличается по количеству подроста от прикроновой и внешней зон. Подрост в угнетенном состоянии, низкий, высотой от 15,25 \pm 2,5 до 31,5 \pm 4,0 см, что, очевидно, лимитируется отеняющим влиянием кроны.

В прикроновой зоне лесная подстилка сменяется моховым покровом, занимающим до $\frac{3}{4}$ площади поверхности – высокое увлажнение, связанное с пере-

распределением осадков на данную зону, способствует его развитию. Количество подроста минимальное – вероятно это связано с подавлением сеянцев выделениями мхов. Отеняющее влияние кроны снижается – оставшийся подрост способен достигать высоты 45,0 \pm 3,0 и иметь благонадежное жизненное состояние.

Внешняя зона имеет основной выраженный признак фоновых сообществ – высокое проективное покрытие травостоя (не менее 53,7 \pm 7,0 %) с двучленным ярусом. Моховой покров присутствует повсеместно, имеет проективное покрытие до 25,1 \pm 4,2 %. Подрост разреженный, как и в прикроновой зоне, с преобладанием благонадежных экземпляров высотой 70,2 \pm 21,6 см – существенно выше, чем в первых двух зонах. Отеняющее воздействие кроны в данной зоне не выражено, поэтому куртины подроста, выйдя из-под влияния травостоя, развиваются как самостоя-

тельные ювенильные насаждения, способные в будущем, совместно с материнскими деревьями, сформировать сомкнутые древостои.

Выводы

1. В прилегающем пространстве вокруг деревьев сосны обыкновенной наблюдаются существенные изменения характеристик напочвенного покрова. Пространство, для которого актуальны данные изменения, является фитогенным полем.

2. По мере удаления от стволов деревьев четко выделяются три концентрические зоны фитогенного поля: подкроновая, прикroновая и внешняя.

3. Идентификационными признаками подкroновой зоны является мощная лесная подстилка со 100 % проективным покрытием и обильный подрост сосны в составе яруса С, прикroновой – развитый моховой покров и низкая встречаемость подростa, внешней – травянистый ярус с фоновыми значениями ОПП и видового состава, спорадическая встречаемость подростa без признаков угнетения, переход подростa из яруса С в ярус В.

4. В подкroновой зоне доминантами травянистого покрова выступает *Poa angustifolia*, в прикroновой – *Melilotus officinalis*, во внешней – *Dactylis glomerata*.

Литература

1. Анучин Н. Лесная таксация. М: Лесная промышленность, 1977. 512 с.
2. Баранник Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, 1988. 89 с.
3. Горелов А. М. Особенности освещения во внутрикroновом пространстве древесных растений // Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3. С. 135 – 140.
4. Журавлева Е. Н. Влияние *Pinus sylvestris* L. на луговую растительность // Развитие геоботаники: история и современность. СПб., 2011. С. 43.
5. Крышень А. М., Хокканен Т. Фитогенное поле сосны // Тез. докл. Межд. конф. «Экология таежных лесов». Сыктывкар, 1998. С. 87 – 88.
6. Лашинский Н. Н. Структура и динамика сосновых лесов Нижнего Приангарья. Новосибирск: Наука, 1981. 272 с.
7. Манаков Ю. А., Стрельникова Т. О., Куприянов А. Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 167 с.
8. Самойлов Ю. И. Структура фитогенного поля на примере одиночных дубов *Quercus robur* (Fagaceae) // Ботанический журнал. 1983. Т. 68. № 8. С. 1022 – 1034.
9. Уранов А. А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М.-Л.: Наука, 1965. Т. 1. С. 251 – 254.

Информация об авторах:

Уфимцев Владимир Иванович – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института экологии человека СО РАН, uwy2079@gmail.com.

Vladimir I. Ufimtsev – Candidate of Biology, Research Associate at the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the RAS.

Беланов Иван Петрович – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, bel_ivan@rambler.ru.

Ivan P. Belanov – Candidate of Biology, Junior Research Associate at the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS.

Бочаров Дмитрий Александрович – студент 5 курса биологического факультета КемГУ, kem.bocharov@gmail.com.

Dmitry A. Bocharov – Student at the Faculty of Biology, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – В. И. Уфимцев).

Статья поступила в редколлегию 19.11.2014 г.