

3. Дежкин В.В., Сафонов В.Г. Биология и хозяйственное использование бобра. – М., 1966. – С. 90.
4. Панов Г.М. Кормовой фактор и структура популяции бобров бассейна реки Большой Кемчуг // Оптимальная плотность и оптимальная структура популяций животных: информ. мат-лы. – Свердловск: Изд-во Уф АН СССР, 1970. – Вып. 2. – С. 138–139.
5. Пономаренко С.Л., Смирнов М.Н. Бобр (*Castor fiber Linnaeus, 1758*) в Хакасии (ресурсы и хозяйственное использование) // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – № 5. – С. 68–78.
6. Сафронов В.Г. Опыт и теория управления ресурсами охотничьих животных на примере речного и канадского бобров: дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1995. – С. 64.
7. Сержанин И.Н. Речной бобр и его биологические особенности. – Минск: Изд-во АН БССР, 1962. – С. 39.
8. Gismeteo – прогноз погоды. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary>.

#### Literatura

1. Belyachenko A.A., Nosova N.N. Ohotа na bobra. – М.: Arbalet, 2005. – S. 20.
2. Dvornikova N.P. O letnem pitanii rechnyh bobrov Il'menskogo zapovednika // Teriologiya na Urale. – Sverdlovsk, 1981. – S. 31–33.
3. Dezhkin V.V., Safonov V.G. Biologiya i hozyajstvennoe ispol'zovanie bobra. – М., 1966. – S. 90.
4. Panov G.M. Kormovoi faktor i struktura populyacii bobrov bassejna reki Bol'shoi Kemchug // Optimal'naya plotnost' i optimal'naya struktura populyacij zhivotnyh: inform. mat-ly. – Sverdlovsk: Izd-vo Uf AN SSSR, 1970. – Vyp. 2. – S. 138–139.
5. Ponomarenko S.L., Smirnov M.N. Bobr (*Castor fiber Linnaeus, 1758*) v Hakasii (resursy i hozyaystvennoe is-pol'zovanie) // Vestn. KrasGAU. – 2006. – № 5. – S. 68–78.
6. Safronov V.G. Opyt i teoriya upravleniya resursami ohotnich'ih zhivotnyh na primere rechnogo i kanadskogo bobrov: dis. ... d-ra biol. nauk. – М., 1995. – S. 64.
7. Serzhanin I. N. Rechnoi bobr i ego biologicheskie osobennosti. – Minsk: Izd-vo AN BSSR, 1962. – S. 39.
8. Gismeteo – прогноз погоды. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary>.

УДК 631.4

Н.В. Бодикова

#### АККУМУЛЯЦИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ\*

*Взаимоотношения почвы и растительности (основные компоненты биогеоценозов) определяют биогеохимический круговорот. Значение биологических, биохимических и биогеохимических процессов отражается в учении В.Н. Вернадского о зонах природы и роли живого вещества в биосфере. В почве систематически концентрируется значительная масса солнечной энергии в виде органического вещества. В техногенных искусственных ландшафтах все компоненты находятся в начальной стадии формирования, обменные процессы в биогеоценозах замедлены в сравнении с естественными. Исследования проводились в культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), созданных на технически рекультивированных отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза. Разновозрастные культуры сосны на Восточном и Серезенском гидроотвалах, Бестранспортном отвале и старопахотных агросерых почвах имеют характерные для данного возраста высоту и диаметр, высокие запасы древесины и фитомассы, оцениваются Iа и I*

\* Исследования проводятся под руководством д-ра биол. наук, проф. кафедры почвоведения и агрохимии Л.С. Шугалей.

классом бонитета. В настоящий период основная масса углерода, азота, фосфора и калия сосредоточена в биомассе фитоценозов и почве. Основные различия между вариантами отмечены по углероду. Структура углерода органического вещества свидетельствует о замедленном разложении органических остатков в минеральной толще как инициальных, так и агросерых почв. В лесных биогеоценозах в инициальных почвах, формирующихся на отвалах, основная масса (44–52 %) углерода сосредоточена в минеральной толще, охваченной почвообразованием. В настоящий период запасы углерода в биомассе древостоев и литостратах сблизились вследствие более выраженных процессов дифференциации профиля в сравнении со старопахотными агросерыми почвами. Культуры сосны, созданные на технически рекультивированных массивах вскрыши без нанесения гумусового слоя, оказали преобразующее воздействие на известную пентаду факторов почвообразования, что усилило их развитие и сблизило с естественными лесными ландшафтами региона.

**Ключевые слова:** биогеоценоз, почвообразование, углерод, культуры сосны, биофиллы.

**N.V. Bodikova**

### **ACCUMULATION BIOGENIC ELEMENTS IN ARTIFICIAL FOREST BIOGEOCOENOSIS MAN-MADE LANDSCAPES**

*Relations between soil and vegetation (major biogeocenosis components) determine the biogeochemical cycle. The value of biological, biochemical and biogeochemical processes is reflected in the teaching of V.N. Vernadsky on the areas of nature and the role of living matter in biosphere. In soil a large mass of solar energy in the form of organic matter is systematically concentrated. In man-made landscaping all the components are in the initial stage of formation, metabolic processes in ecosystems are slower in comparison with natural. The studies were conducted in cultures of pine-trees (*Pinus sylvestris* L.), created on the technically reclaimed Nazarovsky coal mine. Uneven pine cultures in the East, Serezhensky and Bestransportny stores dumps and cultivated soils are typical for this age, height and diameter, high stocks of timber and biomass of estimated I a and class I bonitet. At present the bulk of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium are concentrated in phytocenoses biomass and soil. The main differences between the options were marked on carbon. The structure of organic carbon indicates slow decomposition of organic matter within initial and gray soils thickness. In forest biogeocenoses the initial soils were formed in the dumps, the majority (44–52 %), carbon is concentrated in the mineral thicker covered soil formation. At present the amount of carbon in the biomass of forest and litostrate becomes closer as a result of the processes of differentiation had more pronounced profile in comparison with gray cultivated soils. The cultures of pine, grown on reclaimed arrays without humus layer have a transformative impact on the well-known pentad soil-forming factors which increased their development and made them closer to the natural forest landscape of the region.*

**Key words:** biogeocoenosis, soil formation, carbon, pine cultures, Biophilia.

---

**Введение.** Почва является многокомпонентной системой и функционирует на непрерывном обмене вещества и энергии между почвой и экосистемой в целом. Взаимоотношения между почвой и растительностью, являющихся основными составляющими биогеоценозов, определяют биогеохимический круговорот. Биологическое, биохимическое и биогеохимическое значение процессов в биологическом круговороте элементов нашло отражение в учении о зонах природы, роли живого вещества в биосфере [Вернадский, 1978].

**Цель исследования:** изучение аккумуляции биогенных элементов в искусственных лесных биогеоценозах техногенных ландшафтов. В почве систематически концентрируется значительная масса в виде органического вещества солнечной энергии, созданной высшими растениями в процессе фотосинтеза. Можно предположить, что в техногенных искусственных ландшафтах все

компоненты находятся в начальной стадии и обменные процессы в них замедлены, в сравнении с естественными экосистемами.

**Методы и результаты исследования.** Исследования проводились в культурах сосны (*Pinus sylvestris* L.), созданных на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза [Шугалей, Чупрова, 2013; Бодикова, 2015]. Полевые, аналитические и камеральные работы выполнялись по принятым методикам [Аринушкина, 1970; Борцов, 2002; Карпачевский и др., 1980]. Разновозрастные культуры сосны на Восточном и Серезенском гидроотвалах, Бестранспортном отвале и старопахотных агросерых почвах имеют характерные для данного возраста высоту и диаметр, высокие запасы древесины и фитомассы, оцениваются Ia и I классом бонитета (табл. 1).

Таблица 1

### Морфотаксационная характеристика древостоев

Параметр	Восточный гидроотвал	Серезенский гидроотвал	Бестранспортный отвал	Агросерая почва
Биологический возраст, лет	45	35	31	44
Запасы древесины, м <sup>3</sup>	471	253	383	258
Фитомасса древостоя	193	103,6	117,2	86,3
Класс бонитета	Ia	I	I	I

Распределение биофилов в сосновых искусственных культурбиогенозах показывает, что в настоящий период основная масса углерода, азота, фосфора и калия сосредоточена в биомассе фитоценозов и почве. По концентрации биофилов углерода, азота, фосфора и калия в различных компонентах пробных площадей существенных различий не отмечено (табл. 2).

Основные различия по вариантам отмечены по углероду. Структура органического вещества литостратов под разновозрастными культурами сосны различна. На Восточном гидроотвале на углерод легкоминерализуемого органического вещества (ЛМОВ) приходится 52 %, углерод стабильного гумуса – 48 % общих запасов, на Серезенском гидроотвале запасы ЛМОВ снижаются до 44 %, но возрастает доля углерода стабильного гумуса – до 56 % общих запасов, на Бестранспортном отвале на углерод ЛМОВ приходится 85 %, на углерод стабильного гумуса – всего 15 %, на агросерых почвах на углерод ЛМОВ приходится 16 %, стабильного гумуса – 84 %. Качественный состав углерода свидетельствует о замедленном разложении органических остатков в минеральной толще как инициальных, так и агросерых почв [Бодикова, 2015]. В лесных биогенозах на инициальных почвах основная масса (44–52 %) углерода сосредоточена в минеральной толще хаотичной смеси, охваченной почвообразованием. В настоящий период запасы углерода в биомассе и литостратах сблизались, что является следствием более выраженных процессов дифференциации профиля. Пробная площадь культур сосны на старопахотных почвах примыкает к естественным лесным массивам и испытывает их воздействие, которое маскирует влияние сосны на почвообразование.

Существенных различий по накоплению запасов биофилов в надземной и подземной мортмассе не отмечено.

Почвообразование в техногенных ландшафтах, так же как в естественных, развивается при взаимодействии известной пентады факторов: климата, почвообразующих пород, рельефа, фитоценоза, действующих в определенных рамках времени [Шугалей, Чупрова, 2013; Бодикова, 2015].

За годы произрастания культур сосны на хаотичных смесях вскрышных и вмещающих пород сформировались примитивные инициальные почвы – литостраты [Классификация и диагностика почв..., 2004; Шугалей, Чупрова, 2013]. Как показало обследование культур сосны, в искусственных сосновых биогенозах почвообразование идет по лесному типу – сформировались органогенные хорошо развитые горизонты и слабо развитые (5–10 см) с низким содержанием углерода аккумулятивные горизонты.

Концентрация биофилов в различных компонентах биогенозов обусловлена возрастом и густотой древостоев, развитостью корневой системы, ее отпадом, количественным и качественным составом надземного опада и условиями формирования подстильно-торфяного горизонта.

Основная масса углерода органического горизонта (подстилки) представлена лабильным органическим веществом (ЛОВ). На долю ЛОВ приходится соответственно 18, 10, 6 и 15 % общих запасов ЛМОВ. Подвижные формы углерода (ПОВ) на 82, 86, 91 и 87 % извлекаются 0,1 n NaOH.

По остальным биофильным элементам различия между вариантами не существенны. Несколько более высоким содержанием N, P и K характеризуется биомасса сосны на Восточном гидроотвале, имеющая Ia класс бонитета (табл. 2).

Почвенный покров лесной зоны, сформировавшийся в естественных условиях почвообразования, характеризуется парцеллярной неоднородностью, гетерохронностью почвенных горизонтов, являющихся следствием неоднократной, но не синхронной смены лесообразовательных и почвообразовательных процессов, обусловленной различным периодом жизни леса и почвы [Леса КАТЭКа..., 1983]. Для лесных почв характерно наличие подстильно-торфяного горизонта, формирующегося в результате специфичного круговорота вещества и энергии. Профиль почв под лесом формируется под воздействием процессов гумусообразования, элювирования, иллювирувания, оглеения, оглинения. Дифференциация профиля на генетические горизонты оценивается по выраженности процессов миграции ила, химических элементов, по окраске горизонтов. На формирование генетических горизонтов большое влияние оказывают гомогенизирующие процессы: педотурбации, оглеение, вуализация, а также процессы сегрегации железа, для лесных почв также характерен полиморфизм [Карпачевский, 1981].

Таблица 2

**Запасы биофильных элементов в сосновых биогеоценозах на инициальных и агросерых почвах, т·га<sup>-1</sup>**

Компонент биогеоценоза	Химический элемент			
	С	N	P	K
Восточный гидроотвал				
Биомасса	103,60	1,82	0,25	0,83
Мортмасса надземная	10,51	0,17	0,03	0,11
Мортмасса подземная	6,28	0,10	0,02	0,06
<i>Итого</i>	119,39	2,09	0,30	1,00
Органическое вещество ТПО	95,58	0,90	0,37	1,15
<i>Всего</i>	214,97	2,99	0,67	2,15
Сереженский гидроотвал				
Биомасса	55,74	1,03	0,15	0,56
Мортмасса надземная	6,95	0,19	0,02	0,07
Мортмасса подземная	2,83	0,03	0,01	0,10
<i>Итого</i>	65,52	1,25	0,18	0,73
Органическое вещество ТПО	59,00	0,29	0,21	0,20
<i>Всего</i>	124,52	1,54	0,39	0,93
Бестранспортный отвал				
Биомасса	63,00	0,89	0,15	0,69
Мортмасса надземная	8,25	0,16	0,04	0,09
Мортмасса подземная	4,85	0,04	0,01	0,10
<i>Итого</i>	76,10	1,09	0,20	0,88
Органическое вещество ТПО	158,60	0,16	0,14	0,29
<i>Всего</i>	234,70	1,25	0,34	1,17
Агросерая почва, хр. Арга				
Биомасса	46,80	0,89	0,11	0,34
Мортмасса надземная	9,50	0,25	0,06	0,09
Мортмасса подземная	2,20	0,03	0,01	0,06
<i>Итого</i>	58,50	1,17	0,18	0,49
Органическое вещество почвы	113,30	0,25	0,21	0,92
<i>Всего</i>	171,80	1,42	0,39	1,41

Культуры сосны, созданные на технически рекультивированных массивах хаотичных смесей вскрышных пород без нанесения гумусового слоя, оказывают преобразующее воздействие на факторы почвообразования: климат, почвообразующую породу, рельеф, растительность, – взаимодействующие в определенных рамках времени. Особенностью почвообразования в техногенных ландшафтах служит развитие почвообразовательных процессов в посттехногенную фазу, осуществляется при антропогенно-трансформированных условиях рельефа, микроклимата, растительного покрова. Освоение техногенных ландшафтов лесными биогеоценозами усилило процессы преобразования искусственных ландшафтов, и их развитие постепенно сближается с естественными ландшафтами региона. За 45–30-летний период произрастания культур сосны ведущими процессами в литостратах являются синтез и аккумуляция органического вещества в субстрате, выполняющем роль почвообразующей породы.

Накопление углерода в литостратах обусловлено емкостью и интенсивностью биологического круговорота, нарастающего с увеличением возраста древостоев сосны [Бабиченко, Горбункова, 2013]. Остальные профилообразующие процессы в них не выражены, но, несомненно, проявятся позднее.

**Заключение.** На экологическое состояние культур оказывают влияние благоприятные химические, физико-химические, биохимические свойства литогенной основы.

Благоприятный водный и питательный режимы, хаотичные смеси грунтов способствуют формированию зоо- и микробоценозов и в целом биологической активности инициальных почв техногенных ландшафтов.

Взаимодействие лесообразовательных и почвообразовательных процессов продолжается и, естественно, с развитием фитоценозов, микробоценозов и педобионтов усложняется.

### Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Бабиченко Ю.В., Горбунова Ю.В.* Круговорот вещества и энергии в культурах сосны на отвалах вскрышных пород. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 196 с.
3. *Бодикова Н.В.* Азотный фонд инициальных почв на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза: дис. ... магистра с.-х. наук. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013.
4. *Борцов В.С.* Использование автоматизированной системы на основе отражательной спектроскопии в исследовании агроценозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2002. – 18 с.
5. *Вернадский В.И.* Живое вещество. – М.: Наука, 1978.
6. *Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 262 с.
7. Почвенно-биогеоценозические исследования в лесных биогеоценозах / *Л.О. Карпачевский, А.Д. Воронин, Е.А. Дмитриев* [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 160 с.
8. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 324 с.
9. Леса КАТЭКа как фактор стабилизации окружающей среды. – Красноярск: Изд-во ИЛИД, 1983. – 160 с.
10. *Шугалей Л.С., Чупрова В.В.* Почвообразование в техногенных ландшафтах лесостепи Назаровской котловины Средней Сибири // Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 287–298.

### Literatura

1. *Arinushkina E.V.* Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.
2. *Babichenko Yu.V., Gorbunova Yu.V.* Krugovorot veshchestva i ehnergii v kul'turah sosny na otvalah vskryshnyh porod. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGAU, 2013. – 196 s.
3. *Bodikova N.V.* Azotny fond inicial'nyh pochv na otvalah vskryshnyh porod Nazarovskogo ugol'nogo razreza: dis. ... magistra s.-h. nauk. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGAU, 2013.
4. *Borcov V.S.* Ispol'zovanie avtomatizirovannoi sistemy na osnove otrazhatel'noi spektroskopii v issledovanii agrocnnozov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGAU, 2002. – 18 s.
5. *Vernadskiy V.I.* Zhivoe veshchestvo. – 1978.

6. Karpachevskiy L.O. Les i lesnye pochvy. – M.: Lesnaya promyshlennost', 1981. – 262 s.
7. Pochvenno-biogeocenoticheskie issledovaniya v lesnyh biogeotsenozah / L.O. Karpachevskiy, A.D. Voronin, E.A. Dmitriev [i dr.]. – M.: Izd-vo MGU, 1980. – 160 s.
8. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. – Smolensk: Oikumena, 2004. – 324 s.
9. Lesa KATEKa kak faktor stabilizatsii okruzhayushchey sredy. – Krasnoyarsk: Izd-vo ILiD, 1983. – 160 s.
10. Shugaley L.S., Chuprova V.V. Pochvoobrazovanie v tekhnogennyh landshaftah lesostepi Nazarovskoi kotloviny Srednei Sibiri // Pochvovedenie. – 2013. – № 3. – S. 287–298.



УДК 632.122

А.С. Подлужная, С.Э. Бадмаева

### СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (ПАРКОВ И СКВЕРОВ) ПРАВОБЕРЕЖЬЯ г. КРАСНОЯРСКА

*В статье анализируется содержание тяжелых металлов (никель, медь, кадмий, хром, цинк, свинец, кобальт, железо, марганец) в почвах урбанизированных территорий парков и скверов правобережья города Красноярска. Повышенные выбросы вредных веществ в атмосферу промышленными предприятиями и возрастающий поток автомобильного движения, наложенные на неблагоприятные метеорологические условия (безветренная погода), приводят к усугублению экологической ситуации в городе. Экосистема городских территорий испытывает колоссальные нагрузки, и аккумуляция вредных веществ (тяжелых металлов) в почве и растениях превышает фоновые значения. Установлено содержание тяжелых металлов в почвах парков и скверов трех административных районов: Свердловский, Кировский и Ленинский, где расположены основные промышленные предприятия города и которые характеризуются высоким автомобильным потоком. Проведен подсчет и обследование видового состава древесной растительности и кустарников, произрастающих на территории парков и скверов. Определено количество и интенсивность прохождения транспортных средств на улицах, прилегающих к местам отдыха горожан. Почвенные образцы для исследования на содержание тяжелых металлов отбирались с верхних горизонтов почвы с самых распространенных мест отдыха жителей правобережья г. Красноярска.*

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, урбанизированные почвы, парки, скверы, правобережье г. Красноярска.*

A.S. Podluzhnaya, S.E. Badmaeva

### HEAVY METALS AVAILABILITY IN SOILS OF URBAN TERRITORIES COMMON AREAS (PARKS AND SQUARES) ON THE RIGHT BANK OF KRASNOYARSK

*The article analyzes the availability of heavy metals (nickel, copper, cadmium, chromium, zinc, lead, cobalt, iron, manganese) in the soils of urban territories in the parks and squares on the right bank of Krasnoyarsk. Increased emissions of harmful substances into the atmosphere by industrial enterprises and the increasing flow of traffic imposed by the adverse weather conditions (no wind) exacerbate the ecological situation in the city. The ecosystem of urban areas experiences tremendous stress and accumulation of harmful substances (heavy metals) in soil and plants exceeds the background values. The content of heavy metals in soils of parks and gardens of three administrative regions was set for Sverdlovsk, Kirov and Lenin regions, where the main industrial enterprises of the city are concentrated and which are also characterized by high vehicular flow. The quantity and survey of the species composition of woody vegetation and shrubs growing in the parks and squares were examined. The number and intensity of passing*