

На правах рукописи

БОЛОНЕВА Мария Владимировна

**ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В АВТОМОРФНЫХ ЛЕСНЫХ
ЛАНДШАФТАХ ПРИДЕЛЬТОВОЙ ЧАСТИ
р. СЕЛЕНГИ**

03.00.27 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан-Удэ
2006

Работа выполнена в лаборатории экологии и географии почв
Института общей и экспериментальной биологии СО РАН

Научный руководитель: член корреспондент РАН,
профессор
В.М. Корсунов

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Н.Б. Бадмаев

кандидат биологических наук
Ч.Ц. Митупов

Ведущая организация: ГНУ «Бурятский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства СО
РАСХН»

Защита состоится « 26 » декабря 2006г. в 10 час. на заседании диссертационного Совета Д.003.028.01 в Институте общей и экспериментальной биологии Сибирского Отделения РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; факс (3012) 433034; <http://igaeb.bol.ru>;
e-mail: ioeb@bsc.buryatia.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского научного центра СО РАН.

Автореферат разослан « 24 » ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук

В.И. Убугунова

Введение

Актуальность работы. Леса играют важнейшую роль в сохранении экологического равновесия в бассейне оз. Байкал. Они занимают более 70 % всей площади водосборного бассейна и выполняют важнейшие водоохранные и водорегулирующие функции. Особенно велика в этом плане роль лесов прибрежной полосы, которые являются замыкающим звеном в цепи формирования вод, поступающих с прилегающих горных хребтов, значимость которых возрастает на придельтовых территориях. Почвам отводится определяющее место в становлении гидрологического режима территории и химического состава поверхностных вод. В связи с этим, лесные биогеоценозы и, в частности их почвенная составляющая, требует внимательного изучения и постоянного мониторинга. Тем не менее, до сих пор остается дискуссионным классификационное положение почв лесостепной зоны Прибайкалья. Так, ряд авторов (Уфимцева, 1960; Ногина, 1964; Линник, 1974) указывают, что почвы травянистых лесов относятся к типичным серым лесным почвам, сопоставимым с таковыми других регионов России. Иной точки зрения придерживается Ц.Х. Цыбжитов (1971), предложивший оригинальную классификацию почв Байкальского региона. А.Б. Гынинова (2006), относит почвы лесов к серым лесным, но подчеркивает, что их классификационное положение требует уточнения. Вследствие этого, исследования генетических особенностей почв лесостепи Прибайкалья и определения их места в классификации почв является актуальной научной задачей.

Цель работы – определить особенности почвообразования в автоморфных лесных ландшафтах придельтовой части р. Селенги.

Для достижения целей были определены следующие **задачи**:

1. Дать комплексную оценку условиям почвообразования в автоморфных лесных ландшафтах придельтовой части р. Селенги.
2. Изучить основные свойства дерново-подбуров, серых и темно-серых почв (морфологические, физико-химические и химические), валовой химический состав илистой фракции, дать оценку биологической активности почв.
3. Установить особенности биологического кругооборота основных макроэлементов в биогеоценозах.
4. Определить запасы, структуру и химический состав подстилок, в зависимости от видового состава растительности биогеоценозов, их продуктивности и химизма.
4. Выявить изменения основных свойств биогеоценозов в связи с антропогенным преобразованием.

Научная новизна: Впервые комплексно охарактеризованы лесные биогеоценозы автоморфных ландшафтов придельтовой части р. Селенги,

сформированных на дерново-подбурах, серых и темно-серых почвах. Изучена трансформация растительного материала надземной, наземной и подземной фитомассы. Дана оценка изменений функционирования антропогенно-преобразованных биогеоценозов.

Защищаемые положения:

1. Особенности условий почвообразования, интенсивности и объема биологического кругооборота способствуют формированию почвенных профилей различной дифференциации по морфологическим, физико-химическим и химическим свойствам.
3. Антропогенно-преобразованные почвы характеризуются снижением плодородия, уменьшением численности и изменением структуры микробиоценоза, понижением биопродуктивности сообществ.

Практическая значимость работы. Полученный научный и научно-практический материал является основой для экологической и биоресурсной оценки лесных сообществ лесостепной зоны Прибайкалья. Результаты проведенных исследований по изучению свойств залежных почв могут быть использованы как основа для дальнейшего мониторинга антропогенно-преобразованных ландшафтов и служить научной базой для проведения восстановительных работ.

Апробация работы. Результаты исследований, представленные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на: 9-ой Международной Пушкинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2005); Всероссийской конференции «Природная и антропогенная динамика наземных экосистем» (Иркутск, 2005); 5-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Научный и инновационный потенциал Бурятии глазами молодежи» (Улан-Удэ, 2005); Международной конференции «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2005); Международной научно-практической конференции «Почвы как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» (Иркутск, 2006); Всероссийской конференции с международным участием «Биоразнообразии экосистем внутренней Азии» (Улан-Удэ, 2006).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных работ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 151 странице машинописного текста и содержит введение, 6 глав, выводы, список литературы (220 наименований, в том числе 19 на иностранном языке), 23 таблицы и 35 рисунков.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является обобщением личных материалов, собранных в результате полевых и камеральных исследований в течение 2003-2006 гг. Экспериментальные и аналитиче-

ские работы по теме диссертации проводились автором в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН.

Автор выражает глубокую признательность и приносит искреннюю благодарность научному руководителю чл.-корр. РАН, проф. В.М. Корсуну за многостороннюю помощь, консультации и критические замечания при подготовке диссертационной работы.

Автор благодарен д-ру биол. наук, проф. Н.Д. Сорокину и канд. биол. наук Э.О. Макушкину за организацию совместных научно-практических и полевых исследований, коллективу лаборатории экологии и географии почв и сотрудникам аналитической группы, в особенности ведущему инженеру Н.И. Эмеевой, за помощь и практические советы при проведении исследований.

Глава 1. Современное состояние изученности почвообразования в лесостепной зоне Прибайкалья

Рассмотрены основные закономерности формирования профилей лесных почв и история развития лесного почвоведения (Коржинский, 1887; Роде, 1931, 1984; Фридланд, 1957, 1958; Герасимов, 1959, 1963, 1975; Пономарева, 1964; Дюшофур, 1970; Морозов, 1971; Трофимов, 1971; Карпачевский, 1981, 2005; Ремезов, 1989 и др.). Охарактеризовано место дерново-подбуров, серых и темно-серых почв в Классификации почв России (2004) и соответствие его с более ранними классификациями (1977, 1997). Подробно раскрывается дискуссия, возникшая при определении классификационного положения почв травянистых лесов Бурятии (Прасолов, 1927; Макеев, 1959; Уфимцева, 1960; Важенин и др., 1960; Ногина, 1964; Цыбжитов, 1971, 2000; Ишигенов, 1972; Линник, 1974, 1978; Абашеева и др., 1983; Чимитдоржиева, 1989, 1990; Абашеева, 1991; Гынинова, 2006).

Глава 2. Природно-климатические условия почвообразования

В главе приводится характеристика основных факторов почвообразования в лесостепной зоне Прибайкалья: рельеф, геологическое строение, климат и растительность.

Глава 3. Объекты и методы исследований

Исследования проводились в автоморфных лесных ландшафтах придельтовой части р. Селенги, располагающихся в пределах Кабанского района республики Бурятия в течение 2003-2006 гг.

Объектами исследований послужили дерново-подбуры, серые и темно-серые почвы (Классификация..., 2004), а также серые почвы различных агроландшафтов (залежи и пастбища).

При исследовании использовались общепринятые геоботанические (Полевая геоботаника, 1972), почвенно-агрохимические (Аринушкина, 1970; Агрохимические..., 1975) и микробиологические (Методы почвенной..., 1991; Лысак, 2003; Berge's..., 1994) методы.

Глава 4. Характеристика лесных почв

Серые оподзоленные почвы формируются под смешанными (сосново-березовыми) лесами и характеризуются следующей системой горизонтов O–AY–AEL–BT₁–BT₂–C–C', в их профиле четко выделяется осветленный горизонт (AEL). *Темно-серые почвы* развиваются под мелколиственными лесами (осиново-березовыми). В морфологическом строении этих почв выделяются горизонты: O–AU–AUe–BT₁–BT₂–C–C', отличительной чертой является более мощный темно-гумусовый горизонт (AU), несколько осветленный в нижней части (AUe). *Дерново-подбурья иллювиально-железистые* развиваются под ксерофитно-низкотравными сосняками. Профиль их сложен горизонтами O–AY–BF₁–BF₂–C–C': серогумусовый горизонт сменяется иллювиальной толщей, которая постепенно переходит в почвообразующую породу.

Гранулометрический состав *серых оподзоленных почв* – связный песок (рис.1). В этих почвах преобладают фракции мелкого песка: 48,2-82,9% и крупной пыли: 10,5-42,6%. В текстурном горизонте гранулометрический состав утяжеляется, в основном за счет увеличения количества мелкой пыли (содержание физической глины 15,6%), что может быть связано как с иллювиацией, так и с процессом оподзоливания. *Темно-серые почвы* характеризуются супесчаным составом с преобладанием фракции крупной пыли: 32,4-59,3%. В гранулометрическом составе *дерново-подбурья иллювиально-железистых* преобладают песчаные фракции: мелкий песок – 67,7-85,9% и крупный – 9,9-15,7%.

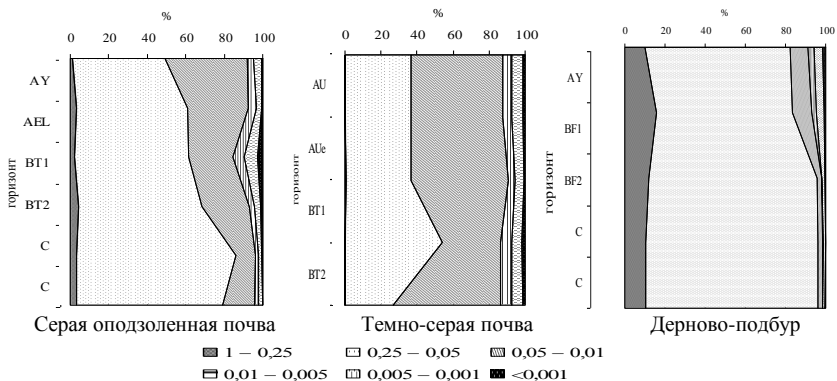


Рис.1. Гранулометрический состав лесных почв

Доминирование в гранулометрическом составе крупных фракций обуславливает низкую структурность почв и неудовлетворительную водопрочность агрегатов. Из-за более легкого гранулометрического состава и меньшего содержания корней и органического вещества дерново-подбуры менее агрегированы. Коэффициент структурности *дерново-подбуров иллювиально-железистых* равен 0,4-0,8, *серых оподзоленных* – 0,6-1,0 и *темно-серых* – 1,0-1,8.

Довольно равномерное распределение гранулометрического состава по профилю почв и низкое содержание органического вещества определяют незначительную вариабельность физических параметров: удельная масса составляет 2,4-2,8 г/м³, объемная – 1,2-1,6 г/м³. Уменьшение объемной массы отмечается лишь в поверхностных горизонтах *серых оподзоленных* и *темно-серых* почв: до 0,3 и 0,6 г/м³, соответственно.

Для *серых оподзоленных* почв отмечена слабокислая реакция среды в верхней части профиля, в нижней – реакция приближается к нейтральной (табл. 1). Потенциальная кислотность составляет 4,0-4,9 мг-экв/100 г; гидролитическая – 4,6-0,8 мг-экв/100 г. В поглощающем комплексе присутствуют ионы водорода и алюминия. Сумма обменных оснований невысокая и зависит от легкого гранулометрического состава исследуемых почв. Среди обменных катионов преобладает кальций: отношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ равно 4,7. Содержание гумуса в серогумусовом горизонте ниже среднего, соответственно небольшому количеству органического вещества, низки и показатели концентрации общего азота. В верхней части профиля отмечено повышенное содержание обменного калия и очень низкое – подвижного фосфора.

Для *темно-серых* почв характерна слабокислая реакция среды и незначительное ее изменение по профилю (табл. 1). Потенциальная кислотность составляет 4,4-4,9 мг-экв/100 г, гидролитическая – 5,7-1,5 мг-экв/100 г. В поглощающем комплексе почв, кроме щелочно-земельных элементов, среди которых преобладает кальций ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} = 4,7$), обнаружены ионы водорода и алюминия. Содержание гумуса в темногумусовом горизонте среднее, обменного калия – высокое, фосфора – повышенное.

Реакция среды серогумусового горизонта *дерново-подбуров иллювиально-железистых* слабо кислая, в нижней части профиля становится близкой к нейтральной (табл. 1). Потенциальная кислотность составляет 4,4-4,9 мг-экв/100 г, гидролитическая – 2,9-0,6 мг-экв/100 г. Почвы характеризуются низкими показателями содержания основных питательных элементов: количество гумуса в этих почвах очень малое, подвижного фосфора и калия – низкое, кальция и магния – очень низкое. Соотношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ составляет 1,5. Концентрация оксалат-растворимого железа максимально в горизонте ВF₁.

В целом, физико-химические свойства улучшаются в ряду почв дерново-подбуры – серые оподзоленные – темно-серые. Это проявляется в снижении (нейтрализации) актуальной и потенциальной кислотности, уменьшении обменной кислотности. С другой стороны в почвах этого ряда увеличивается содержание гумуса, азота, обменных катионов кальция и магния, подвижных форм калия и фосфора.

Распределение большинства элементов по профилю лесных почв носит регрессивно-аккумулятивный характер, который обусловлен биогенной аккумуляцией в верхнем корнеобитаемом слое и дифференциацией профиля по содержанию физической глины. В *серых оподзоленных* почвах отмечается элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, что является характерной чертой для выделения этого типа.

По результатам валового химического состава лесные почвы обогащены кремнеземом, что связано с формированием их на песчаных отложениях (табл. 2). Его доля увеличивается от темно-серых – серых оподзоленных – к дерново-подбурам иллювиально-железистым, что совпадает с облегчением гранулометрического состава в этом ряду. Доля глинозема в сравниваемых почвах остается на одном уровне. Количество остальных элементов (Fe_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , SO_3 , MnO , TiO_2) в дерново-подбуре иллювиально-железистом закономерно меньше, по сравнению с их количеством в серой оподзоленной и темно-серой почве. Различна картина дифференциации профиля лесных почв по валовому составу и соотношениям кремния к полутормым оксидам.

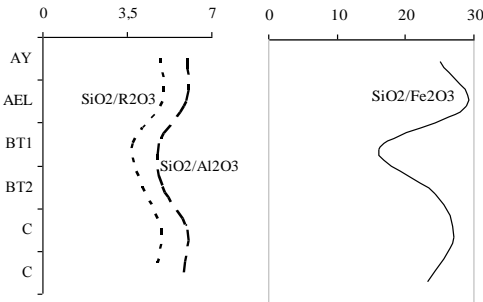


Рис. 2 Соотношение кремнезема к полутормым оксидам в профиле серых оподзоленных почв мусово-элювиального горизонта и накопление их в текстурном (рис.2).

Общей чертой изменения валового химического состава илистой фракции по сравнению с почвами является закономерное уменьшение SiO_2 , K_2O и Na_2O с соответствующим увеличением Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , P_2O_5 , SO_3 и TiO_2 (рис.3).

В *серых оподзоленных* почвах она более выражена и сопряжена с элювиально-иллювиальным характером почвенной толщи и протеканием в ней процесса оподзоливания: максимальные значения отношений характерны для горизонта AEL, в горизонте BT_1 они уменьшаются что является свидетельством

выноса полутормых оксидов из гумусово-элювиального горизонта и

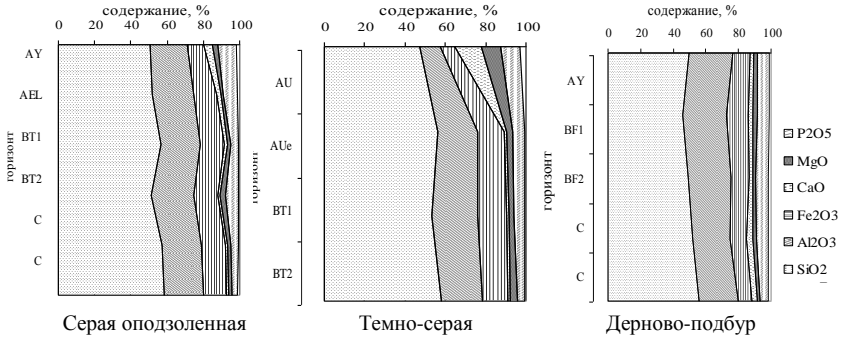


Рис. 3. Валовой химический состав илистой фракции лесных почв

Дифференциация профиля по валовому химическому составу илистой фракции указывает на возможные различия в минералогическом составе илов в почвенной толще, что может быть объяснено различными темпами и характером почвообразовательного процесса, который в верхней части профиля под действием биотического фактора протекает активнее. *Серые оподзоленные* почвы характеризуются большей дифференциацией профиля по валовому химическому составу илистой фракции, чем *темно-серые* и *дерново-подбур* иллювиально-железистые. В целом, илистая фракция трех типов почв имеет близкий химический состав, в отличие от валового состава каждого типа почв.

Поступление растительных остатков с высоким содержанием целлюлозо-лигнинного комплекса, низкая микробиологическая активность и жесткий гидротермический режим почв обуславливают специфику гумусного состояния исследованных почв.

В связи с низким содержанием и резким уменьшением гумуса с глубиной, в *серых оподзоленных* почвах невелики и его запасы: в слое 0-50 см они составляют всего 43,5 т/га. Обогащенность гумуса азотом серогумусового горизонта очень низкая. Тип гумуса гуматно-фульватный (табл. 3). При переходе к гумусово-элювиальному горизонту отношение углерода гуминовых кислот к таковому фульвокислот становится меньше, гумус приобретает фульватный характер. При этом вниз по профилю увеличивается доля негидролизуемого остатка. Степень гумификации при переходе к нижележащему слою. Среди гуминовых кислот доминируют фракции ГК-1. Их доля средняя и достигает 53,9% от суммы фракций ГК. Количество ГК-2 низкое (26,4% от суммы фракций ГК), ГК-3 – высокое (32,0% от суммы фракций ГК), ФК-1а – среднее. Соотношение фракций фульвокислот в серогумусовом горизонте соответствует таковому фракций гуминовых кислот. Здесь доминируют свободные формы, им уступают

фракции, прочно связанные с минеральной частью, и меньше всего содержится фульвокислот, связанных с кальцием. В горизонте AEL картина несколько изменяется: больший удельный вес приобретают фульвокислоты, связанные с кальцием, меньший – прочно связанные с минеральной частью.

Таблица 3

Фракционный состав гумуса лесных почв лесостепной зоны

Горизонт	C _{общ.}	C _{ГК}				C _{ФК}					C _{ГК} / C _{ФК}	C _{ГК+} / C _{ФК}	НО
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ			
Серая оподзоленная почва													
AУ	3,0	12,9	6,3	7,7	23,9	4,1	16,4	0,8	8,3	29,6	0,81	53,5	46,5
AEL	0,5	7,0	3,0	3,0	13,0	7,0	2,4	9,2	5,0	23,6	0,55	36,6	63,4
Темно-серая почва													
AУ	4,1	20,7	3,4	14,3	38,4	3,6	18,9	1,1	4,2	27,8	1,38	66,2	33,8
AУе	0,8	10,9	4,9	9,8	25,6	9,4	15,1	6,2	3,6	34,3	0,75	59,9	40,1
Дерново-подбур иллювиально-железистый													
AУ	0,5	6,0	4,2	4,8	15,0	9,0	6,4	10,8	4,6	30,8	0,49	45,8	54,2

Запасы гумуса *темно-серых* почв в слое 0-50 см составляют 67,2 т/га. Гумус средне обогащен азотом. Степень гумификации органического вещества средняя или высокая (табл. 3). Во фракционном составе гумуса темногумусового горизонта преобладают гуминовые кислоты – тип гумуса фульватно-гуматный, что является диагностическим признаком для выделения этого генетического горизонта. В группе гуминовых кислот доминируют фракции ГК-1: их доля средняя и достигает 41,6% от суммы фракций ГК. Количество ГК-2 крайне низкое (8,9 % от суммы фракций ГК), ГК-3 – высокое (37,2 % от суммы фракций ГК), ФК-1а – низкое. Картина распределений углерода фульвокислот по фракциям в темногумусовом горизонте сопоставима с таковой для гуминовых кислот.

Очень малое содержание гумуса в верхнем органогенном горизонте *дерново-подбуров иллювиально-железистых* и резко убывающее распределение по профилю, обуславливают его низкие запасы: в слое 0-50 см 36,1 т/га. Тип гумуса очень фульватный (табл. 3). Больше половины гумусовых веществ составляет нерастворимый остаток. Обогащенность гумуса азотом очень низкая (C/N=16,6). Степень гумификации органического вещества слабая. При этом доля ГК-1 (40 % от суммы фракций ГК) и ГК-2 (28 % от суммы фракций ГК) низкая. Содержание ГК-3 достигает 32 % от суммы фракций ГК и характеризуется как высокое. Основное количество фульвокислот исследуемых почв приходится на фракции 1а и 2. Меньше представлены фульвакислоты 1 и 3 фракции.

Целлюлозолитическая активность в *дерново-подбурах* и *серых оподзоленных* почвах низкая: степень разложения полотен за вегетационный сезон составила 25% и 29%, соответственно. В *темно-серой* почве полотна разложились на 44%, что соответствует средней микробиологи-

ческой активности. Активный микробиологический слой затрагивает подстилку (O), серогумусовый (AY) и гумусово-элювиальный (AEL) горизонты и составляет 0-20 см.

Распределение основных групп микроорганизмов в активном слое серых оподзоленных почв неравномерное: максимальное количество бактерий и грибов сосредоточено в серогумусовом горизонте (рис. 4).

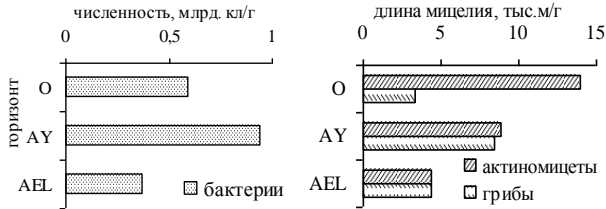


Рис. 4. Численность бактерий и длина мицелия актиномицетов и грибов в серой оподзоленной почве

При посеве на питательные среды вырисовывается несколько иная картина: дифференциация профиля носит аккумулятивно-регрессивный характер, с резким уменьшением численности всех групп микроорганизмов в гумусово-элювиальном горизонте, что указывает на протекание элювиального процесса (табл.4).

Коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА) не уступают таковым для серой лесной почвы Европейской части России (Мишустин, 1975). Коэффициент олиготрофности (ПА/МПА) значительно увеличивается ниже глубины 10 см, что свидетельствует об уменьшении трофности этого горизонта и коррелирует с распределением питательных элементов по профилю.

Таблица 4

Численность и соотношение эколого-торфических групп микроорганизмов в серых целинных и залежных почвах

Горизонт (глубина, см)	Рост на МПА*	Рост на КАА*	Рост на СА*	Рост на ПА*	Рост на ГПД*	Рост на Эшби*	Clostridium pasteurianum	КАА/МПА	Эшби/МПА	ПА/МПА
Серая целинная почва										
O (0-3)	8506	11436	71	9120	11340	8047	10 ²	1,3	0,9	1,1
O (3-5)	4830	5210	47	7870	6480	5044	10 ³	1,6	1,1	1,6
AY (5-11)	775	797	34	1025	1957	946	10 ³	1,1	1,2	1,3
AEL (11-20)	130	180	14	767	434	170	10 ²	1,5	1,3	5,9
Серая залежная почва										
P (0-5)	5320	6770	16	6170	7870	4137	10 ³	1,3	0,8	1,2
P (5-10)	1230	2130	21	1760	2130	1084	10 ³	1,7	0,9	1,4
P (10-20)	760	974	10	914	1060	664	10 ²	1,3	0,9	1,2

*колоние-образующие единицы, тыс. /г почвы

В *серых оподзоленных* почвах встречаются грибы из родов *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Dematium*, *Fusarium*. Среди прокариотов преобладают *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Aeromonas*, *Agrobacterium*, *Mycobacterium*, *Cytophaga*, *Bacillus*. Бактерии этих родов способны, благодаря особой стратегии и экономному метаболизму, выживать в экстремальных условиях (Alexander, 1961; Cacciari, Lippi, 1986).

Глава 5. Биопродуктивность лесных сообществ

Одной из важнейших экологических функций почв является ее способность обеспечивать растения всеми необходимыми им условиями: водой, минеральными и органическими питательными элементами, теплом. Отражением естественного плодородия почв является состояние растительного покрова – флористическое разнообразие сообществ, продуктивность и химический состав фитомассы. Исследуемые почвы, имея различные водно-физические и физико-химические характеристики, отличаются между собой и по плодородию. Этот показатель закономерно изменяется в ряде дерново-подбуры – серые – темно-серые почвы.

На исследуемых нами почвах формируются различные типы растительных сообществ. *Сосняки ксерофитно-низкотравные* (IV класса бонитета) произрастают на легких хорошо дренированных почвах – дерново-подбурах. Древостой однородный (10 С), одноярусный, группово-разновозрастной. Возраст *Pinus sylvestris* от 30-40 до 220 лет, высота в среднем 20 м, сомкнутость 0,3-0,4. Подлесок сформирован подростом сосны, в просветах встречается низкорослый (30-40 см) *Rosa acicularis*. Травяно-кустарничковый ярус сильно разрежен, проективное покрытие 10-15 %, высота до 20 см. В напочвенном покрове также встречается ювенильные особи *Pinus sylvestris*. Моховой покров развит мозаично (15-20 %). *Сосново-березовый разнотравный лес* развивается на серой песчаной почве и имеет следующие характеристики: бС4Б, ед.О, древостой III-IV кл бонитета, возраст *Pinus sylvestris* от 30-40 до 220 лет, высота ствола сосны в среднем – 18 м, сомкнутость крон 0,3. В подлеске обилён *Rhododendron dauricum* (высота до 1 м). В напочвенном покрове преобладают бореальные виды (проективное покрытие 70-80 %), среди них *Maianthemum bifolium*, *Vaccinium vitis-idaea*, что в целом характерно для сосновых лесов Забайкалья (Намзалов и др., 1997). Моховой покров развит слабо (5 %), в основном у стволов березы и осины. *Осиново-березовый разнотравный лес* V класса бонитета, 7ОЗБ, сомкнутость крон 0,4 развивается на супесчаной темно-серой почве. Высота *Populus tremula* достигает 17-18 м, *Betula Pendula* 15-16 м. Подрост высотой от 1,5-2 до 5-7 м представлен этими же видами, распространен неравномерно, куртинами. В подлеске доминирует *Rhododendron dauricum* высотой 1,3 м. Проективное покрытие

травяно-кустарничкового яруса 90-100 %. Превалируют здесь *Rubus saxatillis*, *Pulsatilla flavescens*, различные лесные злаки. Высота этого яруса достигает 50-70 см. Моховой покров не развит.

Продуктивность растительных сообществ является производной функцией почвенно-экологических условий и служит важным показателем в познании природы функционирования конкретных экосистем. Нами установлено, что общие запасы органического вещества в разных типах леса неодинаково (рис. 5). Близкие запасы подстилки и подземной фитомассы отмечаются в разнотравных лесах.

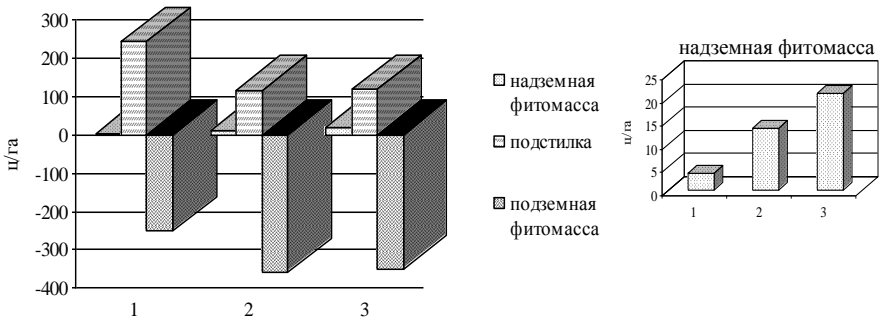


Рис. 5. Надземная и подземной фитомасса травяно-кустарничкового яруса и запасы подстилки в 1 – сосновом, 2 – сосново-березовом и 3 – осиново-березовом лесах.

Так, масса подстилки составляет 119,1 и 117,5 ц/га, подземная биомасса (слоя 0-20 см) – 359,5 и 351,3 ц/га в *сосново-березовом* и *осиново-березовом* лесах соответственно. *Сосняки* отличаются более мощной подстилкой, ее масса достигает 244,0 ц/га. Запасы корней здесь, напротив, уменьшаются до 251,6 ц/га, что можно объяснить уменьшением травянистой растительности под пологом соснового леса.

Продуктивность надземной части травянистой растительности *сосновых* лесов минимальна, среди исследуемых (рис. 5). Вес травянистой растительности под пологом *сосново-березового* леса возрастает почти в четыре раза. Максимальные значения продуктивности травостоя отмечены в *осиново-березовых* лесах.

Для травянистой растительности лесов характерен азотно-кальциевый тип химизма (табл. 5). Ряды концентраций зольных элементов для *сосново-березового* и *осиново-березового* лесов идентичны. В надземной фитомассе – это $N > Ca > K > Mg > P$, в подземной – $N > Ca > Mg > P > K$. Содержание органического углерода в надземной фитомассе травянистой растительности в разных типах леса изменяются незначительно.

Таблица 5

Содержание основных элементов в травянистых растениях и подстилках лесов, %

Фито-масса	Золь-ность	С	N	P	K	Ca	Mg
Сосновый лес							
Надземная	9,2	35,5	1,9	0,3	0,5	1,4	0,3
Подстилка	19,2	32,0	1,6	0,2	0,1	0,7	0,2
Подземная	39,3	25,0	1,0	0,2	0,1	0,6	0,2
Сосново-березовый лес							
Надземная	7,7	36,4	2,1	0,3	0,6	0,7	0,3
Подстилка	10,1	37,9	1,6	0,2	0,4	1,0	0,3
Подземная	12,6	36,0	1,2	0,2	0,1	0,4	0,4
Осиново-березовый лес							
Надземная	10,6	34,9	2,3	0,4	1,0	0,9	0,5
Подстилка	19,3	32,4	1,9	0,3	0,2	2,0	0,5
Подземная	18,8	30,6	1,5	0,3	0,2	1,0	0,7

Уменьшение концентрации элементов в подземной фитомассе свидетельствует о низком их содержании в почве, и отражает распределительную роль корней (табл. 6). Коэффициент распределения для каждого

Таблица 6 из элементов уменьшает-

Коэффициент распределения основных элементов для травянистой растительности лесов.

Сообщество	N	P	K	Ca	Mg
Сосновое	1,9	1,2	6,0	2,2	1,4
Сосново-березовое	1,7	0,8	6,8	1,7	0,7
Осиново-березовое	1,6	0,8	5,3	0,8	0,7

ся в ряду от *соснового* сообщества к *осиново-березовому*. Такая тенденция подтверждает увеличение плодородия почв в этом ряду.

Обладая низкими показателями продуктивности фитомассы и ее бедным химическим составом, *сосновый* лес имеет низкие запасы углерода, азота и зольных элементов (табл. 7). *Сосново-березовые* леса вовлекают большее количество основных элементов в круговорот. Для *осиново-березовых* лесов показатели запасов С, N, P, K, Ca и Mg максимальны.

Таблица 7

Запасы углерода, азота и зольных элементов, в фитомассе травянистой растительности лесов, г/м²

Фитомасса	С	N	P	K	Ca	Mg
Сосновый лес						
Надземная	12,5	0,7	0,1	0,2	0,5	0,1
Подземная	627,0	24,8	5,5	2,3	16,1	4,8
Сосново-березовый лес						
Надземная	48,1	2,8	0,3	0,8	1,0	0,4
Подземная	1294,3	42,8	6,5	5,0	15,5	15,8
Осиново-березовый лес						
Надземная	72,7	4,7	0,8	2,0	1,8	1,1
Подземная	1075,6	50,9	11,2	7,7	36,5	25,6

Сосновые, сосново-березовые и осиново-березовые леса различаются не только по общему запасу подстилки, как показано выше, но и по ее структуре (рис.6). Подстилка *соснового* леса формируется, главным образом, ферментированными растительными остатками. Такая структура подстилки соснового леса объясняется тем, что разложение хвои происходит крайне медленно и различно в разных слоях подстилки. По данным Д.Ф. Соколова (1962), хвоинки более длительное время (до 7-8 лет) задерживаются в горизонте АОФ, а наименьшее – в АОЛ. Большая устойчивость хвойного древесного опада, по сравнению с травянистым, связана и с высокой концентрацией в нем лигнина, который тормозит разрушение целлюлозы (Александрова, 1980; Rege, 1935), и со значительным содержанием метоксильных групп (Богатырев, 1990), устойчивых к микробиологической деструкции.

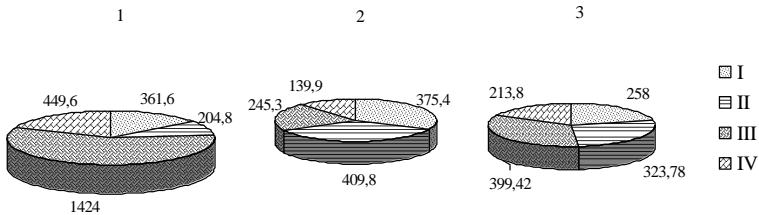


Рис. 6. Фракционный состав подстилок (г/м²) соснового (1), сосново-березового (2) и осиново-березового (3) лесов: I – ветки и шишки, II – АОЛ, III – АОФ, IV – АОН

Структура подстилки *смешанного* леса занимает промежуточное положение (рис. 6). Максимальное количество органики сосредоточено в первых двух фракциях и, вероятно, объясняется наличием в опаде компонентов сосны (хвоя, ветки, шишки), которые не только сами по себе медленно разлагаются, но и затормаживают процесс разложения в целом, подавляя микробиологическую деятельность. При поступлении относительно «доступного» для разложения органического вещества (листовой и травянистый опад) в более увлажненных условиях *осиново-березового* леса формируется подстилка с практически равным содержанием всех фракций. Этот факт свидетельствует об интенсивном процессе разложения поступающего органического материала.

Выявлены различия в содержании зольных элементов и азота в подстилках в зависимости от типа леса (табл. 5). Подстилки *соснового* леса отличаются меньшими концентрациями всех элементов, что обусловлено качеством поступающего опада. По увеличению содержания макроэлементы располагаются в следующий ряд аккумуляции: N>Ca>P>Mg>K. Однако, благодаря высоким запасам подстилки, в ней накапливается повышенное, по сравнению с подстилками других исследованных типов ле-

са, содержание углерода, азота и фосфора и калия (табл.8). Запасы кальция и магния также превышают таковые подстилки смешанного леса.

Содержание зольных элементов и азота в подстилке сосново-березового леса выше, чем в подстилке соснового, но ниже, чем – осиново-березового (табл. 5). Зольные элементы по концентрации выстраиваются в следующий аккумулятивный ряд: N>Ca>K>Mg>P. При невысоком содержании основных элементов в подстилке и ее меньших, чем в сосняке, запасах накопление зольных элементов и азота здесь уступает и сосновым, и, тем более, осиново-березовым лесам (табл. 8).

Таблица 8 В химическом составе

Накопление углерода, азота и зольных элементов в подстилке лесных сообществ, г/м²

Сообщество	С	N	P	K	Ca	Mg
Сосновое	779,6	38,1	5,9	2,2	17,8	5,4
Сосново-березовое	443,5	19,0	2,5	5,2	12,1	4,0
Осиново-березовое	387,7	22,6	3,6	2,2	23,9	5,9

подстилки *осиново-березового* леса увеличивается содержание кальция и азота (табл. 5). Ряд накопления: N>Ca>Mg>P>K.

Возрастает и накопление зольных элементов и азота, по сравнению с сосново-березовым сообществом (табл. 8). Уменьшение запасов калия в подстилке, вероятно, обусловлено повышенной микробиологической активностью данного сообщества. Кроме того, осиново-березовые леса формируются в более влажных местообитаниях, чем леса с участием сосны. Повышенная влажность воздуха и почвы способствует мобилизации калия и его выщелачиванию из подстилки.

Глава 6. Влияние антропогенного воздействия на основные свойства почв автоморфных ландшафтов

Для изучения свойств серых почв залежей нами выбраны две опорных площадки. Первая из них не испытывает антропогенной нагрузки (далее *залежь*). Растительность представлена на ней, главным образом, *Dimorphostemon pectinatus* (PC) V Golubk (Деморфостемеоном гребенчатым) и в меньшей степени *Crepis tectorum* L. (Скерда кровельная). Проектное покрытие составляет 40-45%. Задернованность слабая. Корневая система развивается, преимущественно в слое 0-10 см.

Вторая, после выхода из под засева, используется в качестве пастбища для выгона КРС (далее *пастбище*). Здесь развивается сообщество, представленное пыреем ползучим (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.). Проектное покрытие составляет 50-55%. Корневая система пырея не образует дерна и располагается у поверхности почвы (5-7 см). Высота травостоя 20-30 см.

В результате проведенных исследований выявлено, что продуктивность *залежного* сообщества составляет 84,2 ц/га из них 68,6 ц/га прихото-

дятся на подземную фитомассу, 6,5 ц/га – на надземную фитомассу и 9,1 ц/га – на ветошь. Запасы фитомассы *пастбища* также характеризуются низкими показателями: надземная часть фитомассы составляет всего 11,5 ц/га, подземная – 108,1 ц/га. В связи с постоянным выпасом скота, формирование опада нарушено и накопление ветоши происходит в незначительных размерах – 2,4 ц/га.

Изменение флористического состава приводит к изменению химического состава фитомассы. Количество С в надземной фитомассе *залежной* растительности составляет 36,77%, N–1,42%. Ряд накопления зольных элементов в надземной фитомассе залежной растительности имеет следующий вид: К (0,47%) >Р (0,27%) >Са (0,25%) >Mg (0,20%). В корнях накопление идет следующим образом: Са (0,30%)>Р (0,22%)>К=Mg (по 0,18%); содержание С достигает 28,18%, N–1,35%.

Фитомасса пастбищного сообщества несколько богаче питательными элементами и азотом. Доля N равняется 1,83%, а С – 36,08%. Зольные элементы в надземной фитомассе распределяются в следующей последовательности: К (0,76 %) >Р (0,34 %) >Са (0,33%) >Mg (0,32%). Состав корней отличается большей выраженностью выборочного поглощения: Са(0,39%) >Р(0,27%) >К (0,23%) >Mg (0,20%). Количество С здесь составляет 30,27%, N–1,43%, что несколько выше, чем в залежном сообществе. Увеличение содержания основных элементов в растительности пастбища, по сравнению с залежью, может быть вызвано не только различиями во флористическом составе. Дополнительным фактором, на наш взгляд, может выступать приуроченность залежи и пастбища к различным первичным сообществам. Так, залежь развивалась на месте сосново-березового леса, растительность которого содержит меньше зольных элементов и азота. Пастбища же сформировались на месте осиново-березового леса, отличающегося повышенными, по сравнению с первыми, концентрациями рассматриваемых элементов.

Антропогенное вмешательство повлекло за собой изменение состава растительности как видовое, так и химическое. Растительные сообщества залежей представлены травянистыми ассоциациями с незначительным количеством видов. При этом снизилась урожайность травостоя, ухудшился качественный состав фитомассы.

Распашка лесных почв привела к механическому перемешиванию маломощного серогумусового (или темногомусового) и подстилающего его гумусово-элювиального горизонтов, которые значительно различаются по своим свойствам. В результате, агрогумусовый горизонт (Р) первоначально унаследовал не только благоприятные свойства дернового горизонта, но и неблагоприятные гумусово-элювиального. Кроме того, свойства это-

го горизонта формировались в режиме постоянных антропогенных нагрузок.

Гранулометрический состав *залежной* почвы характеризуется как связный песок–супесь, с доминированием фракции мелкого песка – 62,95%. Гранулометрический состав серой залежной от целинной почвы отличается перераспределением массовой доли практически всех фракций. Так в залежной почве количество крупного песка составляет 4,2%, крупной пыли – 23,8%, мелкой пыли – 4,9%, илистых частиц – 1,8%. Такого рода перераспределения фракций привели к некоторому утяжелению гранулометрического состава залежной почвы по сравнению с целинной. Серая почва *пастбища* характеризуется супесчаным гранулометрическим составом, преобладает фракция крупной пыли и мелкого песка – 49,4% и 36,8%, соответственно.

Антропогенно-преобразованные почвы характеризуются слабокислотной реакцией среды (табл.1). В обменном комплексе доминируют катионы кальция, но их содержание низкое. Количество магния очень низкое. Содержание гумуса очень малое или низкое. Содержание подвижного фосфора повышенное-высокое, калия – очень низкое-низкое. Поверхностному слою почв свойственно обеднение питательными веществами, по сравнению с целинными почвами.

Изменение основных физико-химических свойств залежной почвы, а также видового и химического состава растительности влечет за собой изменение микробной составляющей. Серая залежная почва характеризуется менее богатым видовым и численным микробиологическим составом (табл. 4). Дифференциация профиля по численности физиологических групп микроорганизмов менее выражена на залежи, по сравнению с целиной, что свидетельствует о разной интенсивности протекания почвообразовательных процессов и обеспеченности почв минеральными и органическими питательными веществами.

Таксономическое разнообразие микромицетов выше в целинной почве, здесь встречаются виды 6 родов. В почве залежи встречаются только представители родов *Trichoderma*, *Dematium*, *Fusarium* и род *Cladosporium*. Бактериальное население на целине и на залежи не имеет существенных различий. Но в почвах залежи доминирует *Bacillus*. Здесь же преобладает анаэробный азотфиксатор *Clostridium pasteurianum*. В то время как в почвах под лесом основными азотфиксаторами являются олигонитрофильные бактерии. Среди группы актиномицетов в почвах залежи доминирует род *Streptomyces*.

ВЫВОДЫ

1. В автоморфных лесных ландшафтах наиболее распространенными являются дерново-подбуры иллювиально-железистые, сформированные под сосновыми ксерофитно-низкотравными, серые оподзоленные – под сосново-березовыми разнотравными и темно-серые почвы – под осиново-березовыми разнотравными лесами.
2. Дерново-подбуры иллювиально-железистые имеют маломощный профиль с хорошо выраженным иллювиально-железистым горизонтом. В профиле серых почв выделяется гумусово-элювиальный горизонт, для которого характерна некоторая оподзоленность, проявляющаяся по морфологическим, физико-химическим и химическим свойствам. Темно-серые почвы отличаются регрессивно-аккумулятивной дифференциацией профиля, а признаки элювиально-иллювиального перераспределения веществ не проявляются.
3. В ряду сосновые ксерофитно-низкотравные – сосново-березовые разнотравные – осиново-березовые разнотравные сообщества увеличивается видовой состав, фитомасса травяно-кустарничкового яруса, количество элементов вовлеченных в биологический кругооборот, уменьшаются запасы подстилки и изменяется ее структура, что свидетельствует о возрастании объема и скорости биологического кругооборота.
4. Средняя скорость биологического кругооборота характерная для сосново-березовых сообществ способствует оподзоливанию серых почв. Увеличение биологической активности в осиново-березовых сообществах затормаживает процесс элювиально-иллювиальной дифференциации темно-серых почв.
5. Антропогенное воздействие на серые и темно-серые почвы повлекло ухудшение физико-химических свойств, уменьшение содержания гумуса, изменение структуры и снижение численности микробных сообществ, понижение биопродуктивности фитоценозов.

Список основных работ по теме диссертации

1. **Казазаева М.В.** Серые лесные почвы Прибайкалья // Почва как природный ресурс севера: мат. VII Сибирцевских чтений. – Архангельск, 2005. – С. 65-67.
2. **Болонева М.В.** Лесные биогеоценозы лесостепной зоны Прибайкалья (на примере Степнодворецкого заказника)// Вестн. Бурят. гос. ун-та. – Сер. 2, Биология. – 2005. – Вып.7. – С. 144-148.
3. **Болонева М.В.** Органическое вещество серых лесных почв Прибайкалья // Вестн. Томск. гос. ун-та. – 2005. – Приложение 15. – С. 244-245.

4. **Болонева М.В.** Состав и структура лесов лесостепной зоны Прибайкалья // Горные экосистемы и их компоненты: тр. Междунар. конф. – Нальчик, 2005. – Т. 1. – С.67-68.
5. **Болонева М.В.** Почвенно-ботаническая характеристика лесных сообществ лесостепной зоны Прибайкалья // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: мат. Междунар. науч.-практич. конф. – Томск, 2005. – С. 54-55.
6. **Болонева М.В.,** Сымпилова Д.П., Дугаров В.И. Роль серых лесных почв в формировании лесостепных ландшафтов Усть-Селенгинской впадины // Роль почв в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие: мат. Междунар. науч.-практич. конф. – Пенза, 2005. – С. 6-7.
7. **Болонева М.В.** Серые лесные почвы как фактор формирования лесных сообществ Прибайкалья // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: мат. Всерос. конф. – Иркутск, 2005. – С. 279-280.
8. **Болонева М.В.** Биогеоценозы залежей лесостепной зоны Прибайкалья // Научный и инновационный потенциал Бурятии глазами молодежи: материалы 5- Межрегион. науч.-практич. конф. – Улан-Удэ, 2005. – С. 30-32.
9. **Болонева М.В.** Лесные почвы лесостепной зоны Восточного Прибайкалья // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: мат. II Междунар. науч.-практич. конф. – Иркутск, 2006. – С. 140-142.
10. **Болонева М.В.** Генетические особенности лесных почв Усть-Селенгинской депрессии // Биоразнообразие экосистем внутренней Азии: тез. Всерос. конф. с междунар. участием. – Улан-Удэ, 2006. – Т.1. – С. 21-22.

Таблица 1

Физико-химические свойства лесных почв

Горизонт	Глубина, см	pH		Кислотность, мг-экв/100 г			Гумус	N _{общ}	Обменные катионы, мг-экв/100 г			V, %	Подвижные по Кирсанову мг/100 г		Fe ₂ O ₃ по Тамму, %
				Гидролит.	Обменная				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca/Mg		P ₂ O ₅	K ₂ O	
		H ₂ O	KCl		H ⁺	Al ²⁺	%								
Серая оподзоленная почва															
AY	4 – 10	5,5	4,9	4,6	0,15	0,04	4,48	0,17	21,6	4,6	4,7	85,6	2,5	13,5	1,08
AEL	10 – 28	5,7	4,0	2,5	0,07	0,07	0,86	0,04	4,6	3,7	1,2	77,1	4,2	3,4	0,58
BT ₁	28 – 44	5,9	4,5	2,8	0,22	0,22	0,69	0,07	5,5	3,7	1,5	76,7	5,9	5,3	0,80
BT ₂	44 – 61	6,3	4,4	1,3	0,04	0,04	0,16	-	4,6	0,9	5,1	81,4	14,0	3,7	0,28
C	61 – 92	6,7	4,6	0,8	0,02	0,02	0,15	-	3,6	-	-	76,4	17,2	3,1	0,19
C ⁻	92 – 150	6,6	4,6	0,9	0,03	0,02	0,14	-	3,4	-	-	78,5	18,4	2,8	0,18
Темно-серая почва															
AU	3 – 8	5,9	4,9	5,7	0,12	0,06	7,15	0,51	23,9	5,1	4,7	75,9	13,0	20,1	0,84
AUe	8 – 26	5,9	4,6	3,6	0,04	0,03	1,41	0,09	7,6	2,5	3,0	73,6	10,4	6,5	0,88
BT ₁	26 – 46	6,0	4,4	2,5	0,09	0,05	0,52	0,06	7,8	3,2	2,4	81,7	8,3	5,8	1,08
BT ₂	46 – 70	6,6	4,4	1,5	0,04	0,04	0,24	-	8,1	2,7	3,0	87,8	18,0	6,3	0,36
Дерново-подбур иллювиально-железистый															
AY	3 – 19	5,5	4,4	2,9	0,11	0,10	0,87	0,09	2,7	1,8	1,5	60,6	2,5	4,6	0,31
BF ₁	19 – 39	6,3	4,4	1,7	0,12	0,13	0,52	0,03	2,9	1,0	2,9	69,1	3,2	2,0	0,50
BF ₂	39 – 60	6,4	4,7	0,8	0,05	0,04	0,14	-	2,0	0,9	2,2	78,4	19,2	1,9	0,13
C	60 – 78	6,7	4,8	0,6	0,03	0,02	0,14	-	1,9	1,0	1,9	82,2	21,0	2,4	0,11
C ⁻	78 – 120	6,8	4,9	0,6	0,02	0,02	0,14	-	1,8	0,8	2,3	81,2	21,6	2,4	0,10
Серая почва залежи															
P	0-20	6,2	4,7	2,40	0,05	0,03	1,2	0,11	5,4	2,1	2,6	75,7	10,1	3,6	не опр.
Серая почва пастбища															
P	0-20	6,42	5,52	2,22	0,034	0,012	2,1	0,17	10,6	3,7	2,9	86,5	20,84	6,26	не опр.

« - » - следы, здесь и далее

Таблица 2

Валовой химический состав лесных почв

Гори- зонг	Содержание, %											SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	MnO	TiO ₂	R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Серая оподзоленная почва														
AY	75,47	12,67	3,02	3,65	0,44	2,90	0,63	0,30	0,65	0,15	0,12	4,8	6,0	25,0
AEL	77,69	13,12	2,68	2,80	0,52	2,21	0,61	0,22	-	0,05	0,11	4,9	5,9	29,0
BT ₁	72,71	15,26	4,53	2,63	0,90	2,84	0,58	0,26	0,15	0,06	0,12	3,7	4,8	16,1
BT ₂	74,43	15,12	3,06	2,50	0,82	2,83	0,70	0,27	0,10	0,06	0,14	4,1	4,9	24,3
C ⁻	77,24	12,99	2,86	2,68	0,89	2,36	0,53	0,18	0,05	0,04	0,14	4,9	5,9	27,0
C ⁻	76,78	12,99	3,26	2,50	0,82	2,22	0,69	0,29	0,25	0,06	0,14	4,7	5,9	23,6
Темно-серая почва														
AU	73,89	13,10	3,28	3,75	0,95	3,47	0,71	0,36	0,17	0,17	0,15	4,5	5,6	22,5
AUe	73,40	14,20	3,54	3,28	1,82	2,60	0,66	0,36	-	0,09	0,05	4,1	5,2	20,7
BT ₁	74,99	14,20	4,12	2,52	1,29	1,75	0,65	0,32	-	0,07	0,09	4,1	5,3	18,2
BT ₂	73,44	14,06	5,10	2,68	1,40	2,19	0,66	0,35	-	0,07	0,05	3,8	5,2	14,4
Дерново-подбур иллювиально-железистый														
AY	79,02	13,12	2,47	2,52	0,26	1,70	0,57	0,15	0,05	0,05	0,09	5,1	6,0	32,0
BF ₁	80,88	12,20	2,04	2,86	0,26	0,71	0,71	0,25	-	0,04	0,05	5,7	6,6	39,6
BF ₂	82,83	12,60	1,41	1,94	0,25	0,31	0,41	0,16	0,01	0,02	0,06	5,9	6,6	58,7
C ⁻	81,84	12,87	1,41	1,94	0,25	0,80	0,52	0,25	0,02	0,03	0,07	5,7	6,4	58,0
C ⁻	84,29	12,08	1,51	1,77	0,76	0,43	0,63	0,20	0,01	0,04	0,08	6,6	6,9	55,8