

Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Международного совещания, Екатеринбург, 3—7 июня 2002 г.
Екатеринбург: УрО РАН, 2003. ISBN 5—7691—1389—8.

Материалы включают доклады, представленные на Международном совещании "Биологическая рекультивация нарушенных земель", которые отражают достижения последнего десятилетия по таким основным направлениям исследований, как экологические основы биологической рекультивации нарушенных земель, геохимическая оценка нарушенных и рекультивированных земель, физиолого-биохимическая характеристика растительной продукции техногенных ландшафтов, оценка состояния и динамики техногенных экосистем, итоги экспериментальных работ по рекультивации.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, в том числе в области ботаники, экологии, охраны окружающей среды.

Под редакцией чл.-корр. РАН С.А. Мамаева,
д. биол. н. **А.К. Махнева**, к. биол. н. **Т.С. Чибрик**

Рецензенты: д. биол. н. проф. **Г.И. Таршис**,
д. с-х. н. проф. **Н.А. Луганский**

ISBN 5—7691—1389—8

Б $\frac{39(03)}{8П6(03)1998}$ БО

® Ботанический сад
УрО РАН, 2003 г.
® Авторы, 2003 г.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ БИОГЕННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ЭПП В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СУМЗа

П.В. Мещеряков, Е.В. Прокопович, И.Н. Коркина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Экологические условия почвообразования представляют собой конкретное сочетание факторов почвообразования в пределах той или иной территории, они отражаются в разнообразии типов почвообразования, почвенных процессах, режимах и свойствах почв. Для разных типов почвообразования установлены одни и те же процессы, которые получили название элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП).

Под влиянием антропогенного фактора трансформируются экологические условия почвообразования и, как следствие, ЭПП, причем в первую очередь изменяются те, в которых главную роль играет накопление и превращение органических веществ. Они были объединены в группу биогенно-аккумулятивных (Розанов, 1983), в нее вошли подстилкообразование, гумусообразование, гумусонакопление, оторфянивание и др.

На Среднем Урале фактором, влияющим на состояние и функционирование лесных экосистем являются выбросы промышленных предприятий, прежде всего металлургических. Среднеуральский медеплавильный завод (СУМЗ) - - крупный поставщик аэрогенных выбросов, в составе которых представлены газообразные SO_2 и HF, твердовзвешенные частицы аэрозолей, содержащие такие тяжелые металлы, как Си, Zn, Pb, As, Cd и др. Воздействие выбросов СУМЗа на биоту и природный комплекс в целом определяется не только токсичностью каждого загрязнителя в отдельности, но и их сочетанным воздействием (Экологическая токсикология, 2001).

Исследование трансформации экологических условий протекания биогенно-аккумулятивных ЭПП под влиянием выбросов СУМЗа проведено на следующих удалениях от источника загрязнения: <1 км; 1 км; 7 км и 30 км. Наблюдения проводились на ключевых участках, находящихся в пределах соответствующей зоны удаления (техногенной "пустыни", импактной, буферной и фоновой) и расположенных вдоль трансекты в западном направлении от СУМЗа. Обоснование выбора и подробная ха-

рактеристика ключевых участков, описание лесной растительности, животного населения почв и микроорганизмов дана в более ранних публикациях (Воробейчик и др., 1994). Отметим только, что до начала действия завода все ключевые участки предположительно имели сходный почвенно-растительный покров, что обосновано их расположением в идентичных литологических и гидро-геоморфологических условиях. Представленные на них серые лесные глинистые и тяжелосуглинистые почвы сформировались на элювии и элювио-делювии метаморфических пород. Их морфологическая характеристика, а также некоторые их свойства описаны в предшествующих работах (Кайгородова, Воробейчик, 1996; Прокопович, Кайгородова, 1999; и др.).

Характеристика экологических условий реализации биогенно-аккумулятивных ЭПП предполагала прежде всего оценку запасов лесных подстилок и определение их свойств, поскольку в лесных экосистемах подстилки выступают источником новообразованных органических кислот, а в роли главных потенциальных гумусообразователей - различные фракции наземного опада. Именно с лесной подстилкой как генетическим горизонтом будут связаны такие ЭПП как гумусообразование и гумусонакопление. Обычно гумусообразование рассматривается как совокупность процессов трансформации растительных остатков в месте их поступления и формирования там особой системы гумусовых веществ. Логическим продолжением этого ЭПП выступает гумусонакопление — процесс аккумуляции новообразованных органических кислот в почвенном профиле. В определенных условиях наблюдается оторфовывание лесных подстилок — процесс консервации растительных остатков при весьма незначительной их гумификации. Увеличение мощности лесной подстилки и ее оторфянивание — взаимосвязанные явления, обусловленные изменениями гидротермических условий, численности, видового разнообразия и активности микроорганизмов.

Изучение лесных подстилок проведено принятыми в почвоведении методами и в соответствии с методическими указаниями (Зонн, Урушадзе, 1974), что предполагало подразделение ее на активную (хвоя, листья, мох, труха, трава) и пассивную (сучья, стволовая древесина, кора, шишки) фракции. Один из важнейших диагностических признаков подстилки — мощность, но для решения задач генетического почвоведения и экологии почв наиболее предпочтительным показателем принято считать (Карпачевский, 1981) ее запасы и фракционный состав с последую-

щим вычислением коэффициента активности (K_{AP}). Последний представляет собой отношение массы активных и неактивных в деструкционном плане фракций опада. Изучение гумусного состояния почв выполнено по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. Л. Плотниковой (Агрохимические методы..., 1975), общих физических свойств и гранулометрического состава традиционными методами (Александрова, Найденова, 1986).

В ходе исследований установлено, что по мере приближения к источнику выбросов увеличивается мощность, плотность и запасы лесной подстилки. Отмечено очень большое варьирование последнего показателя, размах которого изменяется от 82,65 т/га в импактной, до 14,13 в буферной и 5,60 в фоновой зонах. В техногенной пустыне с искусственными посадками тополей этот показатель составил 20,2 т/га. Изучена структура фракционного состава подстилок и рассчитан коэффициент активности (K_{AP}), которые хорошо отражают изменения в видовом составе и биологической продуктивности растительного покрова, количестве и структуре опада, обусловленные уровнем техногенной нагрузки. По мере приближения к источнику выбросов в составе подстилок увеличивается доля таких фракций как сучья, ветви, стволовая древесина и т.д., а K_{AP} уменьшается с 2,03—2,57 в фоновой до 0,47—1,00 в импактной зоне (табл. 1). В искусственных посадках тополей в техногенной пустыне $K_{AP} = 1,77$. В импактной зоне самый низкий K_{AP} и все свойства подстилок обусловлены высокой долей (16—18 % от запаса древесины) сухостоя при очень низком запасе древесины (58—112 м³/га), активно идущими процессами выпадения стволов, исчезновением лесных травянистых видов растений и резким подавлением деструкционных процессов (Экологическая ..., 2001).

Изученные свойства и состав лесных подстилок позволяют определенным образом интерпретировать полученные нами материалы по фракционно-групповому составу гумуса (табл. 2) в почвах зон с разным уровнем техногенной нагрузки. Поскольку поступление активных фракций лесной подстилки происходит ритмично и колебания ее запасов значительно меньше, чем неактивной, то и разложение активных компонентов происходит быстрее, они скорее включаются в трофическую цепь, интенсивнее участвуют в гумусообразовании. Для почв таежно-лесной зоны известна высокая коррелятивная зависимость между запасами подстилки и содержанием гумуса в аккумулятивной части

Таблица 1
Запасы и структура лесных подстилок в зоне влияния СУМЗа

Зона, варианты	Мощность, см	Запас, т/га	Активные фракции (А), %					
			Хвоя	Листья	Мох	Трава	Труха	
Техногенная пустыня	4	39,4	—	54	—	—	10	
Импактная зона	“Окно” на моховой подушке	2	9,69	14	17	—	2	3
	Оторфованная моховая подушка	2	32,75	7	12	15	—	4
	Куртина из лиственных пород	8	47,3	2	34	—	5	8
	Куртина из хвойных пород (горельник)	1	4,24	29	—	—	—	3
	Куртины из хвойных пород	8	86,89	41	—	—	—	9
Буферная зона	3	18,96	31	2	0	9	22	
Фоновая зона	1	11,05	33	2	0	9	26	
Зона, варианты	Пассивные фракции (П), %				$K=A/P$			
	Мелкие сучья	Крупные ветви	Шишки	Кора				
Техногенная пустыня	21	15	—	—	1,77			
Импактная зона	“Окно” на моховой подушке	29	31	4	—	0,56		
	Оторфованная моховая подушка	20	29	8	5	0,61		
	Куртина из лиственных пород	19	26	1	5	0,96		
	Куртина из хвойных пород (горельник)	12	38	15	3	0,47		
	Куртины из хвойных пород	14	16	13	7	1,00		
Буферная зона	13	10	10	3	1,78			
Фоновая зона	16	5	7	2	2,33			

профиля, причем выявлена прямая связь между массой опада хвойных и содержанием фульвокислот и отсутствие таковой с содержанием гуминовых кислот (Карпачевский, 1981). Их количество коррелирует с продолжительностью периода биологической активности — ПБА (Орлов, 1990), которая для настоящей территории составляет 112 дней (Агроклиматический справоч-

Таблица 2

Фракционный состав гумуса (% к Сгум.)

Горизонт	Сгум. %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот						Сумма фракций	Негидр. остаток	ГК/ФК
		1	2	3	Сумма	1a	1	2	3	Сумма				
AB'	1,76	10,6	10,6	12,4	33,6	7,1	14,1	4,7	7,3	33,8	67,4	32,6	1,0	
AB''	0,92	5,9	16,3	5,9	28,1	7,0	11,1	6,8	6,7	31,6	59,7	40,3	0,9	
B	0,49	2,1	7,7	6,0	15,8	7,0	2,1	19,2	9,6	37,9	53,7	46,3	0,4	
BC	0,61	1,5	16,8	4,8	23,1	4,3	4,2	18,2	9,0	35,7	58,8	41,2	0,6	
A0T	13,82	25,7	3,7	10,3	39,7	10,2	24,6	5,0	9,2	49,0	88,7	11,3	0,81	
A1	7,42	29,3	3,0	10,0	47,3	6,5	17,9	3,1	7,3	34,0	82,1	17,9	1,34	
A2B1	3,40	11,5	7,7	7,3	26,5	5,5	12,9	3,8	6,5	28,7	55,2	44,8	0,92	
B1	1,32	12,7	15,0	7,8	35,5	7,7	8,4	8,1	3,6	27,8	63,3	36,7	1,28	
B2	0,82	3,6	17,9	5,5	27,0	13,0	1,8	15,0	4,2	34,0	61,0	39,0	0,79	
BC	0,55	2,2	5,9	4,3	12,4	11,0	0,3	11,6	4,7	27,6	40,0	60,0	0,45	
A0T''	33,56	13,3	0,7	10,2	30,2	2,4	17,7	1,2	6,2	27,9	67,7	42,3	1,1	
A1	4,92	13,6	1,1	7,7	22,4	6,1	27,2	7,6	7,4	48,3	70,7	29,3	0,5	
A1''	2,67	13,6	3,0	6,0	22,6	8,5	24,2	11,0	9,6	53,3	75,5	24,5	0,4	
A2B	1,26	10,6	1,8	4,6	17,0	12,4	16,7	16,4	7,7	53,2	70,2	29,8	0,3	
B1	1,0	5,1	4,2	6,2	15,5	14,0	11,9	13,1	2,1	41,1	56,6	43,4	0,4	
B2	0,52	2,2	6,1	2,4	10,7	20,9	10,5	23,2	5,9	60,5	71,2	28,8	0,2	
BC	0,52	1,7	1,2	1,4	4,3	19,1	8,7	21,3	3,5	52,6	56,9	43,1	0,1	
A0''	32,42	14,0	1,9	16,0	32,5	4,3	13,7	3,8	6,9	28,7	61,2	38,8	1,13	
A1	6,23	18,1	7,4	11,4	36,9	4,8	21,3	3,3	8,5	37,9	74,8	25,2	0,97	
A2B	3,28	15,2	7,4	8,0	30,6	6,8	16,8	5,6	6,2	35,4	66,0	34,0	0,86	
B1	1,78	12,5	11,2	9,0	32,7	8,8	12,0	9,3	7,7	37,8	70,5	29,5	0,87	
B2	1,11	5,1	17,2	5,0	27,3	10,1	4,1	1,8	3,7	19,7	47,0	53,0	1,39	
BC	0,62	1,5	8,2	5,3	15,0	10,2	2,0	13,0	4,4	29,6	44,6	55,4	0,51	

ник, 1962). Таким образом, в районе исследований экологическая роль климата и лесных подстилок заключается в создании условий для формирования гумусовых веществ фульватно-гуматного либо гуматно-фульватного типа.

Сопряженный анализ фракционно-группового состава гумуса и условий гумусообразования в зонах с разной техногенной нагрузкой показал, что складывающаяся в импактной зоне экологическая ситуация препятствует реакциям конденсации в процессе гумификации, способствует более длительному сохранению слабогумифицированных компонентов и неспецифических органических соединений, повышению агрессивности органического вещества. Под влиянием техногенеза степень дифференциации почвенного профиля по гумусу возрастает. Содержание и запасы гумуса убывают по мере приближения к СУМЗу.

Поведение новообразованных органических кислот в почвенном профиле во многом будет определяться гранулометрическим составом (табл. 3) и общими физическими свойствами почв (табл. 4). От них зависит не только интенсивность гумификации растительных остатков *in situ*, но и особенности перемещения и закрепления органических кислот.

Анализ данных по гранулометрическому составу выявил тенденцию количественного перераспределения по генетическим горизонтам илистых частиц по мере увеличения техногенной нагрузки. Общая степень дифференциации почвенного профиля, рассчитанная по илу, составила для фона 2,48, для буферной 2,61 и 3,66 для импактной зоны. В последней, по сравнению с фоном, возросла плотность почвы (в большей степени — в иллювиальной части профиля), снизилась общая пористость (на 2—5 % от объема почвы), степень аэрации (на 5—8 % в иллювиальном и 10—18 % в гумусово-аккумулятивном горизонте), на 4—8% уменьшилась водовместимость всех горизонтов и она составила 43—63% в аккумулятивной и 26—27% от объема почвы в ее иллювиальной части. В зоне техногенной пустыни в условиях интенсивно протекающей водной эрозии коэффициент дифференциации профиля по илу оказался минимальным (1,52), поскольку у почвы отсутствуют гумусово-аккумулятивный и элювиальный горизонты. Профиль почвы имеет низкую общую пористость (32,7—37,9 %) и минимальную степень аэрации, которая изменяется от 0 % в почвообразующей породе до 1,45% в верхней эродированной части профиля. В итоге под влиянием техногенеза изменилось соотношение между твердой, жидкой и газообразной

намику экосистем, испытывающих разную техногенную нагрузку. Рекультивационные и мелиоративные работы, необходимость проведения которых есть в техногенной пустыне и импактной зоне, должны быть направлены на создание условий для реализации биогенно-аккумулятивных ЭПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматический справочник по Свердловской области. Л.: Гидрометеоздат, 1962. 196 с.
- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 47—55.
- Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.
- Воробейчик Е. А., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Зонн С. В., Урушадзе Т. Ф. Научные основы и методические указания к биоценологическому изучению почв горных лесов. Тбилиси, 1974. 1 П с.
- Кайгородова С. Ю., Воробейчик Е. Л. Трансформация некоторых свойств серых лесных почв под действием выбросов медеплавильного комбината // Экология. 1996. № 3. С. 187—193.
- Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная пром-сть, 1981. 262 с.
- Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
- Прокопович Е. В., Кайгородова С. Ю. Трансформация гумусного состояния почв под действием выбросов Среднеуральского медеплавильного завода // Экология. 1999. № 5. С. 375—378.
- Розанов Б. Г. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
- Экологическая токсикология / Под ред. В.С. Безеля. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2001. 136 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ИЗ РАЙОНОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ

Е. В. Михеева, О. А. Жигальский

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Важнейшей задачей в рамках проблемы биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель является подбор растений для создания на данных землях устойчивых фитоценозов.