

УДК 631.618.(574.4)

**БИОПРОДУКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ В ФИТОЦЕНОЗАХ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ**

Доктор биол. наук Ф.Е. Козыбаева
 Э.А. Мурсалимова

На отвалах Зырянского месторождения проводилась биологическая рекультивация с созданием искусственных почвогрунтов. Использовались древесно-кустарниковые породы с посевом бобово-злаковых культур. Исследования показали, что наибольшая биомасса приходится на первые 5-6 лет рекультивации, в последующие годы отмечается последовательное их снижение. Биопродуктивность бобово-злаковых трав зависит от свойств почвогрунтов. Поступление тяжелых металлов в растения на рекультивированном участке происходит через корневую систему. Высокие концентрации цинка и свинца отмечены в вариантах «третичная глина + отвал», «суглинок + техногенный песок + отвал».

Могущественным фактором, оказывающим влияние на направление почвообразовательного процесса, являются живые организмы. По словам В.И. Вернадского, «... на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом» [1].

Именно им, высшим растениям, как главным накопителям вещества и энергии в биосфере, принадлежит ведущая роль в процессах почвообразования. Поступление органических остатков – процесс привноса органического вещества на поверхность почвы или в почву в виде свежих отмерших растительных и животных остатков (надземных и подземных), экскрементов животных, пойменных и агроирригационных наилок, органических удобрений и др. [3].

Известно, что через опад органическое вещество, созданное растениями, попадает в почву, и под воздействием живых организмов, населяющих почву, подвергается процессам трансформации. Интенсивность и характер процесса в значительной степени зависят от климата, рельефа и, главным образом, от функционирования структуры

биогеоценоза или агроценоза, продуцирующих различное по устойчивости к трансформации и минерализации органическое вещество [6].

Очень важен и химический состав поступающих в почву растительных остатков. В него входят различные по устойчивости к микробиологическому воздействию классы сложных органических соединений – углеводы, белки, лигнины, липиды, воски, смолы, дубильные вещества, а также различные пигменты, ферменты, витамины, низкомолекулярные соединения, зольные элементы. Растительные остатки различных ценозов в общем состоят из всех перечисленных соединений, однако количественное содержание компонентов варьирует в широких пределах. После отмирания живых организмов весь этот сложный комплекс веществ поступает в почву или на ее поверхность и подвергается дальнейшей трансформации с различной скоростью в зависимости от конкретных гидротермических условий.

Продуктивность фитоценозов рекультивируемых промышленных отвалов характеризует процесс регенерации техногенных ландшафтов. По данным Ж.Т. Какимова и др. [4] растения в первые два года вполне жизнеспособны. Авторы отмечают, что наиболее перспективными и благоприятными для роста и развития растений и их корневой системы являются вариант: отвал + щебень + суглинок.

Данные биопродуктивности обработанные методом статистики на рекультивированных отвалах показали, что наиболее продуктивными являются субстраты на вариантах: 13 пл. отвал + чернозем (15 см), 11 пл. отвал + суглинок (25 см). Корневая система травосмеси на данных вариантах последовательно распределяется по слоям и наибольшая часть приходится на верхние горизонты, также как на зональном черноземе, где основная часть корней сосредоточена в 0...10 см слое с резким снижением на больших глубинах. Соотношение надземной и подземной массы растений на отвалах свидетельствует о явном привалировании корневой массы, чего не наблюдается на зональной почве, где масса корней почти равна надземной массе растений (табл. 1, 2). Наименее продуктивной является третичная глина, где травосмесь из бобовых культур (эспарцет+люцерна) образовала наименьшую надземную и корневую массу. При раскопке корней можно было наблюдать образование более плотного сложения в слое (0...20 см) за счет передвижения илистой и тонкопылеватых фракций субстратов – «лессиваж», что указывает на начальные процессы формирования иллювиального «горизонта».

Таблица 1

Биопродуктивность фитоценозов рекультивированных отвалов, ц/га (1983...1984 гг.)

Вариант	Глубина, см	Корни	Σ корней	Урожай сена	Опад надземной массы	Общая фитомасса	% корней от общей фитомассы	% надземной массы
8 отвал – щебень-песок-суглинок (травосмесь)	0...10	29,33						
	10...20	11,33						
	20...30	3,41	44,07	6,98	2,71	53,76	81,98	18,02
10 отвал – щебень-суглинок-чернозем (травосмесь)	0...10	23,18						
	10...20	6,35						
	20...30	6,22	35,75	12,16	2,36	50,27	71,12	28,88
11 отвал – суглинок (травосмесь)	0...10	36,49						
	10...20	15,02						
	20...30	4,18	55,69	12,33	8,08	76,10	75,18	26,82
13 отвал – чернозем (травосмесь)	0...10	42,35						
	10...20	21,12						
	20...30	12,52	75,99	11,51	5,53	93,03	81,68	18,32
Третичная глина (эспарцет)	0...10	7,22						
	10...20	3,60						
	20...30	2,44	13,26	12,52	7,54	33,32	39,80	60,20
Зональная почва (чернозем выщелоченный)	0...10	44,24						
	10...20	9,50						
	20...30	3,28	57,02	43,35	14,73	117,60	50,61	49,39
	30...40	1,60						
	40...50	0,90	59,52					

Таблица 2

Биопродуктивность фитоценозов рекультивированных отвалов, ц/га (2001 г.)

Вариант	Глубина, см	Корни	Σ корней	Урожай сена	Опад надземной массы	Общая фитомасса	% корней от общей фитомассы	% надземной массы
13 пл. (отвал + чернозем)	0-6	3,15						
	6-12	1,56	4,71	4,93	17,46	27,1	17,38	17,38
12 пл. (отвал + суглинок)	0-20	74,67	74,67	9,5	12,33	96,50	77,38	77,38
Третичная глина	0-4	1,13						
	4-20	0,7	1,83	10,3	10,92	23,05	7,94	7,94

Распределение корневой системы по слоям, а также механических фракций субстратов, появление на суглинистых грунтах темнокрашенного слоя за счет поступления органической массы растений свидетельствует о начальных процессах почвообразования в почвогрунтах за постбиологический рекультивационный период. Статистическая обработка результатов за 1983 год показала, что самый высокий урожай сена получен с площадок 21,12, которые идентичны по насыпному почвогрунту. На площадках отмечается повышенная пестрота растительного покрова. Коэффициент вариации (V) колеблется от 38 до 93,4 %, на остальных площадках отмечается более равномерное их распределение.

Учет опада и корневой системы растений в условиях восстановления техногенных ландшафтов имеет важное значение. Известно, что органическое вещество, как основной показатель плодородия, образуется за счет растительного опада и корней. Данные статистической обработки по Доспехову показывают, что на вариантах, включающих техногенный песок, а также в однослойных вариантах (отвал - чернозем; отвал - суглинок; отвал - третичная глина), особенно ярко выражена большая пестрота в распределении корневой системы травянистых культур – коэффициент вариации имеет широкие пределы от 40 до 127 %.

Наличие в техногенном песке, и в самих отвалах, больших концентраций тяжелых металлов отрицательно сказывается на образовании корневой системы и ее распределение внутри почвогрунтов, чем и вызвана высокая изменчивость. Результаты 1984 г. по учету урожая, опада и корней подтверждают большую пестроту и неоднородность среды обитания растений опытного поля. Объясняется это различной мощностью насыпных грунтов, их природой происхождения (чернозем выщелоченный, суглинистая порода, третичная глина, отвал и техногенный песок), от физико-химических свойств этих субстратов и биологией самих растений.

По истечении 16 лет на опытных площадках произвели учет общей фитомассы – надземной и подземной.

На варианте отвал + чернозем на глубине 6...12 см наблюдается обилие корешков и корневых волосков, на поверхности имеется хороший опад и обильное заселение мхов. Урожай сена на 13 площадке (отвал - чернозем) составил – 4,93 ц/га, на 12 площадке (отвал – суглинок) – 9,5 ц/га, на третичной глине – 10,30 ц/га. Опад на площадках, состоящий из старых и свежих растительных остатков, составил: 13 пл. – 17,46 ц/га,

12 пл. – 12,33 ц/га, 8 пл. – 11,85 ц/га, третичная глина – 10,92 ц/га. Биомасса корней на варианте чернозем на отвале составил 4,71 ц/га, корневая масса на варианте суглинок-отвал на глубине 0...20 см составила 74,67 ц/га, на третичной глине – 1,83 ц/га.

По результатам образовавшейся общей фитомассы в различных насыпных грунтах (рис.) следует отметить, что больше всего идет накопление в суглинистом субстрате, что напрямую отразилось на почвообразовательном процессе и накоплении органического вещества в субстрате [5].

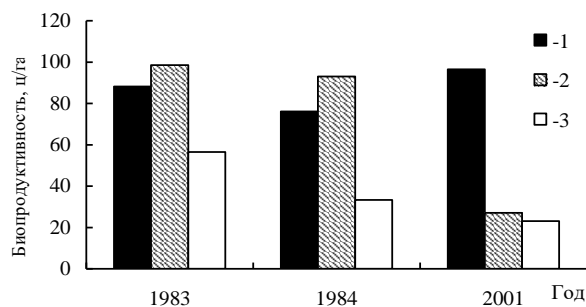


Рис. Общая биопродуктивность фитоценозов рекультивированных отвалов. 1 – суглинок, 2 – чернозем, 3 – третичная глина.

В техногенных ландшафтах изучение содержания элементов в растениях является обязательным условием, так как недостаток или избыток микроэлементов в геохимической среде ведут к эндемическим заболеваниям. Культурные растения, как правило, в меньшей степени способны накапливать тяжелые металлы и обладают меньшей устойчивостью к ним, чем дикорастущие, поскольку при этом допускается проникновение загрязнителей в пищевые цепи.

По Большакову и др., [2] поступление тяжелых металлов в растения через корневую систему зависят, прежде всего, от количества этих металлов в почве. Тяжелые металлы по-разному накапливаются в органах растений. По степени насыщенности тяжелые металлы располагаются в ряд: корни > листья > стебли > семена. В растениях опытного участка наблюдается небольшая концентрация тяжелых элементов в опаде, и особенно, в корнях (табл. 3). Основные виды растений на 13 площадке – злаки, звербой, икотник серый, вьюн полевой, полынь. Проективное покрытие – 80 %. Высокая концентрация тяжелых металлов в корнях люцерны (площадка 21) объясняется тем, что на глубине 20...40 см находится слой техногенного песка, который содержит избыточное количество всех мик-

роэлементов. В опаде, корнях люцерны и эспарцета на варианте с третичной глиной также выявлены высокие концентрации свинца и кадмия.

Концентрация микроэлементов в растениях зависит, в первую очередь, от избирательной способности растений и от среды обитания.

Таблица 3

Микроэлементы в растениях, (мг/кг сухого вещества)

Вариант	Части растений	Zn	Cu	Pb	Cd
Пл. 11 (злаки + бобовые)	зеленая масса	38,75	4,50	11,25	0,50
	опад	68,75	10,00	18,75	1,25
	корни: 0...20	52,50	13,75	11,25	1,00
Пл. 13 (злаки + бобовые)	зеленая масса	116,25	8,25	27,50	2,75
	опад	58,75	8,25	23,75	1,25
	корни: 0...15	72,50	15,0	18,75	1,50
Третичная глина (эспарцет + люцерна)	зеленая масса	412,5	6,25	13,75	4,50
	опад	3,75	19,25	53,75	4,25
	корни: 0...10	не опр.	16,75	16,25	7,00
	10...20	не опр.	17,50	25,00	13,00
	20...30	не опр.	25,75	72,50	23,00
	зеленая масса	63,75	5,25	13,75	0,75
Пл. 21 люцерна	опад	81,25	20,00	28,75	1,25
	корни: 0...20	130,00	40,00	43,75	2,00
	20...40	1150,6	491,40	1044,2	23,02

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белицина Г.Д. и др. Почва и почвообразование, Ч.1. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
2. Большаков В.А. и др. Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1993. – 122 с.
3. Караваева Н.А. и др. Элементарные почвообразовательные процессы. Опыт концептуального анализа, систематика. – М.: Наука, 1992. – 78 с.
4. Какимов Ж.Т. Экология перспективных культур для фитомелиорации отвалов цветной металлургии в условиях Восточного Казахстана // Состояние и рациональное использование почв Республики Казахстан. – Алматы, Наука, 1998. – 103 с.
5. Козыбаева Ф.Е., Мурсалимова Э.А. Биопродуктивность растений в условиях рекультивации отвалов и влияние их на процессы почвообразования // II Международная научно- практическая конференция «Почва, жизнь, благосостояние». – Пенза: Приволжский дом знаний, 2001. – С. 133-134.

6. Масюк Н.Т., Бекаревич Н.Е. Некоторые программно-методические вопросы изучения биогеоценологического покрова в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – С.89-105.

Институт почвоведения

**ΔΑΕΟΕΥΟΕΑΑΟΕΒΕΑΙ±ΑΙ ΊΑΔΕ°ΝΠ ΙΟΑΛΕΑΑΔΥΙΑÛ±Û
 ΟΕΟΙΟΑΙΨΑΑΔΑÛ³ ΑΕΙΕΙΑΕΒΕÛ² ΊΠΑΙΕΙΑΙ Α°ΙΑ ΗÛ³
 ²μΔΑΙÛΙΑΑ±Û ΑΟÛΔ ΙΑΟΑΕΑΔ**

Αείεϊã. ¹ûëùïã. äíêòíðû

Ф.Е. Козыбаева
 Э.А. Мурсалимова

Çýðÿí éã» ïðíúí» ïðáàëäðúíäà æãñãíãú ðííðà° äðóíðððúí
 °½ðó ïáí áείεϊãëÿëÛ° ðãéóëÛðèáàöèÿ æ¼ðãíçíëãí. Á¹àø-á½ðà
 ¼ñííãíëðãðí æ,íã á½ðøà-àñòú° ð½°ùíãàñððúíú» äà°úëãðú
 ïáéããéãíãú. Çãðððãóéãðãí» é¼ðñãðòí áíéúíøà á» é¼í áéíãññã àë¹àø¹ú
 5-6 æúëúíãà àëúíãú, éãëãñí æúëãðú íúú» ð¼íãíããòí ááé°àëããú. Á½ðøà°
 æ,íã àñòú° ð½°ùíãàñ ø¼íðãðãí» ¼ííãíëíãí ðííðà° °ãñëðòíã
 ááééãíúñòú. ¹ñíãíëéã àóúð ïððãëãðãú» ð¼ñíó ðàíúð æ¼éãñí àð¹úëú
 áíëããú. ¶øòíë áãëøú°+íðáãë, °½í áãëøú°+ðãðííããíãíé °½í+íðáãë
 áàðèððððúíãà ïðð ïáí °ð¹àñúíúú» øí¹ðëãíóú æí¹àðú.