

УДК 631*618(571.17)

СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОМ ОТВАЛЕ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

В. А. Андроханов^{1,2}, О. Г. Берлякова¹

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 8/2

² Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1

E-mail: androhan@rambler.ru, berlyolga@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.07.2015 г.

Исследование процессов восстановления нарушенных земель на городской территории является актуальной проблемой для промышленно развитых центров. В настоящее время на территории г. Новокузнецка имеются нарушенные участки, на которых проведены восстановительные мероприятия по различным технологиям рекультивации, однако не выполнены мониторинговые исследования с целью определения экологического состояния и уровня восстановления природных компонентов. Отсутствие такой информации не позволяет оценить эффективность выполненных рекультивационных работ и определить перспективы восстановления и дальнейшего использования таких земель. На основе проведенных нами исследований дана характеристика развития растительного и почвенного покрова и проведена оценка почвенно-экологического состояния рекультивированного в 70-е гг. XX в. отвала «Байдаевского» угольного разреза. Отмечено, что на поверхности отвала сформировались участки с разными растительными сообществами. Ботанический состав на рекультивированных участках представлен видами, способными успешно функционировать в условиях техногенных ландшафтов. Так как основная территория отвала рекультивирована по лесному направлению, состояние лесного яруса отличается рядом особенностей: высокой плотностью посадок при малой сомкнутости крон и, как следствие, значительной затененностью, а также низким уровнем устойчивого лесовозобновления. Участки отвала, рекультивированные разными методами, с посадкой различных древесных культур, характеризуются неодинаковым почвенно-экологическим состоянием, что может быть использовано для оценки эффективности рекультивационных работ. Почвенно-экологическая оценка эффективности проведенной рекультивации осуществляется на основе свойств почв, сформированных на поверхности отвалов. Более развитый фитоценоз, как и более развитый почвенный покров, формируется после проведения рекультивации. Почвенно-экологическое состояние основной территории отвала удовлетворительное и хорошее, что свидетельствует об успешном функционировании сформированного природно-техногенного комплекса и его способности выполнять средозащитные функции на территории города.

Ключевые слова: растительность, почвы, эмбриоземы, нарушенные земли, рекультивация, мониторинг, почвенно-экологическое состояние, Кузбасс.

DOI: 10.15372/SJFS20160202

ВВЕДЕНИЕ

Добыча и переработка полезных ископаемых в Кемеровской области сопровождается образованием техногенных ландшафтов – территорий с предельным уровнем нарушения рельефа, почв, гидрологического режима и растительности. По мере отработки месторождений, выполнения рекультивации и развития процессов восстановления техногенные ландшафты посте-

пенно трансформируются в природно-техногенные комплексы (ПТК) с разным соотношением природных и техногенных компонентов. Общая площадь нарушенных и восстанавливаемых земель в Кузбассе составляет около 90 тыс. га (Мазикин, 1999; Доклад..., 2014).

Максимальный уровень деградации природных ландшафтов наблюдается на южной территории Кузбасса, что обусловлено деятельностью свыше 500 промышленных предприятий (До-

клад..., 2013). Около 2000 га земель нарушены крупнейшими промышленными предприятиями г. Новокузнецка. Проблемы рекультивации нарушенных земель и мониторинга процессов восстановления природных компонентов в ПТК весьма актуальны для этой территории. При осуществлении экологических наблюдений за городской средой особое внимание должно уделяться процессам развития растительности на нарушенных землях и свойствам почв. Это позволяет оценивать уровень восстановления и перспективы использования данных территорий города (Андроханов, Курачев, 2009). Почвенно-экологическая оценка характеризует способность ландшафта создавать и поддерживать условия для развития биогеоценозов в сформированных местообитаниях на нарушенных территориях и позволяет, с одной стороны, оценить свойства и степень преобразования субстратов на техногенном объекте, с другой – уровень развития растительного покрова и иных биогенных компонентов экосистем (Андроханов, Курачев, 2010).

Цель работы – на основе геоботанических и почвенных обследований провести оценку почвенно-экологического состояния и определить эффективность рекультивации на восстановленном участке отвала бывшего угольного разреза «Байдаевский», сформированном самозарастанием и путем посадки различных древесных культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рекультивированный отвал «Байдаевского» угольного разреза расположен в северо-восточной части г. Новокузнецка. Разрез введен в эксплуатацию в конце 1954 г. и стал первым предприятием открытой добычи угля на территории города. В 1964 г. добыча угля здесь была прекращена, а на месте разреза образовались внутренние и внешние отвалы и карьерная выемка, которая к середине 1990-х гг. была засыпана шахтными породами. На части этой территории провели посадку сосны и кедра, однако их приживаемость оказалась очень низкой.

В связи с высоким содержанием углистых частиц в шахтной породе местами происходило их возгорание. Тушение и изоляция горельников проводились путем отсыпки смеси плодородного слоя почвы (ПСП) и суглинка мощностью до 0.6 м. В результате на поверхности отвала образовались рекультивированные участки техноземов – почвоподобных образований с отсыпанным корнеобитаемым слоем, на которых

естественным образом сформировались травянистые сообщества. Площадь таких участков составляет несколько гектаров, а общая площадь данного ПТК – более 100 га. Основные рекультивированные территории на отвале засажены древесными видами (Уфимцев, 2013).

В связи с тем что за озеленение города долгие годы отвечал Новокузнецкий лесхоз, территория отвала стала первым полигоном для проведения лесной рекультивации в Кузбассе. В конце 60-х и в 70-е гг. XX в. на отвале проведены первые в регионе опыты по лесной рекультивации (Баранник, 1974). Всего испытано более 30 видов растений. Выявлено, что наилучшую выживаемость показали береза повислая *Betula pendula* Roth., сосна обыкновенная *Pinus silvestris* L., облепиха крушиновидная *Hippophae rhamnoides* L., лох серебристый *Elaeagnus argentea* Pursh. и рябинник рябинолистный *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Вг. Здесь же проводились исследования по оценке пригодности вскрышных пород для биологической рекультивации. Полученный опыт лег в основу разработки экспериментальных схем и рекомендаций по рекультивации в Кемеровской области (Баранник, 1991; Рекомендации..., 2005).

Отвал находится на границе Южно-Кузбасского и Терсино-Тутуяского эколого-геоботанических районов Кемеровской области. Естественные ландшафты переходят от лесостепных предгорий с березовыми колками к низкогорьям с пихтовыми, осиново-пихтовыми и березово-пихтовыми лесами. В связи со сложным строением рельефа и разнообразием растительных сообществ в естественных ландшафтах создаются многообразные условия для почвообразования: здесь распространены выщелоченные черноземы, серые лесные и луговые слабоподзоленные и другие типы почв (Трофимов, 1975).

По методике, разработанной в лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН, оценка почвенно-экологического состояния ПТК производится на основе профилно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов (Курачев, Андроханов, 2002). Под лесопосадками на вскрышных и шахтных породах на отвале выделены основные типы молодых почв – эмбриоземы инициальные, органоаккумулятивные, дерновые, гумусово-аккумулятивные. Также в составе почвенного покрова присутствуют техноземы гумусогенные – молодые почвоподобные образования, сформированные путем отсыпки смеси суглинков и плодородного слоя на поверхность отвала.

Ранее проведенными в Кузбассе исследованиями выявлено, что если в течение 20 лет с момента формирования отвала в структуре его почвенного покрова доминируют эмбриоземы инициальные, характерные для начального этапа восстановления, то поверхность ПТК представляет собой техногенную пустыню в неудовлетворительном почвенно-экологическом состоянии. Почвы и растительность здесь не восстанавливаются. В благоприятных для почвообразования условиях при быстром развитии растительности и формировании эмбриоземов гумусово-аккумулятивных в течение 20 лет и менее почвенно-экологическое состояние ПТК оценивается как хорошее или отличное. Часто такие ландшафты в дальнейшей рекультивации не нуждаются, и все компоненты экосистем здесь будут постепенно восстанавливаться (Андроханов, 2003; Андроханов и др., 2004).

Исследования почвенно-растительного комплекса на отвале «Байдаевского» разреза проводили в 2009–2014 гг. Видовой состав и структуру растительных сообществ определяли стандартными методами, принятыми при ботанических исследованиях (Полевая геоботаника..., 1972). Всего выбрали четыре постоянных пробных площадки (ПП) по 0.0625 га каждая: на двух участках с лесной рекультивацией и двух участках с самозарастанием на шахтной породе и с отсыпкой смеси плодородного слоя и суглинков. Определение надземной фитомассы проводили методом укусов с учетных площадок размером 0.25 м² (со сторонами 50 × 50 см) в трехкратной повторности. Находили соотношение масс основных групп травянистых растений (бобовые, злаки, разнотравье). Количество фитомассы пересчитывали в центнеры на гектар.

На ПП участков лесной рекультивации ежегодно проводили рекогносцировочное лесопатологическое обследование сосны обыкновенной и березы повислой в трех повторностях. Визуально оценивали диагностические признаки относительного жизненного состояния деревьев: густоту кроны, наличие повреждений на стволе, степень поражения листьев. Относительное жизненное состояние древостоя определяли по шкале В. А. Алексеева: от 100 до 80 % – «здоровое», при 79–50 % – «ослабленное», 49–20 % – «сильно ослабленное», 19 % и ниже – «отмирающее» (Алексеев, 1989).

Для характеристики почвенного покрова использовали метод крупномасштабного картирования. На выбранных ПП обследовали несколько типичных площадок размером 10 × 10 м

и определяли на каждой сочетание типов молодых почв. Полученные данные позволяют оценить развитие почвообразовательных процессов в сформированных местообитаниях на ПП. На участках провели полевое определение физических свойств молодых почв и дали описание почвенных профилей. В аналитической лаборатории Института почвоведения и агрохимии СО РАН определили основные химические свойства почвенных проб общепринятыми в почвоведении методами: содержание органического углерода (C_{орг}) методом сжигания по Тюрину, рН – потенциометрически, емкость катионного обмена (ЕКО_{ст}) – методом Бобко–Аскинази–Алешина в модификации Грабарова и Уваровой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика растительного покрова пробных площадок. Для геоботанической характеристики ПП провели описания растительных сообществ на участках с посадкой березы (ПП-1-1 и ПП-1-2), сосны (ПП-2), самозарастания на техноземе (ПП-3) и шахтной породе (ПП-4). Все площадки расположены на верхней, спланированной части отвала.

Характеристика древесных ярусов на участках лесной рекультивации по данным за 2014 г. приведена в табл. 1. Лесопатологическое обследование, проведенное для 180 деревьев на ПП-1-1, для 240 деревьев на ПП-1-2 и для 140 деревьев на ПП-2, показало умеренную активность трубноверта березового *Deporaus betulae*, поражение древесины трутовиком березовым *Piptoporus betulinus* у представителей березы повислой и умеренную некротизацию хвои 2-го и 3-го годов у сосны обыкновенной. Полученные результаты позволяют характеризовать относительное жизненное состояние древостоя как ослабленное, что во многом объясняется расположением данного ПТК в санитарно-защитной зоне крупного предприятия черной металлургии.

В ходе обследования видового состава подлеска и травяно-кустарничкового яруса получены следующие данные.

ПП-1-1. Участок лесной рекультивации (береза повислая). В подлеске преобладает лох серебристый *Elaeagnus commutata* Pursch, присутствуют облепиха крушиновидная *Hippophae rhamnoides* L., смородина золотистая *Ribes aureum* Pursch, яблоня ягодная *Malus baccata* (L.) Borkh., акация желтая *Caragana arborescens* Lam., рябина сибирская *Sorbus sibirica* Hedl.,

Таблица 1. Основные показатели древостоя постоянных ПП

Состав ярусов, формула древостоя	Сомкнутость крон	Высота, м		Возраст, лет	Диаметр (1.3 м), см
		древостоя	прикрепления кроны		
ПП-1-1					
<i>Спелый и приспевающий древостой</i>					
10Б	0.4	12	5–6	42	9
<i>Подрост</i>					
9Б1С+Л	0.2	10	–	–	5
Б	–	10	4	8	3
С	–	10	2	8	5
ПП-1-2					
<i>Спелый и приспевающий древостой</i>					
9Б1С	0.5	14	10	–	–
Б	–	12–14	9	15–20	10–14
С	–	12–14	9–10	36–40	15–20
<i>Подрост</i>					
5Б4С1Е+Л+В	0.3–0.4	до 10	–	–	–
Б	–	2.5–4	1	3–7	3
С	–	1.5–2	0.4	20	2
ПП-2					
<i>Спелый и приспевающий древостой</i>					
9С1Т+Б	0.5	17	–	–	–
С	–	13–14	10	42	13–15
Т	–	17	5	40	30–32
Б	–	15	6.5–7	30	15
<i>Подрост</i>					
6СЗБ1Т	0.05	6	–	–	–
С	–	1.3	0.3	12	6–8
Б	–	0.7	0.4	2	2
Т	–	5–6	3–4	10	5

Примечание. Б – береза, С – сосна, Л – лиственница, Е – ель, В – вяз, Т – тополь.

калина обыкновенная *Viburnum opulus* L., клен ясенелистный *Acer negundo* L. В травяном ярусе отмечены 12 видов с общим проективным покрытием (ОПП) 50 %. По весовому соотношению содоминантами являются бобовые (50 %) и разнотравье (44 %): донник белый *Melilotus albus* Medik. и желтый *M. officinalis* (L.) Pall., горошек крупнолодочковый *Vicia megalotropis* Ledeb., клевер луговой *Trifolium pratense* L., василек шероховатый *Centaurea scabiosa* L., одуванчик обыкновенный *Taraxacum officinale* Wigg. и др.

ПП-1-2. В составе подлеска появляется черемуха птичья *Padus avium* Mill. В травяном ярусе отмечено 16 видов, ОПП 20 %. Содоминантами также являются бобовые (42 %) и разнотравье (50 %): донник желтый и белый, клевер луговой, горошек крупнолодочковый, клевер золотистый *Trifolium aureum* Poll., василек шероховатый, грушанка круглолистная *Pyrola rotundifolia* L.,

ястребинка зонтичная *Hieracium umbellatum* L. и др. Здесь же зафиксированы местообитания редких видов семейства орхидных – любки двулистной *Platanthera bifolia* (L.) Rich., дремлика зимовникового *Epipactis helleborine* (L.) Grantz, тайника яйцевидного *Listera ovata* (L.) R. Br.

Продуктивность травостоя на участке с посадкой березы составляет в среднем 15.6 ц/га сырой и 4.7 ц/га сухой фитомассы.

ПП-2. В подлеске преобладает рябинник рябинолистный, присутствует акация желтая, реже встречаются черемуха птичья, яблоня ягодная, клен ясенелистный, рябина сибирская, шиповник иглистый *Rosa acicularis* Lindl., лох серебристый, свидина белая *Swida alba* (L.) Oriz, очень редко – калина обыкновенная. В ботаническом составе травостоя ПП-2 представлены 42 вида из 16 семейств, ОПП травянистого яруса 40 %. По соотношению масс доминантами являются представители разнотравья (74 %): борщевик

рассеченный *Heracleum dissectum* Ledeb., володушка золотистая *Vupleurum aureum*, грушанка круглолистная, кипрей узколистный *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, молочай лозный *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit., одуванчик обыкновенный, ортилия однобокая *Orthilia secunda* L., подорожник большой *Plantago major* L. и Урвиллея *P. urvillei* Opiz, сныть обыкновенная *Aegopodium podagraria* L. Бобовые и злаки представлены реже (12 и 14 % соответственно): ежа сборная *Dactylis glomerata* L., пырей ползучий *Elytrigia repens* (L.) Nevski, полевица тонкая *Agrostis tenuis* Sibth., горошек однопарный *Vicia unijuga* A. Br. и мышинный *V. cracca* L., клевер ползучий *Trifolium repens* L., люцерна посевная *Medicago sativa* L. и серповидная *M. falcata* L. Продуктивность травостоя составляет 45.3 ц/га сырой и 17.5 ц/га сухой фитомассы.

III-3. Разнотравно-злаковое сообщество на технозем. В вертикальном расчленении сообщества различаются высокотравье (100–120 см), среднетравье (40–50 см) и низкотравье (25 см), моховой покров отсутствует. Продуктивность травостоя составляет 115 ц/га сырой и 54 ц/га сухой фитомассы. Видовой состав сообщества представлен 40 видами из 10 семейств, ОПП 90 %.

Доля разнотравья составляет 64 %: бодяк щетинистый *Cirsium setosum* Willd. Bess., василек шероховатый, нивяник обыкновенный *Leucanthemum vulgare* L., одуванчик лекарственный, пупавка красильная *Anthemis subtinctoria* Dobroc., репейничек волосистый *Agrimonia pilosa* Ledeb., тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L., черноголовка обыкновенная *Prunella vulgaris* L. и др. Эдификатором в сообществе является донник желтый. Обильно представлены горошек мышинный, клевер луговой, чина луговая *Lathyrus pratensis* L., реже – горошек крупнолодочковый, донник белый, клевер люпиновый *Trifolium lupinaster* L. Основные представители среди злаков – ежа сборная, овсяница луговая *Festuca pratensis* Huds., вейник тростниковый *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth, пырей ползучий.

III-4. Группово-зарослевое сообщество на шахтной породе. В вертикальном расчленении сообщества различаются подрост сосны и тополя высотой 200–250 см, высокотравье (90–100 см), среднетравье (40–50 см), моховой покров разрежен. Запас сырой фитомассы составляет 20.7, а сухой – 7 ц/га. В сообществе отмечены 36 видов из 12 семейств, ОПП 45 %.

Долевое участие разнотравья составляет 72 %: козлобородник восточный *Tragopogon orientalis* L., коровяк обыкновенный *Verbascum thapsus* L., латук татарский *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., мать-и-мачеха обыкновенная *Tussilago farfara* L., нивяник обыкновенный, полынь горькая *Artemisia absinthium* L., полынь обыкновенная *A. vulgaris* L. Реже представлены бодяк щетинистый, несляя метельчатая *Neslia paniculata* (L.) Desv., липучка растопыренная *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., мелколепестник едкий *Erigeron acris* L., молочай лозный, полынь метельчатая *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., чертополох курчавый *Carduus crispus* L. и др.

Бобовые и злаки встречаются в равных долях (по 14 %). Обильны донник желтый, полевица тонкая, мятлик луговой *Poa pratensis* L., реже встречаются клевер луговой, горошек мышинный, донник белый, ячмень гривастый *Hordeum jubatum* L., клевер гибридный *Trifolium hybridum* L., ежа сборная.

Геоботаническое описание постоянных ПП на территории ПТК показало, что в настоящее время на поверхности отвала сформировались растительные сообщества, состояние которых определяется видом высаженных культур, соответствующим этапом сингенеза и качеством грунтов, на которых формируется растительный покров.

Таким образом, даже в сравнении с естественными ландшафтами, расположенными в тех же климатических условиях, отвал обладает достаточно высоким ботаническим разнообразием – в составе его растительного комплекса присутствуют 113 видов растений, принадлежащих к 36 семействам.

Представленные виды растений способны успешно функционировать в условиях техногенных ландшафтов (повышенная каменистость и ксероморфизм, низкое содержание биогенных элементов в породе отвала и др.). Так, в составе флоры на участке самозарастания на шахтной породе (ПП-4) особенно выражено представительство бобовых, следовательно, может происходить накопление биогенного азота в породе отвала для последующих растительных сообществ. На участке с техноземом при естественном зарастании уже появляются условия для обитания дерновинных растений и формирования устойчивого дернового горизонта.

В состоянии лесного яруса отмечается ряд особенностей: высокая плотность посадок при малой сомкнутости крон и, как следствие, значительная затененность, появление ослаблен-

ных деревьев и очень низкий уровень устойчивого лесовозобновления в целом.

Характеристика почвенного покрова на ПП-3. Согласно более ранним исследованиям техногенных ландшафтов, почвообразование протекает в сингенезе со стадиями растительных сукцессий. Напомним, что в благоприятных условиях происходит эволюция эмбриоземов инициальных в органоаккумулятивные, дерновые и затем в гумусово-аккумулятивные. Чем быстрее идет эволюция почвенного покрова, тем выше эффективность рекультивационных работ (Андроханов, 2003).

Структура почвенного покрова отвала весьма мозаична и характеризуется следующим соотношением площадей молодых почв: эмбриоземы инициальные – 27 %, органоаккумулятивные – 52 %, эмбриоземы дерновые – 18 %, эмбриоземы гумусово-аккумулятивные и технозем гумусогенный – 3 %. Таким образом, характеризуя общее почвенно-экологическое состояние данного ПТК, его можно считать удовлетворительным, так как основные площади заняты эмбриоземами дерновыми и органоаккумулятивными.

Крупномасштабное картографирование в пределах обследованных ПП показало, что парцеллярность почвенного покрова особенно заметна на участках самозарастания на шахтной породе. На этом участке (ПП-4) доля эмбриоземов инициальных составляет 75 %, органоаккумулятивных – 25 %. Другие типы эмбриоземов на этом участке за 20 лет не сформировались, и его почвенно-экологическое состояние неудовлетворительное, но в последние годы естественное зарастание здесь активизировалось.

Ниже приводится описание почвенного профиля эмбриозема инициального, характеризующего начальные этапы преобразования исходного субстрата.

S_1 (0–5 см) – цвет неоднородный – от темно-серого до черного, в составе встречаются шахтная порода, аргиллиты на углистом и железистом цементе, рыхлый, содержание каменистых отдельностей размером до 5 см 70–80 %.

S_2 (глубже 5 см) – цвет темно-серый с примесью светло-коричневого от обломков песчаников, плотный, каменистый, бесструктурный.

Из описания следует, что на данном участке почвообразование идет очень медленно и только в самых верхних слоях шахтной породы.

На участке техноземов с травянистым покровом (ПП-3) с отсыпкой суглинков и плодородного слоя преобладает технозем гумусо-

генный – 70 %. Эмбриоземы распространены только по периметру участка – там, где не отсыпан суглинок и плодородный слой. В этой части ПП-3 эмбриоземы инициальные занимают 5 %, органоаккумулятивные и дерновые – 25 %.

В почвенном покрове ПП-3 преобладает технозем с благоприятными условиями для почвообразования и развития растительности, поэтому почвенно-экологическое состояние этого участка характеризуется как хорошее.

Строение почвенного профиля технозема гумусогенного:

A_0 (0–2 см) – светло-бурый слаборазложившийся степной войлок.

A_d (2–4 см) – темно-бурая дернина мелкокомковатой структуры, уплотненная, тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

A_1 (4–15 см) – светло-серый, комковато-зернистой структуры, рыхлый, тяжелый суглинок с включениями каменистых отдельностей.

AD (15–20 см) – комковатой структуры, уплотнен, с включениями ПСП, с небольшими охристыми пятнами от полуразложившихся песчаников, переход резкий в подстилающую породу.

D (20–30 см) – темно-серого цвета бесструктурная плотная шахтная порода с многими каменистыми отдельностями до 10 мм в диаметре, но без крупных камней.

На участках с лесными посадками березы и сосны в почвенном покрове ПП-1 и ПП-2 преобладают эмбриоземы органоаккумулятивные (до 80 %). На этих участках встречаются эмбриоземы инициальные (до 7 %) и гумусово-аккумулятивные (около 3 %). Оставшиеся 10 % площади этих участков занимают эмбриоземы дерновые. С учетом проведенных исследований можно считать, что процессы почвообразования на этих участках замедлены. Однако, учитывая высокую биомассу на этих участках и в целом хорошее состояние древостоя, можно оценить почвенно-экологическое состояние данных рекультивированных участков как удовлетворительное. Приведем описание профилей молодых почв, характерных для площадок с лесной рекультивацией на отвале.

Эмбриозем органоаккумулятивный (посадки сосны обыкновенной).

A_0A_1 (0–2 см) – темно-бурая подстилка представлена разложившимся хвойным опадом с минеральной частью; мелкозернистая структура, рыхлый, легкий суглинок, переход выражен по цвету и плотности.

Таблица 2. Основные физико-химические показатели молодых почв отвала

Почвенный горизонт	$C_{орг}$, %	ЕКО _{стр} , мг-экв на 100 г почвы	pH
<i>Эмбриозем инициальный (ПП-4)</i>			
C ₁ (0–5 см)	7.64	19.63	8.49
C ₂ (5–10 см)	14.30	18.20	8.81
<i>Технозем гумусогенный (ПП-3)</i>			
A ₀ (0–2 см)	–	–	–
A _д (2–4 см)	4.51	26.39	6.97
A ₁ (4–15 см)	2.87	36.86	8.19
AD (15–20 см)	2.42	30.92	8.26
D (20–30 см)	26.40	7.85	7.95
<i>Эмбриозем органоаккумулятивный (ПП-2)</i>			
A ₀ A ₁ (0–2 см)	–	45.77	6.90
AB (2–10 см)	2.15	19.01	7.68
BC (10–25 см)	1.39	21.75	7.81
C (25–40 см)	0.84	22.98	7.86
<i>Эмбриозем дерновый (ПП-1)</i>			
A _д (0–2 см)	10.20	33.00	7.42
AB (2–15 см)	5.40	31.66	7.98
BC (15–26 см)	0.98	22.38	7.80
C (26–40 см)	1.42	18.05	8.01

AB (2–10 см) – бурый, рыхлый, хорошо разложившиеся аргиллиты и алевролиты, обломки мельче, чем в горизонте BC.

BC (10–25 см) – бурый, бесструктурный, менее плотный, чем горизонт C, обломки аргиллитов мельче, чем в нижнем горизонте, встречаются корни растений.

C (25–40 см) – светло-бурый, бесструктурный, плотный, большое количество обломков аргиллитов, единичные корни растений, влажный.

Эмбриозем дерновый (посадки березы по-вислой).

A_д (0–2 см) – светло-серый, мелкокомковатой пылеватой структуры, рыхлый, средний суглинок, включения каменистых отдельностей до 50 %, заметный переход по окраске и плотности.

AB (2–15 см) – светло-бурый, уплотнен, тяжелый суглинок, комковатой структуры, включения каменистых отдельностей до 70 %, переход постепенный по плотности.

BC (15–26 см) – светло-бурый, плотный, средний суглинок, много включений обломков аргиллитов на железистом цементе, среднее количество корней, переход постепенный по плотности.

C (26–40 см) – светло-бурый, очень плотный, средний суглинок, большое количество обломков аргиллитов, корней нет.

Основными неблагоприятными факторами почвообразования на отвале являются значительная ксерофитизация, высокая плотность и каменистость субстрата, а также склонность шахтной породы к возгоранию. В результате развития гипергенных и почвообразовательных процессов в поверхностных слоях отвала в последние годы фиксируется уменьшение плотности в верхних частях профилей благодаря дезинтеграции пород при выветривании и более активном воздействии биогенных факторов. Плотность сложения в верхнем 10-сантиметровом слое на эмбриоземах в среднем составляет 1.4–1.5 г/см³. На техноземе плотность сложения находится в пределах 1.1–1.3 г/см³.

Процессы накопления органического вещества в верхних частях профилей особенно выражены в верхнем 2–3-сантиметровом слое (табл. 2). Исследование химических свойств почв показало значительное содержание органического углерода $C_{орг}$ в горизонте A_д технозема гумусогенного – 4.51 % с плавным снижением до 2.42 % на глубине 20 см. На участках с лесной рекультивацией установлено невысокое содержание гумусовых веществ. В верхних слоях профилей на этих участках доля гумусовых веществ составляет до 2.15 %. Исключение составляет ПП-1, где высокая концентрация гумусовых веществ (10.20 %) в дерновом горизонте

обусловлена как процессами гумусонакопления, так и примесью угольных частиц. С ней же связано и значительное увеличение содержания $C_{орг}$ в породе субстрата отвала (до 26.40 %), особенно это проявляется на ПП-3 и ПП-4.

Для молодых почв отвала также характерны высокие значения $EKO_{ст}$ – до 36.86 мг-экв на 100 г почвы в горизонте A_1 технозема на участке ПП-3 и до 31.66 мг-экв на 100 г почвы в горизонте АВ эмбриозема органоаккумулятивного на участке посадок березы (ПП-1). Следует отметить, что хаотичность в распределении значений $EKO_{ст}$ по глубине профилей связана в основном с хаотичностью распределения гранулометрического состава породы отвала. Реакция рН в основном нейтральная и слабощелочная, находится в пределах 6.97–8.26 ед. на техноземе и 6.90–8.81 ед. в эмбриоземах. Значения рН хаотично распределены по профилям, что во многом связано с составом пород и особенностями рельефа отвала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей развития почвенно-растительного комплекса на рекультивированном отвале, оценить почвенно-экологическое состояние и перспективы восстановления данного техногенного ландшафта.

Структура почвенного покрова отвала включает в себя основные типы молодых почв – эмбрио- и техноземов. На ПП с лесной рекультивацией с посадками сосны и березы преобладают эмбриоземы органоаккумулятивные с хорошо развитым горизонтом лесной подстилки. На участке самозарастания на шахтной породе доминируют эмбриоземы инициальные. На ПП с отсыпкой корнеобитаемого слоя из смеси суглинка и плодородного слоя сформировался устойчивый травянистый фитоценоз со значительным видовым обилием сообщества и наибольшим запасом травянистой фитомассы, что способствует развитию процессов гумусообразования и восстановлению всего комплекса почвенных процессов.

Часть отвала с практически восстановленным растительным покровом и с молодыми почвами – эмбриоземами органоаккумулятивными и дерновыми, способна выполнять основные экологические функции, поэтому имеет удовлетворительное почвенно-экологическое состояние, позволяющее устойчиво произрастать древесным видам, нетребовательным к почвенному плодородию. Почвенно-экологическое состоя-

ние участка самозарастания на шахтной породе, где преобладают эмбриоземы инициальные, характеризуется как неудовлетворительное, т. е. данный субстрат непригоден для биологической рекультивации. Поэтому без существенного улучшения свойств пород этот участок длительное время будет восстанавливать растительный и почвенный покров и может оказывать негативное воздействие на прилегающие участки.

Значительная доля эмбриоземов дерновых и технозема в структуре почвенного покрова отвала говорит о хорошем почвенно-экологическом состоянии этих местообитаний и о благоприятном прогнозе дальнейшего восстановления. Наличие таких площадей в совокупности с лесными посадками позволяет обеспечивать выполнение средозащитных функций данного ПТК, что особенно важно в связи с его расположением на территории города, в санитарно-защитной зоне крупного металлургического предприятия.

Таким образом, можно констатировать, что рекультивационные работы, выполненные в 70-е гг. на основной территории отвала «Байдаевского» разреза, позволили обеспечить ей удовлетворительное и хорошее почвенно-экологическое состояние, что доказывает их эффективность. ПП-4 на шахтной породе характеризуется неудовлетворительным почвенно-экологическим состоянием и нуждается в повторном выполнении рекультивации с целью улучшения свойств субстрата. Мозаичность почвенного покрова и растительности объективно характеризует эффективность рекультивации на данном отвале. Обусловлена она различиями свойств субстрата, на котором развивается растительный покров, и растительных сообществ, сформировавшихся в результате проведения рекультивационных работ и/или при естественном зарастании.

Авторы признательны канд. биол. наук Н. Б. Ермак за помощь в составлении геоботанических описаний пробных площадок и проведении рекогносцировочных лесопатологических обследований фитоценозов отвала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Андроханов В. А. Сингенез почвенно-генетических и биологических процессов в техногенных ландшафтах Кузбасса // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2003. Приложение № 7. С. 16–23.

- Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 205 с.
- Андроханов В. А., Курачев В. М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2009. № 2. С. 165–169.
- Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
- Баранник Л. П. Лесопосадки на послепромышленных землях в Кузбассе // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, 1974. С. 237–240.
- Баранник Л. П. Эколого-биологические основы лесной рекультивации техногенных земель Кузбасса: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16; 03.00.05. Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 1991. 32 с.
- Доклад «О состоянии окружающей среды города Новокузнецка за 2013 год». Новокузнецк, 2013. 90 с.
- Доклад «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2013 году». Кемерово, 2014. 584 с.
- Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
- Мазикин В. П. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Кузбасса на пороге XXI века // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 1999. Т. 1. С. 3–22.
- Полевая геоботаника / под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина М.: Наука, 1972. Т. 4. 180 с.
- Рекомендации по лесной рекультивации нарушенных угледобычей земель в Кузбассе / Сост.: Л. П. Баранник, А. М. Шмонов, В. Л. Николаиченко. Кемерово, 2005. 26 с.
- Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кузбасса. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1975. 300 с.
- Уфимцев В. И. Современное состояние лесонасаждений и проблемы лесной рекультивации на отвалах угледобычи в Кузбассе // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. Биол., экол. 2013. № 3. С. 63–69.

CONDITION OF FOREST CROPS AND SOIL COVER AT RECLAIMED DUMP OF COAL MINE

V. A. Androkhanov^{1,2}, O. G. Berlyakova¹

¹ *Institute of Soil Science and Agrochemistry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Prospekt Akademika Lavrent'eva, 8/2, Novosibirsk, 630090 Russian Federation*

² *Institute for Water and Environmental Problems, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Molodeznaya Str., 1, Barnaul, 656038 Russian Federation*

E-mail: androhan@rambler.ru, berlyolga@yandex.ru

The investigation of processes of recovery of disturbed land at the urban areas is a new, urgent problem for industrialized centers. Currently disturbed areas where recovery operations are conducted by various reclamation technologies are within the city of Novokuznetsk area in Kuznetsk Basin. Monitoring investigations to determine their environmental condition and the level of natural ingredients recovery have not been conducted at these areas until recently. The lack of such information does not allow efficient analysis of the conducted reclamation activities and determination of the prospects for recovery and further use of such land. The paper presents the results of an investigation of forest plantations and areas with natural revegetation of disturbed areas, and the complex of soil studies to determine the basic physical and agrochemical characteristics of young soils formed on the disturbed surface is conducted. Based on these studies the vegetation and soil cover were characterized and the soil-ecological condition of the reclaimed areas from the 1970' stailings pile of «Baidaevskij» coal mine was assessed. As a result of reclamation activities, the sites with different plant communities are formed at the tailings pile surface. Botanic composition at the reclaimed areas represented species able to operate successfully in a technogenic landscapes. Because the grand dump territory is reclaimed by the forest approach the statement of forest is characterized by the special aspects, such as high density of planting with little crown density, high opacity and low level of stable forest recovery. The tailings pile sites reclaimed by different methods are characterized by specific soil-ecological condition, which can be used to assess the efficiency of reclamation. Soil-ecological assessment of the conducted reclamation efficiency is carried out on the basis of assessment of the soil, formed on the surface of the disturbed area. The more developed phytocoenosis formed in more developed soil areas, and therefore the better soil-ecological condition takes place after reclamation activity. The main tailings pile area is characterized by the satisfactory and good soil-ecological condition. This demonstrates that the currently formed natural-technogenic complex successfully functions that allows this area to carry out protection functions within the territory of city.

Keywords: *vegetation, soils, embryozems, disturbed lands, reclamation, monitoring, soil-ecological condition, Kuznetsk Basin.*

How to cite: *Androkhanov V. A., Berlyakova O. G. Condition of forest crops and soil cover at reclaimed dump of coal mine // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 2: 22–31 (in Russian with English abstract).*