Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 257–265 DOI: 10.17223/15617793/387/38

БИОЛОГИЯ

УДК 631.618

В.Г. Двуреченский, В.П. Середина

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КРАСНОГОРСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Рассматриваются экологические условия формирования и свойства почв техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза, представляющих собой внешние транспортные отвалы. На основе полевых и экспериментальных исследований выявлены специфические особенности функционирования техногенных почв в пределах данного каменноугольного разреза и показана направленность процессов формирования определенных типов эмбриоземов. Установлено, что на территориях месторождений образуются техногенные ландшафты, на поверхности которых со временем формируется почвенный покров, отличающийся от почвенного покрова естественных экосистем. Проведена почвенно-экологическая оценка современного состояния территорий, находящихся в зоне воздействия техногенного объекта.

Ключевые слова: Кемеровская область; техногенные ландшафты; почвенный покров; эмбриоземы; сукцессии; почвенно-экологическое состояние.

Потребность промышленности в сырье и энергии привела к экологическому кризису тех регионов, в которых по сей день ведутся интенсивная добыча и переработка полезных ископаемых. Авторы считают, что вмешательство человека в природные процессы, такие как полное уничтожение почв и лесов, изменение рельефа, вынос глубинных пород на поверхность и т.п., наблюдаемых в лесостепной зоне и горно-таежном поясе Кузбасса, уже привели к экологической катастрофе, т.е. к необратимым последствиям. Добыча и переработка полезных ископаемых с каждым годом увеличивается, тем самым захватывая естественные территории. Восстановление нарушенных ландшафтов путем самовосстановления и рекультивации – процесс достаточно долгий и не приводящий ландшафт в первоначальное состояние. Мероприятия по реабилитации техногенных земель не успевают охватить все площади. В связи с этим проблема изучения почв техногенных ландшафтов, отличающихся от природных структурой, спецификой круговорота химических элементов и биологической продуктивностью, актуальна и имеет большое народно-хозяйственное значение.

Почвы Кемеровской области достаточно хорошо исследованы, тогда как почвы техногенных ландшафтов лесостепной зоны, тем более горно-таежного пояса Кузбасса, изучены не в полной мере. Начало исследованию почв техногенных ландшафтов Кузбасса положили сотрудники Уральского государственного университета, Уральского ботанического сада и Института горного дела УРО РАН в 1950-х гг. Благодаря их работам были установлены закономерности естественного зарастания нарушенных земель, получены агрохимические характеристики субстратов отвалов, золо- и шламохранилищ [1, 2]. В 1969 г. в институте почвоведения и агрохимии СО РАН была организована лаборатория рекультивации почв. Сотрудниками лаборатории были проведены многолетние, значительные по охвату территории, а также объему, исследования [3, 4]. Благодаря этим исследованиям получены оригинальные материалы, характеризующие специфику почвообразования на нарушенных территориях. По сей день одной из важнейших задач этого коллектива является составление обзорной картины распространения техногенных ландшафтов в Сибири и других регионах [5, 6].

Целью настоящей работы явилось определение особенностей формирования почвенного покрова отвалов Красногорского каменноугольного разреза, расположенного в черте г. Междуреченска Кемеровской области, и оценка почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов, представляющих собой внешние транспортные отвалы. Субстрат отвалов состоит из хаотичной смеси вскрышных (покровные глины, тяжелые суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород. Возраст отвалов около 60 лет. Материал для исследования подобран с выположенных и спланированных участков, оставленных под самозарастание, т.е. с тех участков, на которых был проведен горнотехнический этап рекультивации.

Для изучения почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов применялись следующие подходы: сравнительно-генетические, сравнительно-аналитические и сравнительно-географические, которые позволили сопоставить почвенный и растительный покров исследуемых объектов, дать морфологическую характеристику профилей эмбриоземов и выявить их особенности. В ходе исследований проведена количественная оценка запасов фитомассы в пределах одного контура элементарного ландшафта. Биомасса определялась путем трехкратного укоса на трех аналитических площадках, площадью в один квадратный метр, расположенных по диагонали в пределах одного контура элементарного ландшафта. Исследовались сырая биомасса (масса свежесобранных вегетативных и генеративных органов растений) и сухая биомасса, определяемая при их высушивании (после взвешивания в сыром виде) до состояния сена.

Как известно, на каждом геоморфологическом участке техногенного ландшафта формируется специфический почвенный покров с закономерным размещением почв в пространстве. Для выявления особенностей почвенного покрова техногенных ланд-

шафтов используется картографический принцип исследования. Для этого в каждом варианте геоморфологического участка техногенного ландшафта закладывалась опытная площадка (S = 10 м^2), на которой проводилось детальное картографирование почвенного покрова со всей его парцеллярной структурой. По полученной почвенной карте вычислялись площади того или иного типа почв и их доля от всей площади геоморфологического участка.

В естественных условиях горно-таежного пояса Кузбасса формируются бурые горно-таежные почвы, которые развиваются на элюво-делювии плотных горных пород. Типодиагностическим горизонтом данных почв является выраженный гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 15 см с содержанием гумуса 6,1% при отсутствии четко выраженного элювиального горизонта. Бурые горно-таежные почвы обладают незначительной мощностью почвенного профиля (70–80 см), слабой дифференциацией на генетические горизонты, бурой окраской всего профиля, отсутствием иллювиально-карбонатного горизонта. На поверхности почвы отмечается опад, который при интенсивных биологических процессах минерализуется с накоплением подстилки в виде органоперегнойных остатков мощностью до 6 см. Бурые горно-таежные почвы обладают высокой биологической продуктивностью, несмотря на кислую или слабокислую реакцию среды. Поскольку эти почвы формируются на плотных породах, то в их профиле присутствуют щебнистые частицы, содержание которых увеличивается с глубиной. Формирование бурых горно-таежных почв происходит по типу буроземообразования, основными слагающими процессами которого являются гумусово-аккумулятивный, оглинивание и лессиваж. Эмбриоземы горно-таежного пояса являются антропогенными образованиями, генетические признаки которых должны контролироваться особенностями зональных факторов почвообразования и сравниваться с таковыми фоновых почв. Бурые горно-таежные почвы, выступающие в качестве фоновых, в районе исследований являются широко распространенными и формируются в автоморфных позициях, как и исследуемые эмбриоземы.

Разрез 1 (бурая горно-таежная среднесуглинистая почва) заложен в пределах Красногорского угольного разреза на выположенном участке северо-западного склона под естественной растительностью: древесный ярус – пихта, береза, осина; кустарниковый ярус – черемуха, рябина, малина; травянистый ярус – борщевик, бодяк, борец, володушка, дудник, скерда, вейник, овсяница.

Формула почвенного профиля: АО + АУ + ВМ + ВМС + С.

Классификационная принадлежность в соответствии с современной классификацией и диагностикой почв России [6]: ствол – постлитогенные почвы; отдел – структурно-метаморфические почвы; тип – буроземы; подтип – типичные; род – ненасыщенные; вид – мелкие.

АО 0–5 см. Подстилка, состоящая из свежего, полуразложившегося опада древесной и травянистой растительности этого года и разложившегося опада прошлого года.

АУ 5–16 см. Серовато-бурый, с множеством мелких и крупных корней, мелкокомковатый, среднесуглинистый, свежий, рыхлый. Переход по плотности и окраске резкий.

ВМ 16–40 см. Бурый со светло-бурыми глинистыми кутанами и охристыми пятнами окиси железа, с множеством корней, присутствуют включения в виде мелкого и среднего щебня, комковато-ореховатый, среднесуглинистый, плотнее предыдущего. Переход по плотности и окраске резкий.

ВМС 40–65 см. Бурый, с единичными корнями древесной растительности, присутствуют включения в виде среднего щебня, мелкоореховатый, тяжелосуглинистый, плотнее предыдущего. Переход по плотности и окраске резкий.

С 65 см и ниже. Сплошной слой из среднего и крупного щебня.

Почвенный покров техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза представлен различными типами эмбриоземов. В посттехногенный период развития ландшафта, при проведении рекультивационных работ или в результате естественного восстановления нарушенных земель, формируется специфический почвенный покров. Для реализации цели исследования в работе использовалась классификация почв техногенных ландшафтов, разработанная в лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск) [7]. В соответствии с данной классификацией в составе формирующегося почвенного покрова на территории Красногорского каменноугольного разреза выделены преобладающие четыре основных типа эмбриоземов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые, гумусово-аккумулятивные. В соответствии с классификацией почв России [8] эмбриоземы относятся к стволу техногенных поверхностных образований. Эмбриоземы инициальные принадлежат к подгруппе литостратов, группе натурфабрикатов. Эмбриоземы органо-аккумулятивные можно отнести к типу псаммоземов, принадлежащих отделу литоземов. Дерновые и гумусово-аккумулятивные типы эмбриоземов близки к псаммоземам и пелоземам гумусовым из отдела литоземов. Эмбриоземы инициальные – эволюционно молодой тип почвоподобных тел, морфологическим признаком которых является отсутствие биогенного горизонта. Примитивность (или отсутствие) профиля данного типа обусловлена недостаточной интенсивностью преобразования субстрата, составляющего отвал, вследствие отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов.

Разрез 2. Заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала в пределах Красногорского угольного разреза. Растительность: кустарниковый ярус – ива; травянистый ярус – фрагментарно мать-и-мачеха, мхи, лишайники.

Формула почвенного профиля: С.

Классификационная принадлежность в соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов [7]: ствол – постлитогенные почвы; класс – биогенно-неразвитые; тип – эмбриозем инициальный; подтип – типичный; род – обычный; вид – не выделяется.

С 0–40 см. Мелкозем темно-серый, бесструктурный, легкосуглинистый, рыхлый, сухой. Крупнозем представлен алевролитами, песчаниками, аргиллитами, присутствует большое количество углистых частиц. Каменистость 96%. Ниже сплошной слой крупных камней.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития молодых почв техногенных ландшафтов. В данном типе эмбриоземов профиль еще не дифференцирован, но на поверхности формирующейся почвы уже присутствует типодиагностический горизонт, представляющий собой слой неразложившейся подстилки. Гумификация аккумулированных растительных остатков ограничивается незначительным количеством организмов деструкторов.

Разрез 3. Заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала в пределах Красногорского угольного разреза. Растительность: древесный ярус – сосна, береза, осина; кустарниковый ярус – черемуха, ива; травянистый ярус – земляника лесная, осока, мох, лишайник.

Формула почвенного профиля: $A_0 + C_1 + C_2$.

Классификационная принадлежность: ствол – постлитогенные почвы; класс – биогенно-неразвитые; тип – эмбриозем органо-аккумулятивный; подтип – типичный; род – обычный; вид – фрагментарный.

A_0 0–1 см. Полуразложившийся этого и разложившийся прошлого года опад древесной и травянистой растительности, свежий. Четкий переход по смене состава субстрата.

C_1 1–13 см. Мелкозем буровато-серый, с множеством мелких и крупных корней, присутствует большое количество углистых частиц, неяснокомковатый, легкосуглинистый, свежий. Крупнозем составляет 86%. Переход по плотности и окраске постепенный.

C_2 13–40 см. Мелкозем серый, с множеством мелких корней, присутствует большое количество углистых частиц, бесструктурный, среднесуглинистый, очень плотный, свежий. Крупнозем составляет 89%.

В эмбриоземах дерновых наблюдается профильная дифференциация минерального субстрата, которая диагностируется по биогенному горизонту $A_д$, представляющего собой дернину. При его возникновении начинается активное преобразование физических и химических свойств субстрата.

Разрез 4. Заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала в пределах Красногорского угольного разреза. Растительность: травянистый ярус – земляника лесная, осока, пижма, клевер, ежа сборная, нивяник, полынь, лютик, зверобой, кипрей, мышиный горошек, тимофеевка, полевица.

Формула почвенного профиля: $A_0 + A_д + C_1 + C_2$.

Классификационная принадлежность: ствол – постлитогенные почвы; класс – биогенно-неразвитые; тип – эмбриозем дерновый; подтип – типичный; род – обычный; вид – фронтальный.

A_0 0–1 см. Фрагментарный слой подстилки, состоящий из полуразложившихся остатков травянистой растительности, свежий. Переход заметный по характеру органического вещества.

$A_д$ 1–3 см. Слой дернины. Мелкозем темно-серый, с множеством мелких и крупных корней, присутствует большое количество углистых частиц, мелкокомковатый, среднесуглинистый, свежий. Крупнозем составляет 93%. Переход по плотности и окраске резкий, количество корней книзу заметно уменьшается.

C_1 3–15 см. Мелкозем темно-серый, с множеством корней, присутствует большое количество углистых частиц, неяснокомковатый, среднесуглинистый, рыхлый, свежий. Крупнозем составляет 95%. Переход по плотности и окраске постепенный.

C_2 15–20 см. Сплошной слой крупных камней, $d \geq 40$ см.

Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные – эволюционно наиболее развитые почвенные образования техногенных ландшафтов. Они обладают развитым профилем, в котором морфологически выделяются как дернина (горизонт $A_д$), так и гумусово-аккумулятивный горизонт (A_1), что свидетельствует о глубокой степени трансформации почвообразующего субстрата под воздействием процессов разложения и синтеза органического вещества. Появление гумусово-аккумулятивных эмбриоземов в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса Кузбасса определяет начало квазистационарной (или метастабильной) фазы почвообразования.

Разрез 5. Заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала в пределах Красногорского угольного разреза. Растительность: кустарниковый ярус – малина; травянистый ярус – мятлик, нивяник, ежа сборная, клевер, тысячелистник, полынь, земляника лесная, лютик, зверобой, осока, кипрей.

Формула почвенного профиля: $A_0 + A_д + A_1 + C$.

Классификационная принадлежность: ствол – постлитогенные почвы; класс – биогенно-неразвитые; тип – эмбриозем гумусово-аккумулятивный; подтип – типичный; род – обычный; вид – фронтальный.

A_0 0–1 см. Полуразложившийся опад, свежий. Переход заметный по характеру органического вещества.

A_d 1–4 см. Слой дернины. Темно-серый, с множеством корней травянистой растительности, мелкокомковатый, среднесуглинистый, плотнее предыдущего, свежий. Переход по плотности и окраске резкий.

A_1 4–7 см. Неоднородный, мелкозем темно-серый, среднесуглинистый, рыхлый, свежий, не ясно выраженная комковато-зернисто-пылеватая структура, с множеством мелких корней, присутствует большое количество углистых частиц. Переход постепенный по плотности и окраске. Количество мелких и средних камней к низу увеличивается.

С 7 – 60 см. Мелкозем темно-серый, среднесуглинистый, свежий, бесструктурный, с большим количеством углистых частиц. Крупнозем составляет 91%.

Из приведенных морфологических описаний следует, что одним из специфических признаков эмбриоземов является хаотичная смесь обломочного материала, представленного песчаником, аргиллитами, алевролитами, мелкоземом и включениями углистых частиц. В профиле эмбриоземов определяется большое количество крупнозема (табл. 1). Существенное влияние на развитие почв оказывает фракционный состав пород. Наличие большого количества крупнообломочного материала приводит к ухудшению физи-

ческих свойств, резкому снижению влагоемкости, к увеличению водопроницаемости и уменьшению обеспеченности почвы питательными веществами. Наибольшей степенью каменистости характеризуются инициальные эмбриоземы. Количество мелкозема в этих эмбриоземах обычно не превышает 4–6% от массы породы. В гумусово-аккумулятивных эмбриоземах количество мелкозема увеличивается до 17%.

Таблица 1

Содержание крупнозема и мелкозема в эмбриоземах техногенных ландшафтов Красногорского угольного разреза

Горизонт	Глубина, см	Крупнозем, %	Мелкозем, %
Эмбриоземы инициальные, разрез 2			
C	0–40	96	4
Эмбриоземы органо-аккумулятивные, разрез 3			
C_1	1–13	86	14
C_2	13–40	89	11
Эмбриоземы дерновые, разрез 4			
A_d	1–3	93	7
C_1	3–15	95	5
C_2	15–20	96	4
Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, разрез 5			
A_d	1–4	83	17
A_1	4–7	85	15
C	7–60	91	9

Таким образом, в морфологическом отношении все исследованные эмбриоземы имеют некоторые черты сходства и различий. Сходство состоит в малой мощности почвенного профиля и слабой степени морфологической дифференциации минеральной части почвенного профиля на генетические горизонты. Различия главным образом заключаются в особенностях морфологии и генезисе биогенных горизонтов, в частности органогенных. В эмбриоземах инициальных органогенные горизонты отсутствуют; в органо-аккумулятивных – обязательно присутствует горизонт подстилки древесного и / или травянистого происхождения; в дерновых – подстилка может отсутствовать, но обязательно присутствует дернина; в гумусово-аккумулятивных – кроме дернового горизонта всегда присутствует горизонт гумусово-аккумулятивный.

Таким образом, профили эмбриоземов достаточно определенно различаются по набору и выраженности органогенных горизонтов, что отражает, во-первых, ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв, во-вторых – генетическую подчиненность всех других профилеобразующих процессов биологическим. Биологические процессы в эмбриоземах по сравнению с таковыми фоновых почв (бурых таежных) весьма специфичны. Если в автоморфных климаксных почвах процессы синтеза и аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества сбалансированы, то в молодых «почвоподобных» образованиях, каковыми являются эмбриоземы, процессы синтеза и аккумуляции органического вещества явно преобладают над минерализацией и гумификацией. По этой причине подстилка в эмбриоземах сохраняется значительно дольше, чем в фоновых почвах, а мелкозем в дерновом горизонте слабо прокрашен гумусом.

При сравнении морфологических признаков эмбриоземов и фоновых бурых таежных почв необходимо отметить следующие особенности: 1) невысокая мощность профилей эмбриоземов, составляющая 20 – 60 см, в то время как мощность почвенного профиля бурых таежных почв достигает более 60 см; 2) почвенный профиль бурых таежных почв, как и профиль эволюционно развитых эмбриоземов гумусово-аккумулятивных, слаборазвитый; 3) бурые таежные почвы, как и эмбриоземы, слабо дифференцированы по цвету и имеют преимущественно бурый оттенок профиля, за исключением верхних гумусовых горизонтов; 4) бурые таежные почвы имеют более мощный горизонт A_0 (до 5 см), тогда как в эмбриоземах, за исключением инициального, мощность подстилки не превышает 1 см; 5) если «захват» почвенного профиля бурых таежных почв корнями растений достигает 60 см, то в гумусово-аккумулятивных он составляет около 7–10 см из-за сильной каменистости пород, образующих субстрат отвала; 6) во всех типах эмбриоземов присутствуют углистые частицы, в то время как в бурых таежных почвах углистых частиц нет.

Почвообразование в техногенных экосистемах происходит со сменой стадий сингенетической сукцессии биоценоза, в результате чего развитие эмбриоземов в горно-таежном поясе Кузбасса при благоприятных условиях протекает поэтапно: инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные [9]. Изучение группового и фракционного состава железа показало генетическое сходство между бурыми таежными почвами и эмбриоземами органо-аккумулятивными [10]. Так как тип эмбриоземов определяется по типодиагностическому горизонту, а подтип – по происходящим в эмбриоземах почвообразовательным процессам (в нашем случае буроземообразование), то было предложено подтиповое название эмбриоземов – эмбриоземы органо-аккумулятивные буроземоподобные [Там же. С. 95].

Количественная оценка запасов фитомассы в эмбриоземах определялась исходя из того, что техногенные экосистемы коренным образом отличаются от природных прежде всего морфологическими параметрами, структурой и составом субстрата, альго-, микробо-, зоо- и фитоценозами, биологической продуктивностью, характером круговорота веществ и энергии, отсутствием развитого почвенного покрова, а также хозяйственной ценностью. При возникновении техногенных экосистем на поверхность выносятся коренные породы, которые обладают неблагопри-

ятными для жизни растений и животных свойствами. Первичное заселение растений, главным образом, зависит от гранулометрического состава и физических свойств поверхностного слоя пород, экспозиций откосов отвалов, т.е. основных эдафических условий, от которых зависят закрепление и прорастание случайно попавших семян. Поселение растений начинается в год прекращения отсыпки отвалов, а в некоторых случаях единичные растения появляются только на второй-третий и даже пятый год [11]. Число видов резко увеличивается в течение 10 лет, после чего их появление замедляется, но возрастают общее проективное покрытие и мозаичность травяного покрова и, как следствие, происходит массовое выпадение пионерных растений. Пионерными растениями являются представители семейств сложноцветных, маревых, крестоцветных и других, относящихся обычно к однолетним сегетальным и рудеральным растениям (полыни, кипрей, крапива, различные виды лебеды, горец, солянки и др.). Эти растения обладают огромной семенной продуктивностью, быстрым ростом, большой экологической пластичностью, способностью произрастать на бедных элементами минерального питания субстратах при отсутствии конкуренции.

На стадии простой растительной группировки образуются сообщества с преобладанием корнеотпрысковых, корневищных и глубокостержнекорневых растений [12]. В сложных растительных группировках уменьшается доля длиннокорневищных растений и возрастает роль рыхлокустовых злаков. Это обычно связывают с уплотнением субстрата, а также с обеднением корнеобитаемого слоя доступным азотом. Корнеобитаемый слой уплотняется в результате образования к этому времени иллювиального горизонта. Для достижения стадии замкнутого сообщества требуется много времени. К этому моменту процесс почвообразования интенсифицируется. Корни древесных растений проникают глубоко в толщу элювия вскрышных пород и выносят на поверхность из их глубин все новые вещества, которые затем идут в опад, а некоторая часть остается в многолетних органах растений.

Таким образом, каждому типу эмбриоземов соответствуют определенные растительные сообщества, которые проходят определенную стадию первичной сукцессии. На эмбриоземах выделены растительные группировки следующих стадий сукцессии: пионерная группировка на эмбриоземах инициальных; простая растительная группировка на эмбриоземах органо-аккумулятивных; сложная растительная группировка на эмбриоземах дерновых; сложившееся замкнутое сообщество на эмбриоземах гумусово-аккумулятивных.

Параллельная смена ценозов от пионерных группировок до сложных замкнутых фитоценозов сопровождается увеличением поступающего опада и наращиванием продуктивности растительных ассоциаций. При исследовании динамики накопления биомассы (табл. 2), было выявлено, что по мере формирования органогенных горизонтов в направлении от эмбриоземов инициальных к эмбриоземам гумусово-аккумулятивным происходит увеличение как сырой, так и сухой биомассы.

Эмбриоземы инициальные диагностируются отсутствием каких-либо органогенных горизонтов. Растительный покров на них практически не формируется. В эмбриоземах органо-аккумулятивных за счет увеличения общего проективного покрытия и развития травянистых растений происходит накопление на поверхности подстилки, которая является генетическим органогенным горизонтом (A_0). Сырая биомасса в данном типе эмбриоземов составляет 59 г/м^2. Последующее заселение и развитие луговых и таежных растительных ассоциаций, обеспечивающих сомкнутость покрова, способствует формированию в почвенном профиле дернины (горизонт A_d). Сырая биомасса эмбриоземов дерновых более чем в 10 раз превышает биомассу эмбриоземов органо-аккумулятивных. В эмбриоземах дерновых почвообразовательные процессы замедляются [10], значительно увеличивается число видов растений и, следовательно, увеличиваются запасы растительного вещества. Появление в профиле эмбриоземов, помимо дернины (горизонт A_d), гумусово-аккумулятивного горизонта (A_1), представляющего собой полуразложившийся органический материал, диагностирует эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, в которых растительные сообщества образуют сложный сомкнутый надземный и подземный покров. Содержание сырой биомассы составляет 1211 г/м^2.

Таблица 2

Результаты расчета биомассы почв техногенных ландшафтов Красногорского угольного разреза

Название почвы	Сырая биомасса, г/м^2	Сухая биомасса, г/м^2
Бурозем мелкий типичный	1 405	652
Эмбриоземы инициальные	Отсутствует	Отсутствует
Эмбриоземы органо-аккумулятивные	59	31
Эмбриоземы дерновые	664	231
Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные	1 211	448

Таким образом, в наиболее генетически развитых эмбриоземах дерновых и гумусово-аккумулятивных количество сырой и сухой биомассы выше, по сравнению с менее эволюционно развитыми эмбриоземами органо-аккумулятивными. В эмбриоземах инициальных ее вообще нет. Следует отметить, что запасов сырой и сухой биомассы в генетически развитых эмбриоземах меньше по сравнению с фоновыми бурыми таежными почвами. Данная закономерность подтверждается исследованиями [13], указывающими на то, что по мере увеличения возраста эмбриоземов отчетливо прослеживаются усиление их биологической активности, изменение характера трансформации органических веществ и выраженности гумусово-аккумулятивных процессов. В целом распределение биомассы в эмбриоземах связано с естественным процессом восстановления продуктивности и нормальным функционированием вновь формирующихся, путем естественного зарастания, экосистем.

Развитие растительности происходит чрезвычайно медленно, особенно на фитотоксичных породах.

Почвообразовательные процессы, протекающие на отвалах вскрышных пород, характеризуются значительной пространственной изменчивостью по различным показателям химического состояния почв, что объясняется пестротой состава вскрышных пород, сложностью макро- и микрорельефа и характером восстановления растительного покрова. Понятие «почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов» в настоящее время не является общепринятым. Официальным можно считать термин «экологическое состояние территории» [14]. При осуществлении работ по оценке экологического состояния территории объектом исследований может оказаться экологическое состояние любого параметра природной среды, в том числе почвенного покрова. В этом смысле представление о почвенно-экологическом состоянии техногенного ландшафта можно считать частным случаем. Главной проблемой при оценке экологического состояния территории является определение ее категории (относительное, удовлетворительное, напряженное, критическое, кризисное или катастрофическое).

Почвенно-экологические исследования строятся на диагностике состояния изучаемого техногенного ландшафта в плане оценки перспектив самовосстановления в этом ландшафте почвенного покрова как главного биокосного компонента любой наземной экосистемы. Так как поверхность техногенного ландшафта в любой момент времени представлена почвенным покровом с определенным типовым набором почв, а каждый тип почв характеризует свой, определенный законами сингенеза уровень жизнеобеспеченности биоценозов, то почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта может быть количественно оценено соотношением площадей, занятых различными типами почв. Почвенный покров техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса мозаичен, главной причиной которой является воздействие лимитирующих факторов, таких как особенности рельефного и литогенного строения ландшафта, экспозиции склонов и т.п.

По причине мозаичности почвенного покрова отвалов Красногорского каменноугольного разреза его картографирование осуществлялось в крупном масштабе. Такое требование предполагало необходимость применения специального подхода к выбору показательных участков картографирования. Вся территория техногенного ландшафта разделялась на множество геоморфологически однородных участков, характеризующихся сходным рельефом (горизонтальные поверхности, склоны определенной экспозиции и крутизны) и примерным одинаковым возрастом их элементов (деревья). Затем на каждом участке закладывалась серия площадок размером 10×10 м, на которых проводилось детальное картографирование почвенного покрова со всей его парцеллярной структурой. Полученная таким образом почвенная карта позволила вычислить площади определенных типов почв. Для исследования была использована рекомендация П. Грейга-Смита [15] и применена технология картографирования по транссектам, сущность которой заключалась в следующем: на выбранном геоморфологическом участке техногенного ландшафта закладывалась транссекта длиной 10 м и по мерной ленте проводилась фиксация длин сечения того или иного пересекаемого транссектой техногенного местообитания с соответствующим почвенным контуром. Отношение суммы длин сечения всех контуров определенного типа эмбриоземов достаточно хорошо отражает отношение их площадей. Такой метод обозначения состава почвенного покрова на любом геоморфологическом участке позволил относительно просто решить поставленную задачу – определить почвенно-экологическое состояние ландшафта.

Почвенный покров техногенных ландшафтов, особенно в течение первых 20 лет саморазвития, динамичен. Структура почвенного покрова, оцениваемая по соотношению площадей, занимаемых тем или иным типом эмбриоземов, постоянно менялась и изменяется до сих пор, что обусловлено высокими скоростями эволюции одних типов эмбриоземов по сравнению с другими. В тех местообитаниях, где складываются наиболее благоприятные для почвообразования условия, скорость формирования эмбриоземов и переход их из одной стадии в другую выше, чем там, где условия почвообразования по причине воздействия лимитирующих факторов наименее благоприятны. По этой причине по условиям почвообразования все местообитания исследуемого техногенного ландшафта разделились на три группы: 1) с условиями, не способствующими почвообразованию; 2) с условиями, способствующими медленной эволюции почв; 3) с условиями, способствующими быстрому формированию почв. При благоприятных условиях эмбриоземы инициальные постепенно эволюционируют в гумусово-аккумулятивные за неполные 20 лет. Если в течение 20 лет определяются участки, на которых не произошел переход от эмбриоземов инициальных к эмбриоземам органо-аккумулятивным, то такие местообитания навсегда останутся техногенными пустынями.

Условия почвообразования, складывающиеся на геоморфологически однородных участках техногенных ландшафтов, можно разделить на пять категорий: 1) неудовлетворительные, при которых почвообразовательные процессы не диагностируются, а развитие почвы в течение прагматически приемлемого срока (или срока смены поколений – 20 лет) остается на инициальной стадии; 2) удовлетворительные, при которых почвообразовательные процессы протекают медленно и не приводят за 20 лет к образованию эмбриоземов гумусово-аккумулятивных; 3) хорошие – когда эмбриоземы гумусово-аккумулятивные формируются за 20 лет и дольше; 4) очень хорошие, при которых эмбриоземы гумусово-аккумулятивные формируются в течение 10–20 лет с момента образования техногенного ландшафта; 5) отличные – когда эмбриоземы гумусово-аккумулятивные формируются менее чем за 10 лет [16. С. 19]. Данные временные категории являются условными, тем не менее они помогают решить некоторые задачи. Во-первых, можно воспользоваться единой шкалой, которая позволяет количественно измерять почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта в

категории и качественной оценки условий почвообразования. Во-вторых, появился инструмент для объективного анализа связи условий почвообразования со скоростью формирования разных типов эмбриоземов.

На фрагменте почвенной карты внешнего автомобильного отвала Красногорского каменноугольного разреза, представленного на рис. 1, номер площадки соответствует месту закладки разрезов основных типов эмбриоземов: *1* – гумусово-аккумулятивный, *2* – инициальный, *3* – дерновый, *4* – органо-аккумулятивный. Фрагмент карты показывает, что на участке № 1 эмбриоземы гумусово-аккумулятивные занимают 34% от всей площади, эмбриоземы дерновые и инициальные – 16,5%, органо-аккумулятивные – 33%. Условия формирования эмбриоземов на данном участке оцениваются как хорошие, в связи с тем что за 20 лет образовались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные. Следовательно, почвенно-экологическое состояние участка № 1 хорошее. На площадке № 2 эмбриоземы инициальные занимают 72% от всей площади. Так как на данном участке условия почвообразования не позволяют быстрому эволюционному развитию эмбриоземов, то состояние данного участка оценивается как неудовлетворительное. На участках № 3 и 4 почвообразование происходит медленно и оценивается как удовлетворительное, о чем свидетельствует отсутствие в течение 20 лет в составе почвенного покрова эмбриоземов гумусово-аккумулятивных. Осуществленная на данных принципах оценка техногенных ландшафтов свидетельствует о том, что в среднем почвенно-экологическое состояние техногенной экосистемы – Красногорского каменноугольного разреза – характеризуется как удовлетворительное (табл. 3).

Полученные данные свидетельствуют о том, что процессы почвообразования в техногенных ландшафтах замедлены по причине лимитирующих факторов (каменистость, дефицит влаги, крутизна склонов), поэтому их развитие происходит достаточно медленно, в течение длительного промежутка времени, в связи с чем исследованные эмбриоземы остаются либо на инициальной, либо на органо-аккумулятивной стадиях.

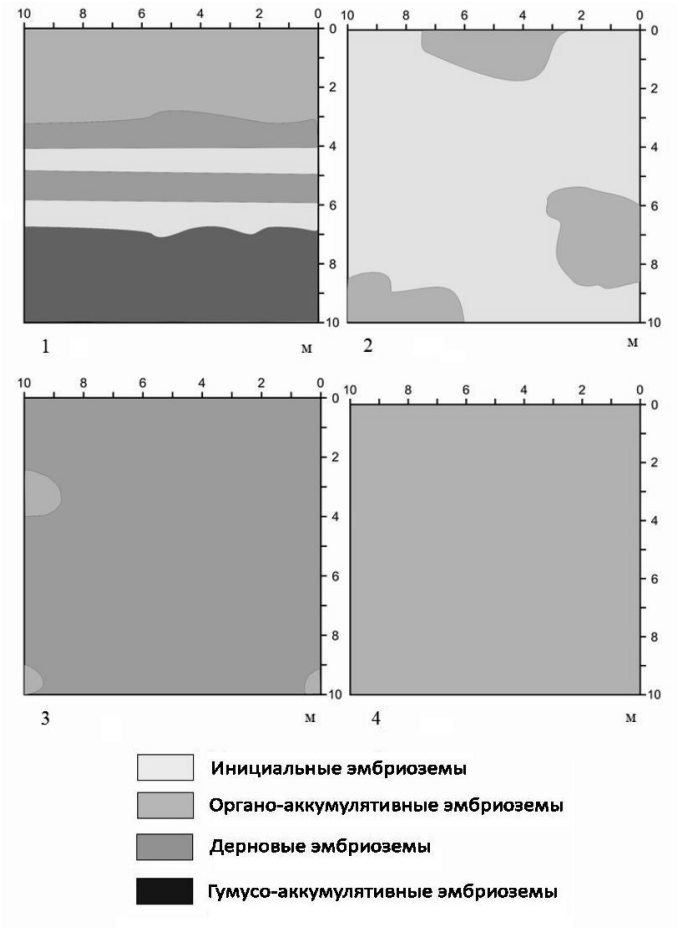


Рис. 1. Фрагмент почвенной карты породного отвала Красногорского каменноугольного разреза

Таблица 3

Оценка почвенно-экологического состояния Красногорского каменноугольного разреза

Состояние		% от общей площади
1	Неудовлетворительное	23,1
2	Удовлетворительное	42,3
3	Хорошее	26,9
4	Очень хорошее	7,7
5	Отличное	–

Следует отметить, что представленные материалы характеризуют усредненную картину почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза. Очевидно, что при значительном преобладании местообитаний, относящихся к 3, 4 и 5-й группам состояний, рекультивация изначально могла быть ограничена некоторыми горнотехническими и биологическими приемами (планировка поверхности, рыхление, посев трав, лесная рекультивация). Однако на исследуемой территории преобладают первые две группы, следовательно, для улучшения почвенно-экологического состояния, кроме проведения горнотехнического и биологического этапов рекультивации нужно было провести дополнительные мероприятия. То есть после формирования тела отвала, планировки его поверхности, необходимо было произвести отсыпку на спланированные участки потенциально плодородных пород мощностью не менее 30 см. В идеальном варианте – смесь потенциально плодородных пород с плодородным слоем почвы. Такие мероприятия проводятся в настоящее время на вновь создаваемых отвалах в горах Кузнецкого Алатау. То есть на поверхности отвалов создается субстрат для формирования корнеобитаемого слоя, тем самым закладывается своего рода потенциал для возможно быстрого восстановления нарушенной экосистемы.

Проведенные исследования нарушенных территорий в пределах горно-таежного пояса Кузбасса являются основой для оценки перспектив самовосстановления почв – главного компонента любой наземной экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Колесников Б.П.* О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации в СССР. Новосибирск, 1974. С. 12–25.
2. *Овчинников В.А.* Комплексность исследований по рекультивации земель, нарушаемых карьерами // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 90–96.
3. *Попов В.М., Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С.* Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для целей биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск : Наука, 1970. С. 25–41.
4. *Трофимов С.С.* Экология почв и почвенные ресурсы Кузбасса. Новосибирск : Наука, 1975. 300 с.
5. *Лопатовская О.Г., Двуреченский В.Г., Лазарева С.Л., Киселева Н.Д.* // Известия Иркутского государственного университета. 2012. Т. 5, № 2. С. 81–87.
6. *Соколов Д.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Госсен И.Н.* Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 364. С. 225–229.
7. *Курачев В.М., Андроханов В.А.* Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
8. *Классификация* и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
9. *Двуреченский В.Г.* Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
10. *Поморцева Н.С., Двуреченский В.Г.* Групповой состав железа в почвах техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // II Ковалевские молодежные чтения «Почва как базовый компонент наземных экосистем». Новосибирск : Окарина, 2013. С. 182–184.
11. *Шилова И.И., Логинова Н.Б.* Экологическая специфика отвалов предприятий цветной металлургии и оценка возможности создания на них культурфитоценозов // Растение и промышленная среда. Свердловск, 1974. С. 45–56.
12. *Щербатенко В.И., Кандрашин Е.Р.* Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск : Наука, 1977. С. 65–80.
13. *Середина В.П., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И.* Исследование процессов формирования органического вещества в нарушенных при угледобыче почвах // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 1 (17). С. 18–31.
14. *Критерии* оценки экологической обстановки для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М. : Мин-во охраны окр. среды и природн. ресурсов, 1992. 56 с.
15. *Грейг-Смит П.* Количественная экология растений. М. : Мир, 1967. 328 с.
16. *Андроханов В.А.* Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005. 34 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 26 мая 2014 г.

CHARACTERISTICS OF THE SOIL COVER OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE RED-MOUNTAIN COALMINE

Tomsk State University Journal. No. 387 (2014), 257-265. DOI: 10.17223/15617793/387/38

Dvurechensky Vadim G. Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: dvu-vadim@mail.ru

Seredina Valentina P. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: Seredina_V@mail.ru

Keywords: Kemerovo Region; technogenic landscapes; soil cover, embryozems; succession; soil-ecological condition.

Increasing anthropogenic impact on natural landscapes causes significant violation of the integrity of the soil cover until its destruction over large areas, which leads to the ecological crisis and environmental disaster. It is known that the destruction of soil intensively occurs in areas of mining by open pit method. The territories of deposits become man-made landscapes, on the surface of which soil cover forms eventually, and this soil differs from natural landscapes. The paper describes the peculiarities of soil formed on the waste dumps of coal mines in the mountain taiga belt of the Kuznetsk Basin. For the study of man-made landscapes comparative-genetical, comparative-analytical and comparative-geographical approaches were used were used that allow to compare the soil and vegetation of the objects, give morphological characteristics of embryozem profiles. In accordance with the substantively genetic soil classification of man-made landscapes it was found that the basis of soil in Krasnogorsk coal mine are 4 types of embryozems – initial, organic-accumulative, sod and humus-accumulative. Morphologically embryozems differ in sets and expression of organic horizons. The similarity is that they all have low power and low degree of morphological differentiation into

genetic horizons. Embryozem profiles vary in the set and expression of organic horizons, which reflects, first, the leading role of biological processes in the formation of the soil profile, and, secondly, the genetic subordination of all other profile-forming processes to the biological ones. Biological processes in embryozems compared with those of background soil are highly specific. Development of vegetation in the evolution of certain types of embryozems are accompanied with the complication of the floristic composition of plant groups, increasing degree of projective cover and biomass. Thus, each type of embryozems has regular plant communities that pass a certain stage of primary succession: pioneer groups on initial embryozems; simple vegetation grouping on organic-accumulative embryozems; complex plant groups on turf embryozems; prevailing closed community on humus-accumulative embryozems. The total soil-ecological condition of Krasnogorsk coal mine is quantitatively characterized by the ratio of areas occupied by different types of embryozems. Diagnosis of the state of man-made landscapes executed by mapping soil showed that the soil-ecological condition of the object under study is assessed as satisfactory. Soil-forming processes in the man-made landscape slowed because of the limiting factors (stoniness, moisture deficit, steep slopes), so in the long term embryozems develop slowly and remain on the initial or organic-accumulation stages of development.

REFERENCES

1. Kolesnikov B.P. *O nauchnykh osnovakh biologicheskoy rekul'tivatsii tekhnogennykh landshaftov* [On the scientific basis for biological reclamation of man-made landscapes]. In: *Problemy rekul'tivatsii v SSSR* [Problems of reclamation in the USSR]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1974, pp. 12-25.
2. Ovchinnikov V.A. *Kompleksnost' issledovaniy po rekul'tivatsii zemel', narushaemykh kar'erami* [A comprehensive study on land reclamation, violated by open pits]. In: *Rastitel'nost' i promyshlennye zagryazneniya* [Vegetation and industrial pollution]. Sverdlovsk, 1970. Issue 7, pp. 90-96.
3. Popov V.M., Ragim-zade F.K., Trofimov S.S. *Klassifikatsiya vskryshnykh porod Kuzbassa po prigodnosti dlya tseley biologicheskoy rekul'tivatsii* [Classification of Kuzbass overburden rocks by suitability for biological reclamation]. In: *Rekul'tivatsiya v Sibiri i na Urale* [Reclamation in Siberia and the Urals]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1970, pp. 25-41.
4. Trofimov S.S. *Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kuzbassa* [Soil ecology and soil resources of Kuzbass]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1975. 300 p.
5. Lopatovskaya O.G., Dvurechenskiy V.G., Lazareva S.L., Kiseleva N.D. Soils of technogenic landscapes at Novonukutsky gypsum mine in Preangaria. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya – The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2012, vol. 5, no. 2, pp. 81-87. (In Russian).
6. Sokolov D.A., Kulizhskiy S.P., Domozhakova E.A., Gossen I.N. Soil forming features under different environmental conditionsin anthropogenic landscapes of south Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*, 2012, no. 364, pp. 225-229. (In Russian).
7. Kurachev V.M., Androkhanov V.A. Klassifikatsiya pochv tekhnogennykh landshaftov [Soil classification of man-made landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2002, no. 3, pp. 255-261.
8. Shishov L.L. et al. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of Russian soils]. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p.
9. Dvurechenskiy V.G. *Geografo-geneticheskaya kharakteristika form zheleza v embriozemakh Kuzbassa*. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [Geographic and genetic characterization of the forms of iron in the Kuzbass embryozems. Biology Cand. Diss.]. Novosibirsk, 2011. 19 p.
10. Pomortseva N.S., Dvurechenskiy V.G. [Group composition of iron in soils of technogenic landscapes of Krasnogorsk carboniferous section]. *II Kovalevskie molodezhnye chteniya "Pochva kak bazovyy komponent nazemnykh ekosistem"* [I Kovalev youth readings "Soil as a core component of terrestrial ecosystems"]. Novosibirsk, 2013, pp. 182-184. (In English).
11. Shilova I.I., Loginova N.B. *Ekologicheskaya spetsifika otvalov predpriyatiy tsvetnoy metallurgii i otsenka vozmozhnosti sozdaniya na nikh kul'tur fitotsenozov* [Environmental specificity non-ferrous metallurgy dumps and assessment of the possibility of forming phytocenosis cultures on them]. In: *Rastenie i promyshlennaya sreda* [Plant and industrial environment]. Sverdlovsk, 1974, pp. 45-56.
12. Shcherbatenko V.I., Kandrashin E.R. *Estestvennaya rastitel'nost' otval'no-kar'ernykh landshaftov Sibiri* [Natural vegetation of dump landscapes of Siberia]. In: *Vosstanovlenie tekhnogennykh landshaftov Sibiri* [Recovery of technogenic landscapes of Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1977, pp. 65-80.
13. Seredina V.P., Alekseeva T.P., Sysoeva L.N., Trunova N.M., Burmistrova T.I. Organic matter formation processes research in lands damaged after mining operation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*, 2012, no. 1 (17), pp. 18-31. (In Russian).
14. *Kriterii otsenki ekologicheskoy obstanovki dlya vyyavleniya zon chrezvychaynoy ekologicheskoy situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya* [Criteria for assessing environmental conditions to identify areas of environmental emergencies and environmental disaster zones]. Moscow: Ministry of Natural Resources & Environmental Protection Publ., 1992. 56 p.
15. Greig-Smith P. *Kolichestvennaya ekologiya rasteniy* [Quantitative plant ecology]. Moscow: Mir Publ., 1967. 328 p.
16. Androkhanov V.A. *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka*. Avtoref. dis. d-ra biol. nauk [Soil and environmental condition of man-made landscapes: the dynamics and evaluation. Abstract of Biology Dr. Diss.]. Novosibirsk, 2005. 34 p.

Received: 26 May 2014