

УДК 631.618

***Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов
Новокузнецкого промышленного комплекса***

Двуреченский Вадим Геннадьевич, Андроханов Владимир Алексеевич
ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения
Российской академии наук (ИПА СО РАН), Новосибирск, Россия; [dvu-
vadim@mail.ru](mailto:dvu-vadim@mail.ru)

Аннотация:

В статье отражены особенности формирования почвенного покрова техногенных экосистем, формирующегося на различных субстратах. На основе результатов почвенного картирования дана оценка почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса, расположенного на юге Западной Сибири в Кемеровской области. Предложены некоторые варианты рекультивации.

В результате проведения рекультивационных работ и естественного восстановления растительности на поверхности техногенных экосистем образуются молодые почвы – эмбриоземы и техноземы. Качество таких почв и площади покрытия характеризуют почвенно-экологическое состояние экосистемы.

Почвенно-экологическое состояние Байдаевского угольного разреза считается хорошим, так как в течение 20 лет на его поверхности диагностируются наиболее эволюционно развитые эмбриоземы гумусово-аккумулятивные и техноземы гумусогенные. Почвенно-экологическое состояние золоотвалов Томь-Усинской Государственной районной электрической станции (ГРЭС) и хвостохранилищ Абагурской обогатительной фабрики считается неудовлетворительным, так как в течение длительного времени (около 20 лет), развитие почвенного покрова остановилось на инициальной и органо-аккумулятивной стадии, в связи со свойствами субстрата.

Физико-химическая характеристика разных типов почв техногенных ландшафтов выявила, что наиболее качественные изменения физико-химических свойств произошли в эмбриоземах и техноземах, формирующихся на отвале углераза; менее качественные – на хвостохранилищах и золоотвалах. Поэтому можно констатировать, что техногенный субстрат, слагающий золоотвалы и хвостохранилища менее пригоден для проведения биологической рекультивации. Без проведения рекультивационных работ мелиоративного плана, направленных на создание искусственного корнеобитаемого слоя, данные объекты будут длительное время негативно влиять на экологическую обстановку в районе их размещения.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, эмбриоземы, техноземы, рекультивация, почвенный и растительный покров, почвенно-экологическое состояние.

Soil-ecological state of technogenic landscapes of Novokuznetsk industrial complex

Dvurechenskiy Vadim G., Androhanov Vladimir A.

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; dvu-vadim@mail.ru

Abstract:

The article reflects the features of the formation of the soil cover of technogenic ecosystems that form on various substrates. Based on the results of soil mapping, an assessment of the soil-ecological state of technogenic landscapes of the Novokuznetsk industrial complex located in the south of Western Siberia in the Kemerovo region is given. Some variants of reclamation are offered.

As a result of recultivation work and natural restoration of vegetation, young soils are formed on the surface of man-made ecosystems - embriozems and technozems. The quality of such soils and coverage area characterize the soil-ecological state of the ecosystem.

The soil-ecological state of the Baydayevsky coal mine is considered good, since for the last 20 years the most evolutionarily developed embryozems humus-accumulative and technozems humusogenic have been diagnosed on its surface. The soil-ecological state of the ash dumps of the Tom-Usinsky State District Power Plant and the tailing dumps of the Abagursky concentration factory is considered unsatisfactory, since for a long time (about 20 years), the development of the soil cover has stopped at the initial and organo-accumulative stage, in connection with the properties of the substrate.

The physicochemical characteristics of different types of soils in man-made landscapes revealed that the most qualitative changes in physicochemical properties occurred in embryozems and technozems formed on a coal-cut dump; less qualitative - on tailing dumps and ash dumps. Therefore, it can be stated that the man-made substratum composing ash dumps and tailings is less suitable for carrying out biological recultivation. Without the recultivation works of the land reclamation plan aimed at creating an artificial root layer, these facilities will have a negative impact on the ecological situation in the area of their location for a long time.

Keywords: man-made landscapes, embriozems, technozems, recultivation, soil and vegetation cover, soil-ecological state.

Введение

В настоящее время в промышленно развитых регионах образовались техногенные экосистемы, различающиеся по технологиям формирования и отличающиеся от природных ландшафтов – это транспортные отвалы, возникающие при добыче угля открытым способом, шламохранилища и хвостохранилища обогатительных и агломерационных фабрик, золоотвалы ТЭЦ, ГРЭС и т.п.. В результате проведения рекультивационных работ и естественного восстановления растительности на поверхности названных техногенных экосистем образуются молодые почвы – эмбриоземы и техноземы. Качество таких почв и площади покрытия характеризуют почвенно-экологическое состояние экосистемы.

Цель исследования

Целью работы послужило исследование почвенно-экологического состояния основных видов техногенных объектов Новокузнецкого промышленного узла и выявление перспектив их развития и восстановления.

После техногенной фазы формирования ландшафта, на которой формируется каркасная основа ландшафта, рельеф, породы, восстановление растительного и почвенного покрова может происходить по двум основным направлениям: 1. В результате естественного восстановления растительности без улучшения техногенного субстрата на поверхности техногенных ландшафтов начинают развиваться молодые почвы – эмбриоземы, в которых почвенные свойства и режимы находятся на начальной стадии формирования [1]. 2. В процессе выполнения рекультивационных работ методами преобразования исходного техногенного субстрата создаются техноземы – почвоподобные образования с искусственно сформированным корнеобитаемым слоем [2].

Согласно ГОСТ 17.5.1.01–83 [5], рекультивационные работы выполняются в 2 этапа. На первом (горнотехническом) этапе происходит выколаживание отвалов. В дальнейшем на спланированные участки отсыпается плодородный слой почвы (ПСП) или же используются различные мелиоранты для улучшения техногенного субстрата. Таким образом, сформированные техноземы приобретают профиль, состоящий из двух и более слоев. Первый слой – это субстрат отвала. Второй слой – это искусственно созданный корнеобитаемый слой, состоящий из ПСП или из улучшенного техногенного субстрата, мощностью от 20 см и более. Иногда между породой и корнеобитаемым слоем отсыпается экранирующий слой из потенциально плодородной породы (ППП). На втором (биологическом) этапе рекультивации на сформированных участках техноземов проводится посадка деревьев, или посев многолетних трав (фитомелиорация), или других культур согласно выбранному направлению рекультивации.

При естественном самозаращении техногенных объектов, сингенетично с развитием растительного покрова формируется специфический почвенный покров. В составе нового формирующегося почвенного покрова преобладают четыре основных типа эмбриоземов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные, которым соответствует определенная стадия развития растительной сукцессии. При этом скорость развития растительной сукцессии и формирования замкнутого фитоценоза и, соответственно, наиболее развитых гумусово-аккумулятивных эмбриоземов, в первую очередь, будет зависеть от свойств техногенного субстрата и рельефа, образованных при формировании техногенного ландшафта, а также, в некоторой степени, и от специфики экологических условий в районе расположения техногенного ландшафта [1].

Таким образом, формирующийся на техногенном объекте почвенный покров, может быть использован в качестве индикатора развития процессов рекультивации и оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов. Чем выше скорость прохождения стадий растительной сукцессии и стадий развития эмбриоземов, тем лучше почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов. Наличие в составе почвенного покрова техногенных ландшафтов эмбриоземов гумусово-аккумулятивных свидетельствует об благоприятных перспективах восстановления, и, наоборот, если в составе почвенного покрова техногенных ландшафтов преобладают наименее генетически развитые эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные, то прогноз для восстановления техногенно нарушенных территорий менее благоприятный, а значит, почвенно-экологическое состояние экосистемы будет неудовлетворительное.

Объекты и методы исследования

Для выполнения исследовательских работ были выбраны наиболее распространенные техногенные объекты, созданные по различным технологиям, на территории городов Новокузнецк и Мыски Кемеровской области (рис.). Материал для исследований отбирался с отвалов складированных промышленных отходов, которые образовались в результате деятельности металлургической, энергетической и угледобывающей промышленности.

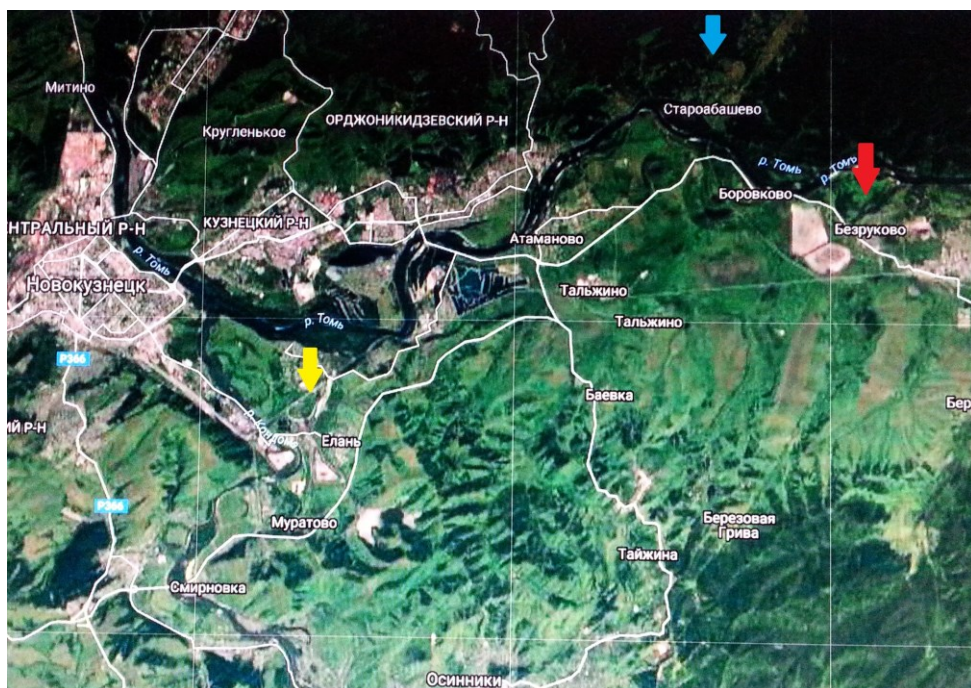


Рис. Расположение объектов исследования.

ОАО «Абагурская обогатительно-агломерационная фабрика» (на карте желтая стрелка) выполняет работы по обогащению железной руды методом мокрой магнитной сепарации. Хвостохранилища фабрики расположены в пойме р. Кондома, в черте г. Новокузнецка и занимают общую площадь свыше 350 га. В них складировано примерно 100 млн. т отходов обогащения. Поверхность этого техногенного ландшафта практически полностью лишена растительности. Материал складированных отходов частично представлен рудными минералами. В дальнейшем данные отходы предполагается использовать как сырье для вторичной переработки. Промышленный объект относится к отвалам перерабатывающей промышленности наливного типа; по возрасту – средневозрастной (более 20 лет); по форме – чашевидный; по высоте – средний (до 25 м); по механическому составу поверхностного субстрата – крупнопылеватый и песчаный; по кислотности (рН) – изменяется в пределах от слабокислого до щелочного [6].

Томь-Усинская ГРЭС (на карте красная стрелка) – крупнейшая тепловая электростанция на юге Западной Сибири, включает в себя 9 энергоблоков суммарной установленной мощностью 1272 МВт. Расположена в южной части Кемеровской области, в городе Мыски, в 45 км от Новокузнецка. ГРЭС предназначена для покрытия базисных нагрузок Кузбасской энергосистемы. Топливом служат низкосортные газовые угли Кузнецкого бассейна, Хакасского месторождения и мазут. Источник водозабора – р. Томь.

Общая площадь золоотвалов, образовавшихся за время работы станции, составляет более 100 га. Материал золоотвалов Томь-Усинской ГРЭС менее

токсичен для растений и более водопроницаем, чем материал хвостохранилища. Субстрат состоит из золошлакового материала фракции золы размером менее 0,25 мм и шлаковых частиц размером до нескольких сантиметров, оставшихся от сжигания каменного угля. Растительность самосевом осваивает данный субстрат медленно. На его поверхности развиваются мхи, лишайники, водоросли и единичные растения.

Техногенный ландшафт углеразреза «Байдаевский» представляет собой внешний транспортный отвал вскрышных и вмещающих пород сформированный в результате угледобычи (на карте синяя стрелка). Отсыпка отвала производилась на поверхность возвышенной формы рельефа (холм) более 35 лет назад. Общая площадь отвала составляет около 100 га. На поверхности отвала имеется ряд мезоповышений и мезопонижений. Основная часть материала отвала представлена осадочными породами: песчаниками, алевролитами, аргиллитами, с некоторой примесью суглинистых пород.

Основные анализы выполнялись общепринятыми в почвоведении методами. Реакция водной вытяжки определялась потенциометрическим методом. Емкость катионного обмена – по Бобко, Аскинази в модификации ЦИНАО [3]. Подвижный фосфор – по Чирикову. Каменистость – ситовым методом [4].

Для определения типового состава и особенностей формирования почвенного покрова техногенно нарушенных территорий в черте городов юга Кузбасса использовалась классификация почв техногенных ландшафтов, разработанная в лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование эмбриоземов диагностирует начальные стадии почвообразования. Морфологическое описание начальных стадий почвообразования позволяет выявить порядок возникновения почвенных горизонтов и начало обособления почвенного тела от хаотичной смеси почвообразующих пород [9]. Верхний слой техногенных пород на начальных этапах формирования молодых почв безгумусовый, поэтому инициальная стадия почвообразования морфологически не выражена. В этот период невозможно провести почвенно-генетическую диагностику в силу малой мощности профиля и слабой степени морфологической дифференциации минеральной части профиля на генетические горизонты. Со временем при развитии растительности формируется первый типодиагностический горизонт A_0 (растительный опад), который указывает на переход инициальных эмбриоземов в эмбриоземы органо-аккумулятивные. Смена разнотравной, рудеральной травянистой растительности на злаковое разнотравье приводит к формированию дернины и выделению дернового горизонта A_d (дернина). Таким образом, диагностируются эмбриоземы дерновые. В дальнейшем, при накоплении гумусовых веществ в дерновом горизонте, в субстрате отвала начинает морфологически проявляться гумусово-аккумулятивный горизонт

(A₁), что определяет образование эмбриоземов гумусово-аккумулятивных. Необходимо еще раз подчеркнуть, что процессы почвообразования в техногенных ландшафтах естественным образом могут развиваться только сингенетично стадиям растительных сукцессий. В связи с этим, при благоприятных условиях, происходит эволюция эмбриоземов инициальных в органо-аккумулятивные, затем в дерновые, и далее в гумусово-аккумулятивные [1].

Почвенный покров Абагурского хвостохранилища, в результате замедленного естественного восстановления растительности, представлен эмбриоземами инициальными. На опытных площадках с применением почвоулучшителей (осадков сточных вод) сформировались техноземы органогенные. На момент обработки материалов опытные площадки были снесены планировочными работами. На участках проведения лесной рекультивации без улучшения свойств субстрата почвенный покров представлен эмбриоземами органо-аккумулятивными.

На участке с формирующимися техноземами гумусогенными (менее 0,01 га) растительный покров представлен луговым злаково-бобовым фитоценозом. Проектное покрытие на участке достигает 90 % и насчитывает около 30 видов. Среди злаков доминируют костер безостый (*Bromopsis inermis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis Huds*), часто встречается житняк гребенчатый (*Agropiron cristatum*), реже полевица тонкая (*Agrostis tenuis Sibth*).

Среди бобовых определяются доминантные виды – донник белый (*Melilotus albus*) и донник лекарственный (*Melilotus officinalis*). Среди разнотравья преобладают различные виды полыни – обыкновенная (*Artemisia vulgaris L.*), горькая (*Artemisia absinthium L.*) и холодная (*Artemisia frigida Willd*). В растительном покрове присутствует большая доля сорных видов – синяк обыкновенный (*Echium vulgare L.*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), вьюнок полевой (*Convōlvulus arvensis*).

На участке с лесной рекультивацией растительный покров сформирован искусственно. В древесном ярусе доминантным видом является сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) (состояние угнетенное); в кустарниковом ярусе доминирует облепиха крушиновидная (*Hippóphaë rhamnoides*), широко представлена черемуха уединенная (*Padus avium Miller*), реже – рябина сибирская (*Sorbus sibirica Hedl*) и вяз приземистый (*Ulmus pumila*). Травянистый покров не сомкнут, редок. В его составе преобладают овсяница луговая (*Festuca pratensis Huds*), ежа сборная (*Dactylis glomerata L.*) и бодяк полевой (*Cirsium arvense*), реже мелкопестник (*Erigéron ánnuus*). Отдельные виды растений (земляника зеленая (*Fragaria viridis*), пальцекорник (*Dactylorhiza maculate*)) представлены куртинами. Степень проективного покрытия составляет 15 %, количество представленных видов – 16.

В основной части территории хвостохранилища рекультивационные работы не проводились. На поверхности отвала выделяются эмбриоземы инициальные с пионерной растительностью, состоящей из 11 видов с проективным покрытием около 7 %. Доминируют полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), горькая (*Artemisia absinthium* L.), холодная (*Artemisia frigida* Willd), очиток гибридный (*Sedum hybridum*). Значительная доля принадлежит рудеральным видам – синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus*). Кустарникового яруса не образуется, однако встречаются единично растущие виды – облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides*), лох серебристый (*Elaeagnus commutata*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl).

Таким образом, проведенное геоботаническое обследование территории хвостохранилища показало, что, более чем за 30-летний период, естественного зарастания поверхности не происходит. Без проведения рекультивационных мероприятий с формированием техноземов на поверхности хвостохранилища, или искусственных посадок лесных культур, формирование устойчивых фитоценозов и благоприятного корнеобитаемого слоя, препятствующего развитию водной и ветровой эрозии, невозможно. Следовательно, без рекультивации территория будет представлять собою техногенную пустыню и отрицательно воздействовать на окружающие ландшафты. Так как на большей части поверхности Абагурского хвостохранилища преобладают эмбриоземы инициальные, значит, естественного восстановления растительности и почвенного покрова не происходит, и поэтому почвенно-экологическое состояние данного техногенного объекта оценивается как неудовлетворительное.

В настоящее время большой опыт по изучению проблем рекультивации отходов горнорудной промышленности и проведению рекультивационных работ накоплен на Урале [11], где показаны основные направления и виды рекультивации наиболее распространенных техногенных объектов. Однако напрямую переносить технологии рекультивации с этих техногенных объектов на хвостохранилище Абагурской аглофабрики представляется проблематичным, так как при проведении работ на хвостохранилище Абагурской аглофабрики необходимо учитывать природные факторы, а также наличие местных ресурсов рекультивации.

В ходе обследования территории золоотвалов Томь-Усинской ГРЭС установлено, что формирующийся почвенный покров представлен, в основном, эмбриоземами инициальными и, в незначительной мере, эмбриоземами органо-аккумулятивными (на старых участках с проведенной лесной рекультивацией). В настоящее время, несмотря на то, что золоотвалы находятся в пойме реки Томи и негативно влияют на естественные экосистемы, мероприятия по их рекультивации не проводятся, хотя на Урале существуют подобные объекты, на

которых достаточно успешно проведены рекультивационные работы. В качестве примера можно назвать золоотвалы Рефтинской ГРЭС в Свердловской области [8].

Растительный покров на большей части золоотвалов представлен пионерным фитоценозом с единично произрастающими древесными (тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), осина (*Pinus silvestris*), ива козья (*Salix caprea*), береза повислая (*Bétula péndula*)) и травянистыми рудеральными растениями (полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L), и холодная (*Artemisia frigida* Willd) одуванчик Турчанинова (*Taráxacum turczaninovii*), кипрей узколистный (*Chamérion angustifólium*)). На старом участке с ранее проведенной лесной рекультивацией, без улучшения свойств субстрата золоотвала сформировался древесный фитоценоз, состоящий из тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), осины (*Pinus silvestris*), березы повислой (*Bétula péndula*). Травянистый покров разрежен и представлен злаковыми и разнотравными видами. Преобладают овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), кипрей узколистный (*Chamérion angustifólium*), мать-и-мачеха (*Tussilágo fárfara*), клевер луговой (*Trifolium pratense*).

В составе почвенного покрова золоотвала, которому 20 лет, определяются эмбриоземы инициальные с пионерной растительной группировкой. Развитие растительного и почвенного покровов практически не происходит. Поэтому почвенно-экологическое состояние данного техногенного объекта характеризуется как неудовлетворительное.

На поверхности отвала углереза «Байдаевский», в результате проведения рекультивационных работ, более 20 лет назад были сформированы техноземы, а также участки с лесной рекультивацией. Почвенный покров в этом техногенном ландшафте представлен эмбриоземами всех 4 типов, а также техноземами гумусово-аккумулятивными. Материал отвала состоит из хаотичной смеси вскрышных и вмещающих пород (суглинки, песчаники, алевролиты и аргиллиты). Субстрат не фитотоксичен, тем не менее, на начальных этапах освоения является малоприспособленным по физико-механическим свойствам.

В ходе проведения лесной рекультивации на данном отвале были сформированы залесенные участки. На участке с посадками березы в древесном ярусе доминирует береза повислая (*Bétula péndula*), в кустарниковом ярусе преобладают облепиха крушиновидная (*Hippóphaë rhamnóides*) и лох серебристый (*Elaeagnus commutata*), реже встречается акация желтая (*Caragana arborescens*). Травянистый покров разрежен, угнетен. Присутствует твердый мохово-лишайниковый покров. Среди травянистых растений доминирует донник белый (*Melilotus albus*). Степень проективного покрытия составляет около 7 %, количество представленных видов – 25. На участке с посадками

сосны сформировался сосняк (мертвопокровный). В древесном ярусе доминант – сосна обыкновенная (95 %) (*Pinus sylvestris*), в кустарниковом ярусе преобладают рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia*) и лох серебристый (*Elaeagnus commutata*). Травянистый покров разрежен. Среди травянистых растений преобладает мятлик алтайский (*Poa altaica*), реже встречается герань луговая (*Geranium pratense*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*). Доля проективного покрытия достигает 12–15 %. Количество определенных видов – 31.

На рекультивационной площадке с отсыпкой ПСП на поверхность отвала, где были сформированы техноземы гумусогенные, растительный покров представлен луговым разнотравьем. Проективное покрытие достигает 95–100 % и представлено 30 видами. Среди злаков доминируют овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens*); среди бобовых – донник лекарственный (*Melilotus officinalis*); среди разнотравья – рудеральные виды (одуванчик полевой (*Taraxacum officinale*), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense*), осот полевой (*Sonchus arvensis*)).

В результате самовосстановления и проведения рекультивационных работ различного направления, почвенный покров Байдаевского отвала включает в себя практически все типы эмбриоземов и техноземов. На участках отвала с наиболее благоприятными условиями для почвообразования, которые способствовали естественному развитию процессов почвообразования (большое количество суглинистого материала в составе субстрата), сформировались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные. На участках отвала с неблагоприятными условиями (с преобладанием плотных песчаников и углистых пород), почвообразование приостановилось на начальных стадиях – инициальной и органо-аккумулятивной. На поверхности отвала за 30–40 лет произошло естественное развитие растительных сукцессий до стадии сложного замкнутого фитоценоза. На таких участках образовались эмбриоземы гумусово-аккумулятивные. Практически восстановленный растительный и почвенный покров отвала характеризует почвенно-экологическое состояние данного техногенного ландшафта как хорошее, а прогноз дальнейшего естественного восстановления нарушенной территории считается благоприятным.

В ходе выполнения исследований был проведен анализ физико-химических параметров почв и субстратов техногенных ландшафтов с интервалом в 3 года. При этом выявлено, что на Абагурском хвостохранилище и золоотвале Томь-Усинской ГРЭС свойства изменились незначительно, по сравнению с Байдаевским отвалом (табл.).

Таблица – Физико-химические свойства почв техногенных ландшафтов

Место отбора, примерный возраст	рН _{водн}		ЕКО, мг-экв/100г почвы		Фосфор, мг/100г почвы		Каменистость, %	
	Год исследования							
	2009	2016	2009	2016	2009	2016	2009	2016
Золоотвал Томь-Усинской ГРЭС								
Контроль (техногенный субстрат) 10 лет	7,01	7,00	3,05	3,00	2,44	2,58	89,10	88,70
Лесная рекультивация, 49 лет	6,93	6,43	20,14	21,09	12,85	10,90	0	0
Участок травянистый 5 лет	6,42	6,04	10,08	12,31	5,68	4,76	91,60	88,40
Хвостохранилище Абагурской ОАФ								
Контроль (техногенный субстрат) 15-20 лет	7,60	7,25	10,56	11,32	11,30	11,45	нет	нет
Лесная рекультивация, 35 лет	6,89	7,01	12,92	15,04	22,72	25,14	-*	-
Участок травянистый 13 лет	6,92	6,87	26,3	28,63	64,23	71,16	-	-
Отвал «Байдаевского» углеразреза								
Контроль (техногенный субстрат)	7,62	7,16	13,25	18,03	0,90	1,95	85,70	83,90
Лесная рекультивация, 35 лет	6,58	6,72	7,08	10,20	1,54	1,79	10,40	6,20
Технозем, 20 лет	6,31	6,62	28,03	36,99	21,97	32,72	3,20	2,50
Участок травянистый, 13 лет	7,84	8,02	11,31	12,49	17,73	22,20	74,40	62,20

* – каменистость отсутствует

На золоотвале, на контрольном участке значения рН не изменились и остались в нейтральных пределах. Изменения не произошли на участке с травянистой растительностью, в котором реакция почвенного раствора была и остается слабокислой. На старом участке с лесной рекультивацией значения рН изменились с нейтральных на слабокислые, что может быть связано с выщелачиванием солей из верхних слоев. На контрольном участке хвостохранилища произошла смена реакции почвенного раствора от слабощелочной до близкой к нейтральной. На других исследуемых участках реакция почвенного раствора осталась без изменения: в пределах нейтральных значений под лесной рекультивацией и под травянистой растительностью. Емкость катионного обмена (ЕКО) на исследуемых участках золоотвала и хвостохранилища увеличилась, причем заметное увеличение произошло на

участках с травянистой растительностью. Содержание подвижного фосфора на всех участках хвостохранилища увеличилось, что может быть вызвано переходом фосфорных соединений в более доступное состояние. Тем не менее, как и 3 года назад, значения содержания фосфора остались в прежних пределах, и соответствуют низкому загрязнению на участках с лесной рекультивацией; среднему загрязнению на участке с травянистой растительностью, в то время как на контрольном участке выявлено лишь повышенное содержание элемента. На участках золоотвала содержание подвижного фосфора намного меньше, чем на хвостохранилище. Следует отметить, что по сравнению с контрольным участком, где содержание фосфора низкое, на участке с травянистой растительностью содержание фосфора уменьшилось от среднего до низкого; на старых участках с лесной рекультивацией осталось, как и 3 года назад, повышенным. Подобные изменения в содержании фосфора связаны с тем, что фосфор в почвах техногенных ландшафтов имеет парцеллярное распределение и резко меняется не только со временем, но и в сезонном цикле [9]. Поэтому диагностировать его можно только на момент проведения исследований. Каменистость на золоотвале высокая из-за особенностей субстрата и, практически, не меняется со временем. Каменистости на хвостохранилище нет.

На Байдаевском отвале за 3 года произошли более заметные изменения физико-химических свойств почв, в связи с интенсивным развитием процессов почвообразования. На контрольном участке отмечается смена реакции почвенного раствора со слабощелочной на близкую к нейтральной. В техноземах значения рН изменились от слабокислых до нейтральных. На других участках смена реакции почвенного раствора не произошла: на участке с лесной рекультивацией была и остается нейтральной; с травянистой растительностью – слабощелочной. ЕКО, на всех участках увеличилась. Содержание подвижного фосфора не изменилось и осталось низким на контрольном участке и участке с лесной рекультивацией. Изменения в содержании фосфора не произошли в техноземах, в которых определяется низкое загрязнение. На участках с травянистой растительностью количество свободного фосфора увеличилось с высокого содержания до низкого загрязнения. На всех участках Байдаевского отвала отмечается снижение каменистости, что свидетельствует об увеличении интенсивности процессов дезинтеграции пород при более активном развитии растительности на поверхности отвала, что и отразилось на свойствах формирующихся молодых почв.

Проведенные исследования показали, что почвенно-экологическое состояние техногенных объектов связано, в первую очередь, со свойствами почвообразующих пород, а так же с другими факторами почвообразования, которые оказывают существенное влияние на скорость восстановления почвенного покрова на техногенных объектах при их самозарастании или

рекультивации (климат, рельеф, биота). На поверхности техногенных ландшафтов формируется почвенный покров, который представлен сочетанием различных типов эмбриоземов и техноземов. Каждый тип эмбриоземов и соотношение площадей занимаемых тем или иным типом характеризует уровень жизнедеятельности биоценоза, определяемый законами сингенеза, а также общее почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта.

Исследованиями выявлено, что на хвостохранилище Абагурской аглофабрики и золоотвале Томь-Усинской ГРЭС почвенно-экологическое состояние неудовлетворительное, так как в составе почвенного покрова преобладает инициальный тип эмбриоземов, и практически нет естественного развития растительности. На отвале углеразреза «Байдаевский» почвенно-экологическое состояние оценивается как хорошее, так как в составе почвенного покрова диагностируются эмбриоземы поздних стадий эволюции – дерновые и гумусово-аккумулятивные, а стадии развития растительности достигают сложного фитоценоза.

Физико-химическая характеристика разных типов почв техногенных ландшафтов выявила, что наиболее качественные изменения физико-химических свойств произошли в эмбриоземах и техноземах, формирующихся на отвале углеразреза; менее качественные – на хвостохранилищах и золоотвалах. Поэтому можно констатировать, что техногенный субстрат, слагающий золоотвалы и хвостохранилища менее пригоден для проведения биологической рекультивации. Без проведения рекультивационных работ мелиоративного плана, направленных на создание искусственного корнеобитаемого слоя, данные объекты будут длительное время негативно влиять на экологическую обстановку в районе их размещения.

Заключение

Для ускорения восстановления почвенно-растительного покрова необходимо проведение рекультивационных работ, направленных на улучшение условий почвообразования в техногенных ландшафтах, тем самым можно обеспечить долгосрочное функционирование фитоценозов. Одним из вариантов успешной рекультивации является создание органоминеральных смесей и отсыпка их на поверхность техногенных объектов с последующей биологической рекультивацией. Другой вариант рационального способа восстановления почв является формирование техноземов, с отсыпкой смеси потенциально плодородной породы (ППП) и плодородного слоя почвы (ПСП). Данная смесь, имея свойства горизонта A_1 и горизонта В естественных почв, в процессе эволюции будет генетически предопределять свое дальнейшее развитие в зависимости от условий почвообразования. Этот вариант возможен для рекультивации хвостохранилищ, золоотвалов, отвалов, сформированных в результате угледобычи и т.п., путем размещения смеси ПСП и ППП с территорий, отведенных под размещение новых техногенных объектов. При

этом будут сохраняться ресурсы рекультивации, а процессы восстановления нарушенных территорий будут происходить интенсивнее. При таком подходе свойства и режимы сформированных техноземов, определяющие их плодородие, будут формироваться естественным образом в результате восстановления и развития биогенной компоненты экосистем.

Список литературы

1. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
2. Андроханов В. А., Овсянникова С. В., Курачев В. М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование. – Новосибирск: «Наука» Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 200 с.
3. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М. Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М. «Высшая школа», 1973. – 400 с.
5. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель: Термины и определения. – М., 1983. – 8 с.
6. Двуреченский В. Г., Соколов Д. А., Топоровская А. А., Берлякова О. Г. Почвенно-экологическое состояние урбанизированных территорий Западной Сибири (на примере г. Новокузнецка) // Почвоведение и агрохимия. 2011. – № 2. – С. 5–13.
7. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. – №3. – С. 255–261.
8. Махнев А. К., Чибрик Т. С., Трубина М. Р., Лукина Н. В., Гебель Н. Э., Терин А. А., Еловиков Ю. И., Топорков Н. В. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 356 с.
9. Махонина Г. И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2003. – 356 с.
10. Полохин О. В. Трансформация литогенных форм фосфатов при почвообразовании в техногенных ландшафтах (на примере КАТЭЖа): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2008. – 18 с.
11. Чайкина Г. М., Объедкова В. А. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 268 с.

Spisok literatury

1. Androhanov V. A., Kurachev V. M. Pochvenno-ecologicheskoye sostoyanie technogennykh landshaftov: dinamika i ocenka. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. 224 s.
2. Androhanov V. A., Ovsyannikova S. V., Kurachev V. M. Technozemy: svoystva, regimy, funkcionirovanie. Novosibirsk: «Nauka» Sibirskaya izdatelskaya firma RAN, 2000. 200 s.
3. Arinushkina E. V. Rucovodstvo po chimicheskomu analizu pochv. M. Izd-vo MGU, 1970. 487 s.
4. Vadunina A. F., Korchagina Z. A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov. – M: «Vysshaya shkola», 1973. 400 s.
5. GOST 17.5.1.01-83. Ochrana prirody. Recultivatciya zemel: Terminy i opredeleniya. M., 1983. 8 s.
6. Dvurechenskiy V. G., Sokolov D. A., Toporovskaya A. A., Berlyakova O. G. Pochvenno-ecologicheskoye sostoyanie urbanizirovannykh territoriy Zapadnoy Sibiri (na primere g. Novokuznetska) // Pochvovedenie i agrokhimiya, 2011. № 2. S. 5–13.
7. Kurachev V. M., Androhanov V. A. Classificatsiya pochv technogennykh landshaftov // Sibirskiy ekologicheskiy gurnal. 2002. №3. S. 255–261.
8. Mahnyov A. K., Chibrik T. S., Trubina M. R., Lukina N. V., Gebel N. E., Terin A. A., Elovikov U. I., Toporkov N. V. Ecologicheskiye osnovy i metody biologicheskoy recultivatcii zolootvalov teplovykh elektrostanttsiy na Urale. Ekaterinburg: UrO RAN, 2002. 356 s.
9. Machonina G. I. Ecologicheskiye aspekty pochvoobrazovaniya v technogennykh ekosistemakh Urala. Ekaterinburg: Izd-vo UrGU, 2003. 356 s.
10. Polochin O. V. Transformatsiya litogennykh form fosfatov pri pochvoobrazovanii v technogennykh landshaftakh (na primere KATEKa): Avtoref. diss, ... kand. boil. nauk. Novosibirsk, 2008. 18 s.
11. Chaykina G. M., Ob"edkova V. A. Recultivatciya narushennykh zemel v gornorudnykh rayonakh Urala. Ekaterinburg: UrO RAN, 2003. 268 s.