

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №6, Том 13 / 2021, No 6, Vol 13 <https://esj.today/issue-6-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/27NZVN621.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Недбаев, И. С. Изучение мирового и российского опыта по разработке оптимальных путей рекультивации нарушенных земель / И. С. Недбаев, Е. Ю. Елсукова // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/27NZVN621.pdf>

For citation:

Nedbaev I.S., Elsukova E.Yu. The study of world and Russian experience in the development of optimal ways of recultivation of disturbed lands. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(6): 27NZVN621. Available at: <https://esj.today/PDF/27NZVN621.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90099

УДК 502.5:712.2

Недбаев Иван Сергеевич

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

Инженер-исследователь, аспирант

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Санкт-Петербург, Россия

Младший научный сотрудник

E-mail: i.nedbaev@spb-niilh.ru; i.nedbaev@spbu.ru; nedbaev.ivan@yandex.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=995421

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/AAD-7721-2020>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57207032777>

Елсукова Екатерина Юрьевна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

Доцент

Кандидат географических наук

E-mail: e.elsukova@spbu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7678-4719>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=115114

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/D-9537-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6602477898>

Изучение мирового и российского опыта по разработке оптимальных путей рекультивации нарушенных земель

Аннотация. Настоящая статья является частью диссертационного исследования.

Добыча полезных ископаемых ежегодно переводит тысячи гектаров земли в разряд нарушенных земель, которым необходим не один десяток лет, чтобы восстановиться, и поэтому принимаются специальные меры по восстановлению таких земель — их рекультивация. На данный момент накоплено множество теоретического и практического материала по рекультивации нарушенных ландшафтов. Целью настоящего обзора была систематизация имеющихся научных данных о восстановлении растительного и почвенного покрова на месте бывших карьеров, отвалов, хвостохранилищ и т. д. Рекультивации должны подвергаться не только техногенные объекты, но и территории, попавшие под антропогенное воздействие (например, загрязнённые территории или площади, пострадавшие от воздействия эрозии). Особенностью современных исследований данного вопроса является комплексный подход, сочетающий в себе экологический, экономический и социальный аспекты. Рассмотрены такие вопросы, как необходимость нанесения почвенного слоя для рекультивации антропогенных объектов и требуемая мощность этого слоя. Для большинства рекультивируемых территорий

рекомендуемый почвенный слой по мощности должен составлять не менее 30–40 см. Уделено внимание способам ускорения зарастания нарушенных территорий растительностью и отмечена высокая ценность лесной рекультивации. Сделан обзор имеющихся исследований по стадиям зарастания промышленных отвалов в различных регионах нашей страны. Ориентировочно через 40 лет сообщество на рекультивированной территории можно считать сформировавшимся. Однако оно не обязательно будет по структуре идентично природным системам. Сделан вывод о необходимости в ближайшем будущем формировании научного направления, целью которого будет определение принципов и особенностей формирования ландшафтов на различных антропогенных субстратах.

Ключевые слова: рекультивация; восстановление ландшафтов; формирование почвенного и растительного покрова; стадии зарастания; техногенные объекты; антропогенное воздействие

Введение

Добыча полезных ископаемых ежегодно переводит тысячи гектаров земли в разряд нарушенных земель, которым необходим не один десяток лет, чтобы восстановиться, и человек принимает специальные меры по восстановлению таких земель — рекультивирует их. В противном случае, промышленные отходы попадают в окружающую среду в результате выветривания или флювиальных процессов, изменяются растительность и почвенный покров, гидрологические условия и рельеф. Причём изменения природной среды затрагивают не только территории, непосредственно занятые техногенными объектами, но и площади, во много раз превышающие территории расположения техногенных объектов. Для предотвращения необратимых отрицательных изменений экосистем в результате техногенеза отвалы и отработанные хвостохранилища должны подвергаться обязательной рекультивации. В Российской Федерации площади нарушенных земель составляют более 1 млн га¹. Помимо техногенных факторов, приводящих к деградации земель, значительную роль в ухудшении качества почв играют эрозия, дефляция, подтопление, опустынивание, засорение, засоление, переуплотнение почв и др. Во всём мире проблема рекультивации нарушенных земель представляется острым социальным и экологическим вопросом. Восстановление ландшафтов актуально не только для территорий, подвергшихся механическому разрушению, но и для территорий, испытавших серьёзное химическое загрязнение.

На данный момент накоплено множество теоретического и практического материала по рекультивации нарушенных ландшафтов, часть из них изложена в имеющихся нормативных документах². Особенностью современных исследований данного вопроса является комплексный подход, сочетающий в себе экологический, экономический и социальный аспекты. При восстановлении ландшафтов особенно важным является будущее назначение восстанавливаемой территории. На рекультивированных отвалах запрещено выращивание сельскохозяйственных культур, однако они подходят для возведения зон рекреации. В городских условиях вопросы по рекультивации почв рационально закладывать на уровне составления градостроительных планов [1]. Чтобы адекватно оценить будущее развитие наземных экосистем в экстремальных условиях — на посттехногенных объектах, необходимы долгосрочные исследования и стратегии мониторинга объектов, подвергшихся рекультивации [2].

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году».

² Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 09.03.2021) "Об охране окружающей среды".

Существует немало продуманных нормативно-правовых актов, описывающих мероприятия по рекультивации, однако целью настоящего обзора была систематизация имеющихся именно научных данных о восстановлении растительного и почвенного покрова на месте бывших карьеров, отвалов, хвостохранилищ и т. д. Рассмотрены различные точки зрения на необходимость нанесения почвенного слоя для рекультивации антропогенных объектов и требуемая мощность этого слоя. Подавляющее большинство исследователей согласно с позицией необходимости нанесения почвенного слоя на поверхность техногенного объекта. Особо остро проблема рекультивации твёрдых коммунальных отходов (ТКО) стоит в регионах Юго-Восточной Азии [3]. При этом имеются все необходимые технологии и подходы для минимизации захоронения ТКО в краткосрочной перспективе [4].

Уделено внимание способам ускорения зарастания нарушенных территорий растительностью и отмечена высокая ценность лесной рекультивации. Вмешательством человека в зарастание отвалов и других техногенных образований можно на 20 лет ускорить образование устойчивого растительного покрова.

Сделан обзор имеющихся исследований по стадиям зарастания промышленных отвалов в различных регионах нашей страны. В целом, для формирования устойчивого травяного покрова необходимо ориентировочно три года. Для формирования и закрепления лесных культур необходимо 20–40 лет.

На данный момент исследования по рекультивации представляют собой разрозненные исследования особенностей восстановленных и восстанавливаемых ландшафтов. Наблюдаются чётко выделяемые государственные и региональные направления рекультивации, зависящие от промышленного производства и природных условий. Только с учётом многостороннего опыта различных стран и регионов возможно построить полную систему знаний о закономерностях формирования новых ландшафтов на землях, которые пострадали в результате техногенной деятельности.

Обзор мирового и российского опыта рекультивации нарушенных земель

Общие вопросы рекультивации

При рекультивации техногенных объектов необходимо учитывать тот факт, что работы по восстановлению ландшафта должны быть комплексными и согласованными. Рекультивацию следует направлять на минимизацию затрат при достижении максимального экологического эффекта за счет уменьшения водной эрозии и дефляции и улучшения условий окружающей среды [5]. Современные подходы к рекультивации учитывают три аспекта: экологический, социальный и экономический. Рассмотрение данного вопроса только с учётом одного или двух аспектов может дать неполную картину происходящего [6]. При использовании такой технологии как ландшафтный дизайн рекультивированные территории могут стать возможностью для развития самобытности региона и создания положительного имиджа территории. Новые функции восстанавливаемых территорий должны быть согласованы с интересами местных жителей и выражать целостное видение использования рекультивированной территории [7]. Причём, с развитием современных технологий, с развитием ГИС-технологий, 3D-моделирования, планирование объектов промышленности и дальнейшего использования изъятых под технологическую деятельность земель стало возможным [8].

Однако рекультивация важна не только при восстановлении ландшафтов на месте техногенных объектов. Даже распространённые овражно-балочные сети, возникающие как в результате естественных, так и в результате антропогенных причин, необходимо подвергать рекультивации во избежание дальнейшего роста таких сетей [9].

Стоит отметить, что трансформации подвергаются и значительные площади земель вокруг техногенных объектов, которые необходимо рекультивировать [10; 11]. Поэтому рекультивационные мероприятия способствуют не только восстановлению доступных к использованию площадей, но и сохранению качества прилегающих природных сред. Также рекультивированные участки могут стать основой экологического каркаса территории, то есть участками, которые не вовлечены в хозяйственное использование [12].

В Российской Федерации на данный момент действуют Правила проведения рекультивации и консервации земель, утверждённые Постановлением Правительства РФ от 10.07.2018 N 800. Некоторые исследователи [13] полагают, что данные правила необходимо корректировать, так как:

- в Правилах не нашли отражения предложения о создании ликвидационных (залоговых) фондов для восстановления нарушенных земель после завершения эксплуатации горно-добывающих предприятий;
- отсутствуют положения по обоснованию выбора почвенно-экологических параметров, необходимых для объективной оценки эффективности рекультивационных мероприятий;
- невозможно провести рекультивационные работы по новым более эффективным методикам, отражающим уровень наилучших доступных технологий (НДТ)³.

Существует также проблема выбора региональных методик при проведении рекультивации, так как прямой перенос приемов и способов рекультивации, применяемых в одних регионах, может приводить к необоснованному удорожанию работ или быть неэффективным в других. Каждый объект требует самостоятельного подхода и оценки [14]. В первую очередь, при выборе метода и технологии рекультивации (и в целом, целесообразность проведения рекультивации) определяют природные условия местности (климатические и эдафические факторы) [15]. Бразильские учёные [16] полагают, что эффективная рекультивация возможно только при тщательных исследованиях с применением факторного анализа.

И.В. Кузнецова и С.С. Тимофеева [17] предлагают 6 шагов по сохранению почвенного покрова при разработке угольных месторождений. Однако эти шаги справедливы для сохранения почвенного покрова и при других типах антропогенного воздействия. Приведём эти шаги:

- постоянная модернизация существующих технологий в горнодобывающей сфере с целью снижения степени их повреждения почв, а также максимально возможного перемещения вскрышных работ во внутренние отвалы;
- консолидация вскрышных работ и создание отвалов на карьерах с технической стадией рекультивации;
- модернизация существующих и разработка новых и более эффективных способов технической и биологической рекультивации с учетом климата и условий окружающей среды;
- выполнение проектов рекультивации на основе полного объема исходных данных, в том числе данных о составе и свойствах почвы и горных пород;

³ ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия.

- применение при рекультивации отвалов, состоящих из горных пород, предрасположенных к самовоспламенению пластов, технологий, которые обеспечивают проведение мероприятий по предотвращению возгорания, а также проведение рекультивационных работ;
- расширение текущих исследований экологического состояния нарушенных земель и рекультивированных земель, динамики изменения свойств и режимов формирования экосистем, создания искусственных ландшафтов различного назначения.

Формирование почвенного покрова

Для успешного проведения рекультивации необходимо в первую очередь создать почвенный слой, который будет способен закрепить в себе семена трав и не допустить распространения частиц техногенного объекта на прилегающие территории [18]. Основным фактором, определяющим химический состав почв, формирующихся на техногенных объектах, является состав подстилающих пород — в данном случае состав отходов промышленной деятельности [19]. При этом ключевой момент, на который должны быть направлены силы исследователей и исполнителей рекультивационных работ, — это восстановление почвенного плодородия [20].

Исследования, проведённые по рекультивации полигонов промышленных отходов, показали, что на качество и эффективность рекультивации в первую очередь влияет химический состав нанесённого грунта, а загрязнение атмосферного воздуха в вопросах рекультивации отходит на второй план [21]. В свою очередь, биоценозы, формирующиеся на почвенном наносном слое, значительно изменяют химическую обстановку в самом почвенном субстрате, способствуя формированию полноценных почв. Однако растительность может и замедлять процессы почвообразования. Исследования Трофимова С.С. и др. [22] показали, что одной из возможных причин замедления темпов накопления перегноя в почве является усиление роли древесной растительности, в частности хвойных. Подобный процесс возможен, когда в ходе сингенетической сукцессии на смену травянистым видам отвалы заселяются древесными, и особенно хвойными. Однако другие исследования показывают, что древесная растительность, наоборот, способствует накоплению органического вещества и увеличению в почве гумуса [23]. Вполне вероятно, что такие различия получились из-за разных физико-географических условий поставленных экспериментов.

В условиях Крайнего Севера для восстановления почвенного покрова рекомендуется использовать биоматы — специальные геотекстильные покрытия, представляющие собой композиционные многослойные полотна, состоящие из полностью либо частично биоразлагаемой основы из натуральных волокон [24], а для очистки почвы от распространённого на Крайнем Севере класса загрязняющих веществ — нефтепродуктов — разрабатывают комплексные биосмеси для рекультивации [25]. Также активно разрабатываются различные биологические препараты для восстановления почвенного покрова в экстремальных условиях, например на дюнах [26].

Самозарастание промышленных отходов не приветствуется большинством исследователей, предпочтение отдаётся именно нанесению почвенного слоя [27]. Некоторые учёные считают, что для рекультивации достаточно нанести почвенный слой мощностью в пределах 30 см, так как при такой мощности накапливается максимум органического вещества [28]. Однако другие полагают, что для эффективной рекультивации необходимо не менее 40 см почвенного слоя, а лучше даже около 50 см [29]. Существует и третья точка зрения, согласно которой нанесение даже почвенного слоя 30–40 см не даёт значимо эффективного результата

при сравнении с естественным зарастанием [30]. Стоит отметить и то, что важен сам почвенный слой — его состав и структура. Например, Салиньш С.Х. и др. отмечают, что при облесении песчаных отвалов в Латвии положительное влияние на рост и состояние сосны оказывает внесенный в посадочное место торф (0,5–1,0 кг) или формирование на глубине 30–40 см прослойки из опилок с минеральными удобрениями [31].

Многие авторы считают, что наибольшую почвоулучшающую роль оказывают древесные насаждения, состоящие из лиственных пород с участием пород-азотофиксаторов, способных более интенсивно, чем другие породы, накапливать органическую массу [32]. Исследования Тихоновой Е.Н. и др. [33] подтверждают, что содержание общего азота и основных питательных элементов в молодых почвах определяется продуктивностью древостоя, травянистого покрова, а также элементами микрорельефа. При рекультивации угольных отвалов Южной Сибири под сосновыми лесами формируется почвенная обстановка, характерная для почв бореальных лесов, причём соответствует даже азотный фонд сформировавшихся почв [34]. Больше азота накапливается под бобовыми растениями, затем под злаками и в меньшей мере — под разнотравьем [35].

Формирование растительного покрова

По мнению Панкова Я.В., Самкова Ю.Е. и других авторов в силу специфических условий нарушенных земель в первые 20 лет формирование устойчивого растительного покрова без вмешательства человека невозможно [36]. Исследователи полагают, что дожидаться самозарастания техногенных объектов (пусть и обнесённых почвенным слоем) не стоит, так как не будет происходить образование биологически активной среды [37]. Для стимулирования роста растений на рекультивированных территориях можно использовать растворы гуминовых веществ, которые возможно выделять из компостов из ТКО [38]. Егоров А.А. и др. отмечают, что для ускорения темпов зарастания необходимо формировать инновационные подходы к рекультивации, не последним из которых является подбор коренных видов данного ландшафта для засева и посадок на месте техногенных объектов [39]. Для ускорения зарастания территории на участках отвалов горных пород необходимо сохранять пространственную неоднородность территории, так как перепады высот (пусть и незначительные) будут способствовать формированию аккумулятивных форм рельефа, нивелирующих колебания экологических факторов среды [40]. Стоит отметить, что специальные фитоценозы для восстановления ландшафтов формируют не только для рекультивации техногенных объектов, но и для восстановления зелёных насаждений в городских условиях. В некоторых регионах России проблема озеленения городов особенно актуальна [41].

В нашей стране принята двухэтапная биологическая рекультивация. В первый этап происходит засев травянистой растительностью. Он длится несколько лет. Посев многолетних трав необходим, чтобы закрепить нанесённый почвенный слой, а также, чтобы сформировать достаточное количество гумусовых веществ. Повсеместное распространение травянистой растительности свидетельствует о том, что территория техногенного ландшафта готова ко второму этапу биологической рекультивации — к облесению. Для облесения производятся посадки лесных семян. Со временем лесные культуры формируют на техногенных объектах лесные экосистемы [42]. Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. считают, что лесная рекультивация является основным направлением использования техногенных ландшафтов. Биогенному преобразованию субстрата вскрышных пород предшествует стадия их абиотической трансформации, на которой совершаются процессы выветривания, окисления, гидратации, растворения и гидролиза минеральных частиц, которые усиливаются впоследствии при зарастании отвалов растительностью [43].

Свиридова И.К. и Трещевская Э.И. установили, что среди используемых для облесения нарушенных земель максимальной биологической продуктивностью обладают облепиха крушиновая и акация белая, а наименьшей — сосна обыкновенная [44]. Стоит отметить, что ландшафты, формирующиеся на техногенном основании, тем не менее, испытывают сильное влияние зональных условий. Лесная рекультивация, проводившаяся в степной зоне, показала, что с течением времени в составе сообщества всё больше становится доля степных видов, которые вытесняют лесные виды. Однако лесные экосистемы, сформировавшиеся на техногенных объектах, не могут быть полностью идентичны своим «естественным» аналогам. Безусловно, они будут жизнеспособны и смогут выполнять средообразующие функции. Но, как правило, состояние насаждений будет по качеству хуже, и ряд древесных популяций может находиться на границе своего экологического оптимума, по значению интегрального показателя стабильности развития насаждений относясь к «критическому» [45].

Стадии зарастания

Около 3 лет необходимо, чтобы сформировался плотный травяной покров. Далее необходимо произвести посев лесных культур, и в течение 5–6 лет будет происходить адаптация и приживаемость семян [46]. Далее для формирования полноценного сообщества необходимо несколько десятков лет. Иногда достаточно пары десятилетий. Например, рекультивация, проведённая на побережье Белого моря (в условиях Крайнего Севера), показала, что за 20 лет песчаные массивы превратились в лесные сосновые экосистемы, не имеющие существенных отличий от естественных лесов. Зеньков И.В., исследующий рекультивацию угольных разрезов Сибири, отмечает, что за 40 лет происходит полное формирование лесной экосистемы, причём из изначально монокультурных сообществ формируются близкие к естественным смешанные леса [47]. На участках рекультивации Кингисеппского месторождения фосфоритов (Ленинградская область) за 30–40 лет сформировались леса, близкие по состоянию древесного яруса к естественным. Однако травяно-кустарничковый ярус лесов на отвалах и в естественных лесах значительно различается [48]. Активное преобразование среды идёт только в первые два десятка лет. В последующие годы существенных изменений в сформированном сообществе не происходит. Столь быстрое формирование сообщества происходит только при антропогенном вмешательстве, которое в данном случае — при рекультивации — выступает положительным фактором. При самозарастании техногенных объектов даже через 40–50 лет не формируются лесные сообщества, только отдельные растительные группировки [49].

Интересная мысль прослеживается в работах Bungart и Nuttl [50–53] о том, что ещё до формирования лесных экосистем на первой стадии биологической рекультивации (засев травами) можно создавать плантации с коротким севооборотом для получения экономической прибыли, с одной стороны, и для формирования почвенных горизонтов, с другой. Данный подход интересен тем, что можно получить дополнительную выгоду. Однако надо учитывать, что необходимо вести рекультивационные работы не в ущерб формированию почвенно-растительного слоя.

Выводы

Для успешного проведения рекультивации необходимо, в первую очередь, создать почвенный слой, который будет способен закрепить в себе семена трав и не допустить распространения частиц техногенного объекта на прилегающие территории. Для скорейшего формирования почвенного покрова на месте нарушенных земель необходимо проводить его отсыпку. Рекомендуемый почвенный слой по мощности должен составлять не менее 30–40 см.

Подбор видов растений, которые будут высаживаться на рекультивированной территории, должен исходить из ландшафтного подхода, чтобы обеспечить наилучшую приживаемость и схожесть с природными аналогами, а также из функций растительности в области закрепления необходимых в почве биогенных веществ (например, азота). Ориентировочно через 40 лет сообщество на рекультивированной территории можно считать сформировавшимся. Однако оно не обязательно будет по структуре идентично природным системам. Отпечаток антропогенного влияния, выраженный в составе и в обилие видов в травяно-кустарничковом ярусе, может сохраняться.

На данный момент исследования по рекультивации представляют собой разрозненные исследования региональных особенностей восстановленных и восстанавливаемых ландшафтов [54]. Наблюдаются чётко выделяемые государственные и региональные направления рекультивации, зависящие от промышленного производства и природных условий. Только с учётом многостороннего опыта различных стран и регионов возможно построить полную систему знаний о закономерностях формирования новых ландшафтов на землях, которые пострадали в результате техногенной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брыжко В.Г. Восстановление нарушенных земель в условиях крупного города // Фундаментальные исследования. — 2016. — № 6–1.
2. Huttel R.F. Ecology of post strip-mining landscapes in Lusatia, Germany // Environmental Science and Policy. — 1998. — № 1. — С. 129–135. — doi: 10.1016/S1462-9011(98)00014-8.
3. Harshani H.M.D., Nawagamuwa U.P., Senanayake A. Evaluation of cover soil properties of solid waste dumpsites in Colombo District, Sri Lanka // Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka. — 2015. — № 43(2). С. 189–194. — doi: 10.4038/jnsfsr.v43i2.7946.
4. Вайсман Я.И., Коротаяев В.Н., Армишева Г.Т. Территории полигонов ТБО: восстановление и использование // Твёрдые бытовые отходы. — 2014. — № 4(94). — С. 34–37.
5. Левит, С.Я. Шламохранилища предприятий черной металлургии и проблемы их рекультивации / С.Я. Левит, Г.М. Пикалова // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. / УрГУ. — Свердловск, 1984. — С. 85–91.
6. Dilly O., Nii-Annang S., Schrautzer J., Schwartze P., Breuer V., Pfeiffer E.-M., Gerwin W., Schaaf W., Freese D., Veste M., Huttel R.F. Ecosystem manipulation and restoration on the basis of long-term conceptions // Long-Term Ecological Research: Between Theory and Application. — 2010. С. 411–428. — doi: 10.1007/978-90-481-8782-9_28.
7. Metsaots K., Sepp K., Roose K.A. Evaluation of oil shale mining heritage in Estonia // WIT Transactions on Ecology and the Environment. — 2011. — 150. — С. 453–467. — doi: 10.2495/SDP110381.
8. Soha T., Munkacsy B., Harmat A., Csontos C., Horvath G., Tamas L., Csullog G., Daroczi H., Safian F., Szabo M. GIS-based assessment of the opportunities for small-scale pumped hydro energy storage in middle-mountain areas focusing on artificial landscape features // Energy 2017. — № 141. — С. 1363–1373. — doi: 10.1016/j.energy.2017.11.051.

9. Тюкленкова Е.П., Акифьев И.В., Чурсин А.И. Рекультивация территорий овражно-балочной сети Пензенской области // Успехи современного естествознания. — 2016. — № 12 (часть 1) — С. 210–215.
10. Костин А.С., Кречетов П.П. Трансформация почв в зоне влияния отвалов Подмосковского бурогоугольного бассейна // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко «Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование». — 2018. — С. 213–219.
11. Костин А.С., Кречетов П.П. Почвообразование в техногенно трансформированных ландшафтах лесостепи Подмосковского бурогоугольного бассейна // Труды XI Международной биогеохимической школы, посвященной 120-летию со дня рождения Виктора Владиславовича Ковальского «Биогеохимия — научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека». — 2019. — С. 157–162.
12. Шарапова А.В. Саморазвитие горнопромышленных ландшафтов старого района угледобычи в Тульской области / Шарапова А.В., Семенов И.Н., Леднев С.А., Карпачевский А.М., Королева Т.В. // Экология и промышленность России. — 2017. — № 12(21). — С. 54–59.
13. Полохин О.В. Состояние рекультивации техногенных ландшафтов в Приморском крае // Почвы в биосфере: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 10–14 сентября 2018 г. Ч. 2. Томск. — 2018 — С. 342–344.
14. Моторина, Л.В. Промышленность и рекультивация земель / Л.В. Моторина, В.А. Овчинников — М.: Мысль, 1975. — 240 с.
15. Pazur R. Abandonment and recultivation of agricultural lands in Slovakia-patterns and determinants from the past to the future / Pazur R., Lieskovsky J., Burgi M., Muller D., Lieskovsky T., Zhang Z., Prischchepov A.V. // Land / — 2020. — № 9. — С. 316.
16. Bruno S.S., Mariangela G.P. Assessment of rehabilitation projects results of a gold mine area using landscape function analysis // Applied Geography — Т. 108 — 2019. — С. 22–29.
17. Kuznetsova I.V., Timofeeva S.S. Green technologies in land recultivation for coal mining enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 1(408). — doi: 10.1088/1755-1315/408/1/012075.
18. Васильев С.Б., Родин А.Р. Теоретические и практические аспекты рекультивации техногенных ландшафтов // Вестник МГУЛ — Лесной вестник. 2016. № 1.
19. Зеньков И.В., Морин А.С., Вокин В.Н., Кирюшина Е.В., Жукова В.В. Результаты исследования условий развития соснового бора в восточном секторе внутренних отвалов угольного разреза «Бородинский» // Уголь. 2019. № 4(1117).
20. Расулева Г.Р., Кутляров А.Н., Мгдесян В.Т. Рекультивация нарушенных земель в Баймакском районе Республики Башкортостан // Современные научные исследования и разработки. — № 12(29). — 2018. — С. 739–744.

21. Жидков А.Н., Коженков Л.Л. Особенности биологического этапа рекультивации полигонов складирования вторичных материалов промышленности // Вестник МГУЛ — Лесной вестник. 2019. № 2.
22. Трофимов С.С. Состав гумуса молодых почв техногенных отвально-карьерных ландшафтов / С.С. Трофимов, Ф.А. Фаткулин // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 113–119.
23. Федорец Н.Г. Начальные стадии формирования биогеоценозов на техногенных землях Европейского Севера — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. — 74 с.
24. Пыстина Н.Б., Унанян К.Л., Ильякова Е.Е., Хохлачев Н.С., Лужков В.А. Совершенствование технологий рекультивации ландшафтов на склонах в условиях крайнего севера // Арктика: экология и экономика. — № 2(26). — 2017.
25. Заболотских В.В., Васильев А.В., Кондратьев А.Ф. Очистка почв от нефтепродуктов с использованием разработанной биосмеси // Известия Самарского научного центра РАН. — 2020. — № 2(94). — С. 55–58.
26. Sigren J., Figlus J., Armitage A. Coastal sand dunes and dune vegetation: Restoration, erosion, and storm protection // Shore and Beach. — № 82. — 2014. — С. 5–12.
27. Шипилова А.М., Семина И.С. Оценка почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Кузбасса в зависимости от технологии рекультивации нарушенных земель // Известия УГГУ. — 2017. — № 3(47).
28. Patejdl C. Agricultural reclamation of spoils banks and areas disturbed by industrial activities. — Praha, 1974. — 240 p.
29. Зеньков И.В., Барадулин И.М. Результаты исследования условий появления и формирования растительного покрова в отработанных щебеночных карьерах // Уголь. 2017. — № 12(1101).
30. Трещевская Э.И. Культуры сосны обыкновенной на деградированных и техногенно нарушенных землях ЦЧР: монография — Воронеж: ВГЛТУ, 2017. — 132 с.
31. Салиньш, С.Х. Опыт лесохозяйственной рекультивации гравийных и песчаных карьеров / С.Х. Салиньш, Л.Я. Варславанс, З.А. Даниланс // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых: тезисы докладов конференции (Орджоникидзе, 1977 г.). — М.: ВИНТИ, 1977. — С. 334–335.
32. Бекаревич, Н.Е. К вопросу о плодородии почв и пород / Н.Е. Бекаревич, Н.Т. Масюк, Л.П. Сидорович // Освоение нарушенных земель. — М.: Наука, 1976. — С. 5–26.
33. Тихонова, Е.Н. Влияние различных древесных пород на гумусообразование в условиях нарушенных земель / Е.Н. Тихонова, Э.И. Трещевская // Динамика лесистости в малолесных районах европейской части России. Проблемы и перспективы: мат. Всерос. НТК. — Воронеж: ВГЛТА, 2003. — С. 98–100.
34. Шугалей Л.С., Бодикова Н.В. Азотный фонд инициальных почв под культурами сосны на вскрышных породах // Вестник КрасГАУ. — 2014. — № 8.

35. Махонина, Г.И. Азот в почвах техногенных экосистем Урала / Г.И. Махонина, Е.Б. Тихомирова // Растения и промышленная среда: сб. науч. трудов. — Свердловск: Урал. гос. ун-т, 1990. — С. 34–44.
36. Панков Я.В. Лесная рекультивация нарушенных земель: монография — Воронеж: ВГУ, 1991. — 184 с.
37. Месяц С.П., Румянцева Н.С., Волкова Е.Ю. Средообразующая роль и биоты и горной породы при восстановлении техногенных ландшафтов // ГИАБ. — 2015. — № 56.
38. Орлова О.В., Архипенко И.А. Гуминовые вещества компостов из твёрдых бытовых отходов как перспективный стимулятор роста растений // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2009. — № 3. — С. 35–38.
39. Егоров А.А., Копцева Е.М., Сумина О.И., Фатьянова Е.В., Кириллов П.С., Иванов С.А., Трофимук Л.П. Долгосрочный мониторинг биоразнообразия естественных сукцессий для оценки эффективности рекультивации на карьерах в Российской Арктике // Биомониторинг в Арктике: сборник тезисов докладов участников международной конференции (26–27 ноября 2018 года) / отв. ред. Т.Ю. Сорокина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. — Архангельск: САФУ, 2018. — 215 с.
40. Frouz J., Kalcik J., Velichova V. Factors causing spatial heterogeneity in soil properties, plant cover, and soil fauna in a non-reclaimed post-mining site // Ecological Engineering. — 2011. — № 11(37). — С. 1910–1913. — doi: 10.1016/j.ecoleng.2011.06.039.
41. Сучков Д.К. Роль и экономическая эффективность защитных лесных насаждений в восстановлении и преобразовании ландшафтов // Научно-агрономический журнал. — 2018. — № 1 (102).
42. Чибрик Т.С., Филимонова Е.И., Лукина Н.В., Глазырина М.А. Формирование лесных фитоценозов на южном отвале Веселовского месторождения бурого угля // Известия Самарского научного центра РАН. — 2016. — № 2–2.
43. Абакумов, Е.В. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на Северо-Западе Русской равнины / Е.В. Абакумов, Э.И. Гагарина. — С.-Петербург: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. — 208 с.
44. Свиридова, И.К. Биологическая продуктивность древесно-кустарниковых пород на рекультивируемых землях КМА / И.К. Свиридова, Э.И. Трещевская; ВЛТИ. — Воронеж, 1985. — 15 с.
45. Тагирова О.В., Кулагин А.Ю. Экологическая реабилитация ландшафтов, нарушенных при разработке полезных ископаемых в лесостепной зоне (на примере отвалов Кумертауского буроугольного разреза) // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума / под научной редакцией академика РАН А.А. Чибилёва. — Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. — 1181 с.
46. Панков Я.В., Гончаров А.Б., Голядкина И.В., Чуев С.А. Биологическое разнообразие как основа лесной рекультивации нарушенных ландшафтов // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем. — Воронеж: издательство «Истоки», 2015. — 417 с.

47. Зеньков И.В., Нефедов Б.Н., Юронен Ю.П., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н. Технологии формирования рельефа породных отвалов для лесной рекультивации // Экология и промышленность России. — № 19(10). — 2015 — С. 22–26.
48. Недбаев И.С., Кушнир Е.А., Елсукова Е.Ю., Трещевская Э.И. Изучение последствий рекультивации: характеристики берёзовых сообществ на техногенных объектах Кингисеппского месторождения фосфоритов // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием — М.: ЦЭПЛ РАН. — 2020. — 252 с.
49. Дмитракова Я.А., Абакумов Е.В. Динамика почвенно-растительного покрова на участках лесной рекультивации месторождения фосфоритов (ПО «Фосфорит», Кингисепп) // Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения: Сборник материалов VII Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. — 2017. — 419 с.
50. Бунгарт Р. Получение биомассы для использования в энергетике путем выращивания быстрорастущих древесных пород на наклонных субстратах в районе добычи бурого угля Лузати с особым учетом поступления питательных веществ и водного баланса // Cottbuser Schr Bodenschutz Rekult. — 1999. — № 7. — С. 159.
51. Bungart R., Huttl R.F. Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget // European Journal of Forest Research. — 2004. — № 2(123). — С. 105–115. — doi: 10.1007/s10342-004-0024-8.
52. Bungart R., Huttl R.F. Production of biomass for energy in post-mining landscapes in Lusatia and nutrient dynamics // Biomass Bioenergy. — 2001. — № 20. — С. 181–187.
53. Деккер А. Быстрорастущие породы деревьев в коротком ротации на последующих горных выработках Vattenfall Europe Mining AG: Разработка и оценка стратегии использования территорий — Дрезден: TU Dresden 2003. — 71 с.
54. Decker A. Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb auf Bergbau-Folgeflächen der Vattenfall Europe Mining AG-Entwicklung und Bewertung von Flächen-Nutzungs-Strategien // Diplomarbeit. — Dresden: TU Dresden 2003. — 71 p.
55. Krummelbein J., Bens O., Raab T., Anne Naeth M. A history of lignite coal mining and reclamation practices in Lusatia, eastern Germany // Canadian Journal of Soil Science. — 2012. — № 1(92). — С. 53–66. doi: 10.4141/CJSS2010-063.

Nedbaev Ivan Sergeevich

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
Saint-Petersburg Forestry Research Institute, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: i.nedbaev@spb-niilh.ru; i.nedbaev@spbu.ru; nedbaev.ivan@yandex.ru
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=995421
Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/AAD-7721-2020>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57207032777>

Elsukova Ekaterina Yurievna

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: e.elsukova@spbu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7678-4719>
ПИИЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=115114
Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/D-9537-2017>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6602477898>

The study of world and Russian experience in the development of optimal ways of recultivation of disturbed lands

Abstract. This article is part of a dissertation research. The extraction of minerals annually transfers millions of hectares of land into the category of disturbed lands, which need more than a dozen years to recover, and a human takes special measures to restore such lands — he reclaims them. At the moment, a lot of theoretical and practical material has been accumulated on the recultivation of disturbed landscapes. The purpose of this review was to systematize the available scientific data on the restoration of vegetation and soil cover at the site of former quarries, pit, field, dumps, etc. Recultivation should be applied not only to man-made objects, but also to areas affected by anthropogenic impact (for example, contaminated areas or areas affected by erosion). A feature of modern researches on this issue is an integrated approach that combines environmental, economic and social aspects. Various points of view on the need to apply a soil layer for the recultivation of anthropogenic objects and the required thickness of this layer are considered. For most reclaimed territories, the recommended soil layer in terms of thickness should be at least 30–40 cm. Attention is paid to the methods of accelerating the overgrowing of disturbed areas with vegetation and the high value of forest reclamation is noted. A review of the available studies on the stages of overgrowing of industrial dumps in various regions of Russia is made. After about 40 years, the community on the reclaimed territory can be considered mature. However, it will not necessarily be identical in structure to natural systems. It is concluded that the formation of a scientific direction is necessary in the near future, the purpose of which will be to determine the principles and features of the formation of landscapes on various anthropogenic substrates.

Keywords: recultivation; landscape restoration; formation of soil and vegetation cover; stages of overgrowth; technogenic objects; anthropogenic impact