Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Новосибирск, 2019

УДК 502.63; 504.35+504.54.062.4+504.064
ББК 40.3

Гуркова Е. А., Госсен И. Н., Куляпина Е. Д., Соколов Д. А., Беланов И. П., Андроханов В. А. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ. – Новосибирск : Окарина, 2019. – 34 с.

В методических рекомендациях описано содержание работ и алгоритм оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов с целью определения направлений их эффективной рекультивации.

Рекомендации предназначены для научных сотрудников, преподавателей и студентов средних и высших учебных заведений экологических, биологических, сельскохозяйственных специальностей, экологов на предприятиях, а также всех заинтересованных лиц.

Рецензенты:

доктор технических наук Е.Л. Счастливцев
кандидат биологических наук, доцент О.И. Подурец

Проект Методических рекомендаций разработан в рамках государственного задания ИПА СО РАН (№ госрегистрации АААА-А17-117030110077-4) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-05086_мк)

Рассмотрен и одобрен на заседании Ученого совета ФГБУН ИПА СО РАН (протокол № 7 от 31.10.2019).

ISBN 978-5-6044070-0-4

DOI : 10.31251/978-5-6044070-0-4

ISBN 978-5-6044070-0-4

©Гуркова Е.А., Госсен И.Н.,
Куляпина Е.Д., Соколов Д.А.,
Беланов И.П., Андроханов В.А.,
2019

© ИПА СО РАН, 2019

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации разработаны для проведения почвенно-экологического обследования техногенно нарушенных территорий (техногенных ландшафтов), с целью прогноза самовосстановления и оценки направлений и эффективности их рекультивации.

1.2. Методические рекомендации направлены на систематизацию и унификацию получаемой информации о состоянии почвенного и растительного покрова и восстановлении техногенных ландшафтов.

1.3. В основу методического пособия положены теоретические и практические результаты многолетних исследований сотрудниками лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН техногенных ландшафтов Сибири (Андроханов и др., 2000; Гаджиев и др., 2001; Андроханов и др., 2004; Кусов, 2007; Андроханов, Курачев, 2009; 2010; Полохин, 2011; Семина и др., 2013; Госсен и др., 2016; Двуреченский, Андроханов, 2017; Sokolov et al., 2015; Sokolov, 2017 и др.).

2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АВТОМОРФНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ	Процессы почвообразования, протекающие в плакорных условиях, при преимущественном атмосферном увлажнении, без участия грунтовых вод.
БОНИТИРОВКА ГИПЕРГЕНЕЗ	Сравнительная оценка почв. Процессы физического и химического преобразования горных пород и минералов в верхних частях земной коры и на поверхности, под воздействием воды, воздуха, живых организмов в различных температурных условиях.
НОВООБРАЗОВАНИЯ	Скопления веществ различной формы и состава, которые образуются и накапливаются в ходе процессов почвообразования. Являются индикаторами почвообразовательных процессов.
ПЕДОГЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО	Органическое вещество, образовавшееся в техногенных почвах в ходе гумификации органических остатков.
ПЕДОГЕННЫЙ УГЛЕРОД	Углерод педогенного органического вещества.
ПИОНЕРНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ	Виды, первыми заселяющие свободные от биоценозов участки природного или антропогенного происхождения.
ПЛОДОРОДНЫЙ СЛОЙ	Верхний гумусированный слой почв (гумусово-

ПОЧВ	аккумулятивный горизонт), обладающий благоприятными для роста растений физическими, химическими и агрохимическими свойствами. В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01.83 должен селективно сниматься, в зависимости от мощности, и складироваться в бурты при проведении горных работ.
ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ПОЧВЫ ПЛОТНОСТЬ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВЫ	Масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении. Отношение массы твердой фазы почвы к массе воды в том же объеме при 4°C, т. е. масса сухого вещества почвы в единице объема твердой фазы почвы без пор.
ПОРОДЫ ВСКРЫШНЫЕ / ВМЕЩАЮЩИЕ	Породы вскрышные – горные породы, покрывающие полезное ископаемое, подлежащее выемке и перемещению в процессе горных открытых работ. Порода вмещающая – горные породы, в которой заключено геологическое тело с полезным ископаемым (пласт, рудное тело).
ПОТЕНЦИАЛЬНО- ПЛОДОРодНЫЕ ПОРОДЫ	Горные породы, обладающие благоприятными для роста растений физическими, химическими и агрохимическими свойствами, требующими минимальных агро- и фитомелиоративных улучшительных мероприятий.
ПОЧВЕННО- ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ	Способность техногенного ландшафта поддерживать определенный уровень почвообразования и развития фитоценоза и уровень жизнеобеспечения биоценоза в целом. Понятие применяется с позиций оценки перспектив самовосстановления почв и почвенного покрова как основы любой экосистемы, в том числе антропогенной.
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ	Набор технологических приемов, позволяющих сформировать на месте нарушенных земель участки территории (местообитания, ландшафты, поля рекультивации) с заданными в виде технического задания в рабочем проекте рекультивации параметрами хозяйственной и/или почвенно-экологической эффективности.
СЕДИМЕНТАЦИЯ	Оседание частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационных или центробежных сил.
СИНГЕНЕЗ	Процесс одновременного или совместного

СУКЦЕССИЯ	образования. Последовательная закономерная смена одного биологического сообщества другим на определённом участке среды во времени в результате влияния природных факторов или воздействия человека
ТЕКСТУРА/СТРУКТУРА ПОРОДЫ	Текстура – характер строения горной породы, преимущественная ориентация ее элементов. Структура – совокупность признаков горной породы, обусловленная степенью кристаллизации, размерами и величиной кристаллов, внешними особенностями зерен или кристаллов породы.
ТЕХНОГЕННЫЙ ЛАНДШАФТ	Образование, основные экологические компоненты которого (рельеф, породы, почвы) сформированы техногенным способом. Ландшафт, особенности формирования и структуры которого обусловлены производственной деятельностью человека, связанной с использованием мощных технических средств. Разновидность антропогенного ландшафта.
ТЕХНОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ	Рельеф, созданный в результате производственной деятельности человека, созданный в процессе преобразования естественного рельефа техническими средствами при строительстве дорог, каналов, горнодобывающей деятельности и др.
ТЕХНОГЕННЫЙ ЭЛЮВИЙ	Полидисперсный, полиминеральный субстрат породных отвалов, прошедший первичную дезинтеграцию в процессе буровзрывных, экскавационных, транспортных и иных технологических операций, подвергающийся выветриванию под влиянием абиотических и биотических агентов. Субстрат, перемещаемый и сортируемый в рельефе склоновыми процессами, носит название элюво-делювия.
ТЕХНОЗЁМЫ	Искусственные почвоподобные образования, состоящие из одного или нескольких насыпных природных или техногенных грунтов с поверхностным плодородным слоем.
ТИПОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ГОРИЗОНТ ТРАНСЕКТ(А)	Почвенный горизонт, являющийся диагностическим для данного типа почв. Сильно вытянутая, прямоугольная площадка,

ФИТОЦЕНОЗ	поперечный или продольный «разрез» территории для изучения биологических сообществ, почв, рельефа и др. Растительное сообщество, существующее в пределах одного биотопа. Характеризуется относительной однородностью видового состава, определённой структурой и системой взаимоотношений растений друг с другом и с внешней средой.
ЭЛЮВИОЗЁМЫ	Примитивные почвы на плотных породах. Для них характерно развитие процессов, направленных на подготовку субстрата к почвообразованию (разрыхление пород). Относятся к классу литогенно-неразвитых почв. Выделяются 3-5 типов – инициальные, (органо-аккумулятивные), дерновые, (гумусово-аккумулятивные), сухоторфянистые.
ЭМБРИОЗЁМЫ	Естественные молодые слаборазвитые почвы, образующиеся на субстрате техногенных ландшафтов. Выделяют 4 типа, преимущественно по характеру органического вещества и специфике горизонта его аккумуляции – инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные эмбриозёмы.

3. СТРУКТУРА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

3.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Включает сбор информации об объекте с целью определения объема, структуры и алгоритма почвенно-экологического обследования. Рекомендовано выяснить следующее:

1) Природные условия, в которых сформирован и функционирует техногенный ландшафт – геологические и петрографические особенности, состав почвообразующих пород, рельеф, климатические параметры, в первую очередь, гидротермический коэффициент, испаряемость и сумму биологически активных температур, характер коренной растительности и естественного почвенного покрова. Перечисленная информация, как правило, содержится в опубликованных источниках, в том числе картографических, и справочных изданиях.

2) Сведения о техногенном ландшафте – размер занимаемой территории, а также возраст (Приложение 1). Площадь устанавливается посредством анализа картографического материала. Данные о возрасте могут быть получены из технической документации.

3) Технологию формирования и последовательность отсыпки породы с целью выделения участков, однородных по пригодности субстрата к восстановлению почвенного покрова. Для этого также используется техническая документация и архивные данные.

4) Сбор и анализ картографического материала является важнейшей задачей на данном этапе работ. В зависимости от площади ландшафта, рекомендуется использовать крупно- и среднемасштабные топокарты, космоснимки и иные цифровые картографические ресурсы, размещенные в открытом доступе. С их помощью не только определяется последовательность отсыпки грунтов при проведении земельных работ, но и предварительно устанавливается плотность размещения ключевых точек почвенных разрезов и отбора проб. Количество разрезов должно обеспечивать представительство основных типов почв и отражать структуру почвенного покрова.

5) После сбора и анализа предварительной информации определяется схема и алгоритм почвенно-экологического обследования конкретного объекта. Принципиально важными в этом случае являются сведения о возрасте техногенного ландшафта, поскольку степень развитости его почвенного покрова зависит от времени. Для «молодых» и «старых» ландшафтов оценка состояния проводится в разном объеме. Однако общая схема первичного обследования обязательно должна включать:

- полевое изучение с описанием рельефа, пород, растительности и почв;
- отбор образцов почв с целью определения основных физико-химических свойств;
- лабораторное исследование почв;
- обработка результатов полевого и лабораторного исследований, оценка почвенно-экологического состояния техногенного ландшафта.

6) Ориентировочный перечень необходимого оборудования и лабораторных анализов приведен в Приложении 2.

3.2. ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

3.2.1. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ РЕЛЬЕФА, ПОРОД

Основной этап проводится в полевых условиях на объекте обследования. Все наблюдения должны быть записаны в дневник, с указанием координат объекта, абсолютной высоты, даты.

1) С целью наиболее полного и информативного определения почвенно-экологического состояния техногенного ландшафта рекомендуется оценить характер рельефа. Техногенный рельеф формируется в зависимости от технологии отсыпки вскрышной или вмещающей породы добычного

карьера/шахты или складирования грунтов при прочих земельных работах и во многом задает направленность восстановления ландшафта и его почвенно-экологическое состояние на посттехногенном этапе.

2) Оценка условий рельефа должна включать общую геоморфологическую характеристику (Приложение 3). Необходимо указать крутизну и экспозицию склонов, а также микрорельеф склонов и спланированных поверхностей, буртов и т.д.

3) Степень влияния крутизны склонов варьирует в интервале наклона поверхности от горизонтальной (спланированной) поверхности до крутизны, соответствующей углу естественного откоса (30-45°). В случае горизонтальной поверхности, влияние фактора рельефа на развитие почвенного покрова практически не выражено. На склонах крутизной выше 30-45° почвы не образуются. Промежуточные значения являются мерой влияния поверхности на развитие почвенного покрова. Чем меньше крутизна склона, тем менее выражено влияние рельефа и тем благополучнее состояние техногенного ландшафта. При оценке вклада рельефа следует учитывать и экспозицию склона: крутые инсолируемые склоны будут отличаться крайне неблагоприятными условиями по сравнению с менее крутыми и более увлажняемыми.

4) Важнейшим фактором, определяющим почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта, является субстрат, на котором на посттехногенном этапе происходит формирование и развитие молодых почв. Свойства субстрата задаются технологией горной разработки или земельных работ.

5) При описании характера субстрата необходимо принимать во внимание, что во внешние бестранспортные отвалы в основном отсыпаются рыхлые четвертичные отложения и породы верхних коренных слоев, в наибольшей мере охваченных процессами гипергенеза. С аналогичными свойствами субстрата формируются внутренние бестранспортные отвалы неглубоких карьеров. В бестранспортные отвалы на глубоких карьерах складывается коренная, не измененная процессами выветривания, порода. В транспортных отвалах размещается порода любого состава, однако следует иметь в виду, что при ярусном складировании скальная порода уходит в верхние ярусы, тогда как нижние ярусы сложены более выветрелым субстратом.

6) Как правило, субстраты техногенных ландшафтов представляют собой хаотичную смесь, включающую плотные (алевролиты, аргиллиты, песчаники разной степени выветрелости) или рыхлые (лессовидные суглинки, глины) осадочные породы с включением углистых частиц (Приложение 4). При их выветривании образуется элювий, который характеризуется различным гранулометрическим составом (Приложение 5) и степенью выветрелости (Приложение 6).

Предварительная информация о составе вскрышной и вмещающей породы на объекте может быть получена из технической документации. В

полевых условиях рекомендуется руководствоваться упрощенной схемой-характеристикой пород (см. Приложение 4–6). Для более точного описания и определения характера пород допускается отбор образцов.

7) Формирующиеся на неоднородных субстратах молодые почвы имеют изначально различные гранулометрический состав, плотность, водопроницаемость и другие свойства. Почвы на слабо выветрелых плотных осадочных породах характеризуются минимальным количеством мелкозема и сильной каменистостью, нарастающей с глубиной. Лессовидные суглинки и глины, наоборот, отличаются большим количеством тонкодисперсных частиц, с разной долей крупнокаменистого материала. Подобная неоднородность субстрата оказывает значительное влияние не только на свойства молодых почв, но и на тренд их дальнейшего развития и дифференциацию почвенного покрова в техногенных ландшафтах в целом.

8) С учетом сказанного, при проведении почвенно-экологической оценки рекомендуется при описании субстрата определить его характер – степень каменистости, выветрелости, петрографический состав (Приложение 6-7).

9) Обследование субстрата включает измерение плотности сложения и плотности твердой фазы. Плотность субстрата в техногенном ландшафте определяется технологическими приемами складирования грунта, что приводит, с одной стороны к переуплотнению породы, а с другой стороны формируется высокая пространственная неоднородность поверхности ландшафта по показателю плотности. Отмечается, что в ходе развития почвообразовательных процессов в поверхностном слое пород могут происходить изменения плотности, однако длительное время молодые почвы остаются переуплотненными. Это свойства вносит вклад в почвенно-экологическое состояние и выражается через коэффициент специфичности (см. п.3.2.4.). Плотность сложения определяется в полевых условиях буровым методом Качинского, для каменистых субстратов – песчаным методом по Зейдельману. Плотность твердой фазы измеряется в лабораторных условиях пикнометрическим методом.

3.2.2. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

1) Темпы восстановления техногенного ландшафта и его почвенно-экологическое состояние оцениваются, в том числе, по растительному покрову, особенно в случае самозарастания. Развитие растительности начинается практически сразу же после формирования техногенного рельефа (отсыпки отвалов, буртов ПСП и др.). При самозарастании породных отвалов первыми приходят пионерные виды растений, в основном, это сорная растительность. Последующее развитие фитоценоза протекает сингенетично с развитием почвенного покрова, сопровождается усложнением видового состава, усилением мозаичности травянистого покрова и увеличением площади проективного покрытия (Приложение 8). Лимитирующим фактором

зарастания отвалов выступает плотность и каменистость субстрата: участки, сложенные слабыветрелыми обломками пород заселяются медленней и в течение длительного срока не претерпевают трансформации фитоценоза. Супесчано-суглинистые участки характеризуются высокими темпами заселения и развития фитоценоза (Глебова, 2005).

2) Заращение гидроотвалов происходит по зонам седиментации и основным лимитирующим фактором здесь является влажность субстрата. Для первой зоны седиментации, наиболее переувлажненной, характерны моновидовые сообщества тростников (например, тростник южный *Fragmites australis*) или кустарников (например, ивы) с высоким проективным покрытием. Со временем сообщества тростника могут смениться бобово-злаковым сообществом с обедненным видовым составом. Во второй зоне, менее увлажненной, развиты заросли ивы с разреженным травянистым покровом. Видовой состав более богатый, проективное покрытие высокое. В периферийной третьей зоне видовой состав фитоценоза более разнообразный, усложняется вертикальная структура. Помимо кустарников и тростника, отмечается развитый травянистый покров, представленный в основном луговыми сообществами (Куприянов и др., 2010).

3) Освоение растительностью золоотвалов протекает медленно, поскольку субстрат представлен шлаком и золой. В составе растительности присутствуют низшие растения (мхи, лишайники, водоросли) и единичные экземпляры высших травянистых растений. В случае высокой токсичности золошлаковых субстратов, золоотвал остается техногенной пустыней в течение долгого срока.

4) Разнообразие геоморфологических условий и пестрый состав субстрата обуславливают асинхронность протекания сингенетических сукцессий. На крутых инсолируемых (освещенных) склонах отмечается замедленная смена растительных группировок, на спланированных участках скорость сукцессий выше.

5) Анализ видового состава растительности техногенных ландшафтов и определение проективного покрытия выполняются в полевых условиях и являются важными в диагностике почвенно-экологического состояния техногенного ландшафта. Видовой состав определяется посредством стандартного геоботанического описания выбранных участков (Учебная геоботаническая практика, 2012). Для определения видов растений можно использовать цифровые ресурсы открытого доступа в сети Internet, например, онлайн-определитель (www.plantarium.ru), цифровой гербарий МГУ (<https://plant.depo.msu.ru>), приложения для смартфонов с ОС Android/iOS (*iNaturalist*). В случае необходимости, рекомендуется сбор гербария для более точного определения в камеральных условиях. Для этого каждое растение, желательно с корнями и цветущими побегами, помещается в листы бумаги/газеты и закладывается в гербарные папки под пресс. Обязательно прилагается этикетка с указанием места сбора, географической привязки, даты, фитоценоза.

б) В процессе выполнения геоботанического описания определяется степень проективного покрытия на искомом участке – на глаз, с помощью сетки Раменского (в %), либо с применением равнодистанционной шкалы Браун-Бланке (в баллах) (Приложение 9). Все наблюдения записываются в полевой дневник.

3.2.3. ДИАГНОСТИКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

1) Главной целью проведения процедуры почвенно-экологического обследования техногенного ландшафта является диагностика его состояния с точки зрения оценки перспектив самовосстановления почвенного покрова как базового компонента ландшафта. Диагностика почвенно-экологического состояния заключается в количественной оценке свойств и режимов компонентов ландшафта, отвечающих за скорость и направление почвообразовательных процессов и саморазвитие почв в целом. Процедура диагностики включает картографирование и полевые исследования почвенного покрова.

2) Картографирование позволяет отмечать закономерности распределения молодых почв и их площади в техногенном ландшафте, кроме того, предоставляет возможность прогноза темпов и направления его восстановления. Картографирование должно основываться на профилно-генетической классификации почв, в которой основой является типодиагностический горизонт (Приложение 10). Структура почвенного покрова оценивается наличием того или иного типа почв.

3) Картографирование является обязательным этапом обследования для «старых» техногенных ландшафтов, характеризующихся развитым, мозаичным и неоднородным почвенным покровом. В силу этого выполняться оно должно в крупном масштабе – от 1:1000 до 1:100.

4) Для удобства при обследовании рекомендуется поверхность ландшафта дифференцировать на геоморфологически однородные участки с разновозрастными элементами: горизонтальные и слабонаклонные (до 5^0), склоны ($5-45^0$) инсолируемых экспозиций (ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ) и склоны теневых экспозиций (С, СВ, В).

5) Процедура проведения картирования включает следующее. В каждой группе участков закладывается серия площадок размером 10 x 10 метров, на которых проводится детальное картографирование почвенного покрова. По полученной почвенной карте вычисляются площади того или иного типа почв и их доля от всей площади геоморфологического участка. В случае высокой степени неоднородности почвенного покрова техногенных ландшафтов описанный метод сочетается с методом картирования по трансектам: с помощью мерной ленты закладывается трансекта длиной 10 метров, по которой отмечается длина сечения каждого почвенного контура, пересекаемого ею. Соотношение суммы длин сечения всех контуров

конкретного типа почв с достаточной степенью достоверности отражает их площади на участке. Результаты заносят в полевой дневник.

6) В процессе картирования предварительная диагностика молодых почв может выполняться по характеру растительного покрова (см. Приложение 8). Следует обратить внимание на то, что приведенная в приложении схема сукцессий растительности на поверхности техногенных ландшафтов наиболее пригодна при оценке эмбриозёмов и элювиозёмов. На технозёмах фитоценоз формируется на стадии биологической рекультивации техногенного ландшафта, сукцессии в этом случае практически не несут диагностической информации.

7) По итогам проведенного картирования выбираются участки для заложения почвенных разрезов и отбора почвенных образцов. Количество разрезов должно обеспечить представительность всех типов почв конкретного геоморфологического участка. Исследование почвенного разреза выполняется по общепринятой методике описания естественных почв.

8) Почвенный покров в техногенных ландшафтах представлен эмбриозёмами, элювиозёмами и технозёмами. Первые относятся к 10 типам (Приложение 10–11). Эти новообразованные почвы характеризуются автоморфным направлением почвообразования и находятся на самом раннем этапе развития. Подтиповая дифференциация эмбриозёмов осуществляется по наличию диагностирующего горизонта, отражающего профилообразующую функцию почвообразования (например, выщелачивание, оподзоливание). В силу небольшой длительности периода педогенной трансформации субстрата техногенных ландшафтов, признаки таких процессов, находящие отражение в морфологических свойствах, встречаются в эмбриозёмах редко. В связи с этим выделяется в основном подтип типичных почв. Разделение на роды производится по особенностям вещественного состава пород. Учитывая относительно молодой возраст эмбриозёмов, видовой таксономический уровень включает лишь два вида по степени интенсивности и выраженности типо- и подтиподиагностических процессов – фрагментарный (неразвитый) и фронтальный (развитый) (Приложение 10).

9) Элювиозёмы представляют собой класс почв, для которого не свойственно активное развитие почвообразовательных процессов. К ним относятся так называемые литогенно-неразвитые почвы, в которых происходит трансформация породного субстрата, а именно, его подготовка для почвообразования. Профили у элювиозёмов не развиты или развиты очень слабо. Разделение на таксономические уровни аналогично таковому для эмбриозёмов.

10) Технозёмы формируются на биологическом этапе рекультивации и, в отличие от элювиозёмов и эмбриозёмов, представляют собой искусственные образования, состоящие из одного или нескольких насыпных слоев (Приложение 11). Типодиагностическим горизонтом у этого класса почв

выступает искусственно созданный корнеобитаемый (пахотный) горизонт. Межтиповые различия технозёмов обусловлены технологией формирования этого горизонта.

11) Недифференцированные технозёмы формируются путем механической обработки субстрата, слагающего техногенный объект. В этом случае дифференциация профиля не выражена. Выделяется только один подтип – технозёмы литогенные. Разделение на видовом таксономическом уровне не проводится, на уровне рода – по специфике вещественного состава пород субстрата. Дифференцированные технозёмы формируются путем отсыпки одного или нескольких слоев ПСП или ППП, нанесенных на спланированную поверхность отвала или иного техногенного объекта. Профиль таких технозёмов хорошо дифференцирован. Подтиповое разделение ведется по характеру отсыпки: в типичных технозёмах выделяется слой ПСП и ППП, в потенциально плодородных – слой ППП (например, глины, суглинки, пески и др.), в гумусогенных – слой ПСП. Модифицированные технозёмы отличаются наличием неоднородного по окраске, плотности, грансоставу слоя, состоящего из смеси породного субстрата и почвоулучшающих добавок. В зависимости от природы добавок на уровне подтипа выделяют органогенные и минеральногенные модифицированные технозёмы.

12) Поскольку диагностика типов молодых почв техногенных ландшафтов ведется в основном по верхнему – органогенному или искусственному насыпному – горизонту (Приложение 11), то особое внимание при описании уделяется его характеру, мощности, новообразованиям, включениям. Для всех горизонтов описывается гранулометрический состав, степень каменистости, плотность, новообразования и включения. Рекомендуется фотографировать почвенный профиль, а также фитоценоз на ее поверхности с целью уточнения на камеральном этапе названия почвы (до уровня вида почвы).

13) После завершения описания морфологических свойств, из почвенного разреза производится отбор образцов на химические анализы, а также проведение необходимых полевых исследований физических свойств (плотности, водопроницаемости и др.). Образцы отбираются послойно снизу вверх из каждого генетического горизонта или слоя. Для молодых ландшафтов со слабой дифференциацией почвенного покрова отбор образца производится по группам геоморфологически однородных участков, до глубины 35 см и включает в себя все фракции, в том числе и каменистые. Глубина в 35 см определяется тем, что в этой толще при нормальном почвообразовании сосредоточена, как уже сказано выше, основная масса корней растений. Образцы высушиваются, производится предварительный рассев через сита, с целью разделения на гранулометрические фракции: мелкозем (частицы диаметром менее 1 мм) и крупнозем (частицы крупнее 1 мм). В дальнейшем, при лабораторном определении в этих образцах гранулометрического состава расчет количества мелкозема

гранулометрических фракций, в том числе фракций физической глины, дается в пересчете на весь образец, включая крупнозем.

14) Образцы упаковываются в крафт-бумагу или полиэтиленовый пакет, снабжаются этикетками с указанием даты, номера разреза, индекса генетического горизонта и глубины отбора. Если образец имеет повышенную влажность, рекомендуется вложить этикетку в отдельный небольшой пакет или продублировать данные образца на упаковке влагостойким маркером.

15) Количество почвы в пробе должно быть достаточным для выполнения аналитических исследований в химической лаборатории. Вес мелкозема рассчитывается исходя из требований к почвенным навескам для разных видов анализа (Аринушкина, 1986; Вадюнина, Корчагина, 1973). Стандартный вес образца 0,5–1 кг.

16) Лабораторный анализ почвенных образцов при диагностике и оценке почвенно-экологического состояния должен включать в первую очередь:

- определение гумуса (органического вещества);
- гранулометрический состав;
- содержание общего азота, калия, фосфора;
- определение плотности, емкости поглощения и pH (см. Приложение 2).

3.2.4. ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

1) Оценка ПЭС осуществляется посредством генетической интерпретации свойств и функций техногенных почв, для которой в свою очередь используются результаты их полевых и лабораторных исследований.

2) Процедура оценки проводится в камеральных условиях, после завершения лабораторных анализов почвенных образцов и включает два этапа:

- анализ картографического материала и определение площадей почв техногенного ландшафта;
- собственно оценка ПЭС с применением двух подходов.

3) Картографирование почвенного покрова несет не только диагностическую функцию, но и является методом количественной оценки почвенно-экологического состояния. Численный уровень этого состояния соответствует доле в % площади поверхности, занятой инициальными эмбриозёмами, а в случае, древесных насаждений – органо-аккумулятивными. Чем ниже доля этого типа почв, чем более благоприятное почвенно-экологическое состояние отмечается для данного ландшафта (Приложение 12).

4) Составленная в полевых условиях по итогам картирования схема структуры почвенного покрова уточняется с привлечением полевых записей, фотоматериалов, аэрофото- и космоснимков. По этой схеме дается окончательный расчет площади типов почв (в га и %) (Приложение 13) для участков и для ландшафта в целом. Составляется таблица площадей (Приложение 14).

5) Для детальной оценки ПЭС используется бонитировочный подход (Теоретические основы..., 1991; Щербинин, 1985). Количественный расчет ПЭС для каждого типа почв основывается на расчете балла бонитета, выражающего меру соответствия свойств молодых почв свойствам зональных. Сравнение баллов бонитета при таком подходе позволяет оценить общее ПЭС техногенного ландшафта с помощью формулы:

$$\text{ПЭСб.б.} = \text{Бп} \times \text{Кс} \quad (1),$$

где B^n – балл бонитета зональной почвы

K_c – коэффициент специфичности свойств техногенной почвы по отношению к зональной, в долях от 1.

6) Зональной почвой для Западной Сибири считается чернозём выщелоченный показателем $B_n = 100$.

7) Коэффициент специфичности K_c отражает специфику субстрата, которая лимитирует или потенцирует развитие почвенно-экологических функций. Коэффициент выражается в %, характеризует степень отклонения почвенного свойства от эталонного значения. Чем большее отличие показывает выбранный почвенный показатель от эталонного значения, тем меньше значение K_c .

8) Как показали многолетние исследования авторов настоящего пособия, наибольший вклад в развитие процессов почвообразования дают геоморфологические условия, содержание частиц физической глины, плотность сложения субстрата и содержание органического вещества (гумуса).

9) Вклад рельефа формируется за счет влияния крутизны и экспозиции склона. Как показали исследования, чем меньшая крутизна у склона, тем более благоприятны условия почвообразования на его поверхности. При крутизне склона более $35\text{--}45^\circ$ почвенный покров не формируется. Имеет значение экспозиция: теневой склон оказывает положительный эффект на развитие почв, инсолируемый – отрицательный. Кроме того, важно учитывать позицию на склоне – элювиальная (верхняя часть склона и водораздел), трансэлювиальная (средняя часть склона) или аккумулятивная (нижняя часть склона) (Куприянов и др., 2010). На аккумулятивных позициях, в виду сноса мелкодисперсного материала и влаги вниз по склону, складываются более благоприятные условия почвообразования, чем на элювиальной позиции. Для расчета коэффициента специфичности по рельефу предложена матрица, учитывающая экспозицию и позицию почвы на склоне, и шкала градации его крутизны (Приложение 14а–б). При расчете коэффициента специфичности рельефа из матрицы выбирается значение, соответствующее экспозиции склона и позиции почвы на нем, а из шкалы – значение, соответствующее крутизне. Значения подставляются в формулу:

$$K_{c.p.} = \Xi \times K \quad (2),$$

где $K_{с.р.}$ – коэффициент специфичности по рельефу,
 $\mathcal{E}$ – коэффициент, учитывающий экспозицию склона и позицию на нем,
 K – коэффициент, учитывающий крутизну склона.

Коэффициент специфичности субстрата по содержанию физической глины рассчитывается следующим образом:

$$K_{с.ф.г.} = \frac{K_{ф.г.э} \times 100}{K_{ф.г.эталон}} \quad (3),$$

где $K_{с.ф.г.}$ – коэффициент специфичности по содержанию физической глины;

$K_{ф.г.э.}$ – содержание физической глины в искомой техногенной почве;

$K_{ф.г.эталон}$ – содержание физической глины в почве, принятой за эталон.

10) Аналогично ведется расчет коэффициентов по плотности сложения (4) и содержанию гумуса (5).

$$K_{с.Рб} = \frac{P_{бэталон} \times 100}{P_{бэ}} \quad (4),$$

где $K_{с.Рб}$ – коэффициент специфичности по плотности сложения;

$P_{бэталон}$ – плотность сложения почвы, принятой за эталон. В данной формуле это значение указывается в числителе, поскольку плотность молодых техногенных почв, как правило, выше, чем у естественных зональных почв.

$P_{бэ}$ – плотность сложения в искомой техногенной почве.

$$K_{с.Спед} = \frac{C_{пед.э.} \times 100}{C_{пед.эталон}} \quad (5),$$

где $K_{с.Спед}$ – коэффициент специфичности по содержанию углерода педогенных органических веществ;

$C_{пед.э.}$ – содержание педогенного углерода в искомой техногенной почве;

$C_{пед.эталон}$ – содержание педогенного углерода в почве, принятой за эталон.

11) Среднее значение полученных коэффициентов дает общий коэффициент специфичности конкретной техногенной почвы (6).

$$K_{с} = \frac{\sum K_{с1,2,3}}{3} \times K_{с.р} \quad (6),$$

где $K_{с}$ – объединенный коэффициент специфичности конкретной техногенной почвы;

$\sum K_{с}$ – сумма всех коэффициентов специфичности, рассчитанных для этой почвы;

3 – Количество параметров, для которых рассчитан коэффициент;

$K_{с.р.}$ – коэффициент специфичности по рельефу.

12) Почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта с учетом соотношения площадей почв и коэффициентов специфичности для каждого типа рассчитывается следующим образом (7):

$$\text{ПЭС} = \frac{\sum_{n \geq 1}^n K_{cn} \times P_n}{\sum_{n \geq 1}^n P_n} \quad (7),$$

где ПЭС – почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафта, в баллах.

$\sum K_{cn} \times P_n$ – сумма произведений коэффициентов специфичности типов почв (в %) и их доли от общей площади (в %) в данном ландшафте.

$\sum P_n$ – сумма площадей контуров почв.

13) Оценка ПЭС с применением формул (1–7) позволяет рассчитать меру соответствия техногенных почв зональным, оценить перспективы самовосстановления техногенного ландшафта, а также эффективность рекультивационных мероприятий.

14) Итогом проведенных исследований является отчет оценки почвенно-экологической эффективности, в котором приводятся результаты полевых и лабораторных исследований, статистическая обработка данных, картографический и фотоматериал. В случае неоднократного проведения оценочных мероприятий на разных объектах рекомендуется организация общей базы данных для последующего анализа и прогноза состояния техногенных ландшафтов.

Типизация техногенных ландшафтов по возрасту

Ландшафт	Возраст, лет
Молодой	До 10 лет
Средневозрастной	10-20 лет
Старый	Более 20 лет

Ориентировочный перечень полевых и лабораторных анализов, оборудования для проведения почвенно-экологического обследования техногенных ландшафтов

Полевые методы*	Лабораторные анализы**
– Полевое морфологическое описание почвенного разреза (Розанов, 2004) – Полевое определение плотности сложения почвы (бур Качинского) – песчаный метод по Зейдельману – определение площади проективного покрытия, % (по шкале Браун-Бланке) – геоботаническое описание.	– гранулометрический состав (по Качинскому) – пикнометрический метод определения плотности твердой фазы – органическое вещество (по Тюрину) – валовый азот – валовый фосфор – подвижный фосфор – подвижный калий – pH водной суспензии – pH KCl вытяжки – емкость поглощения (по Бобко-Азкинази, в модификации Грабаровой-Уваровой – для карбонатных почв)
Полевое оборудование	Химические реактивы для полевых исследований
– полевой дневник – письменные принадлежности – лопата – измерительная лента – этикетки – фотоаппарат – навигатор GPS – нож – шпатель – лупа – термометр – почвенный бур – упаковочная бумага для образцов – ящик/мешок для образцов – шпагат – гербарная сетка	– соляная кислота (10% HCl) – дистиллированная вода
* Розанов, 2004; Вадюнина, Корчагина, 1973; Практикум по геоботанике, 2012	
** Агрофизические методы ..., 1986; Аринушкина, 1986	

Группировка техногенных ландшафтов по рельефу

<i>I. Земли, нарушенные открытыми разработками</i>		
Отвалы внешние/внутренние		Выемки карьерные
– платообразные		– западинообразные
– террасированные – средневысокие – высокие и очень высокие		– террасированные – среднеглубокие – глубокие – очень и сверхглубокие
– гребневидные		– котловинообразные – неглубокие – среднеглубокие
<i>II. Земли, нарушенные подземными выработками</i>		
Отвалы	Прогибы	Провалы
– платообразные	– западинные	– котловинные
– террасированные – средневысокие – высокие		– каньонообразные
– гребневидные		– кольцевые
– конические		
<i>III. Земли, нарушенные при складировании промышленных и иных отходов</i>		
	Отвалы	
	– платообразные	
	– террасированные – средневысокие – высокие	
	– гребневидные	
	– конические	
<i>IV. Земли, нарушенные при строительстве линейных сооружений</i>		
Насыпи		Выемки земляные
– дамбы		– резервы
– кавальеры		– канавы, кюветы

Краткая характеристика наиболее часто встречающихся вскрышных и вмещающих пород угледобывающих предприятий Сибири

Порода	Основные характеристики
	<i>Лессовидные карбонатные суглинки</i> – осадочная порода, бурого, буро-желтого цвета, алевритопелитовой структуры, пористая, нередко с включением обломочного или песчанистого материала. Минеральный состав обломков кварцевый, полевошпатный, слюдистый. Глинистая масса монтмориллонитовая, кальцит-монтмориллонитовая, пропитана гумусом, гидроокислами железа. Карбонатные, реагируют с HCl.
	<i>Третичные некарбонатные глины</i> – бурой, желто-бурой окраски. Структура от псаммоалевритопелитовой до алевритопелитовой. Текстура от мелко-тонкокомковатой до комковато-ооидной. Основная часть породы состоит из тонко-чешуйчатых, спутанноволокнистых гидрослюдисто-монтмориллонитовых, монтмориллонитовых агрегатов. Алевритовый материал представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками пород, слюдами. Присутствует растительный материал. Порода пористая, по грансоставу средняя иловато-пылеватая.
	<i>Аргиллит</i> – скальная силикатная порода, образуется путем цементации суглинков, глин. Окраска серая, темно-серая до черной. Текстура однородная, тонкослоистая. Структура скрытокристаллическая. Основные минералы в составе – глинистые, реже кварц и полевой шпат. Глинистый материал в основном монтмориллонитовый, пигментированные гуминами. В углистых аргиллитах присутствуют сильно измененные углистые частицы. У алевритовых аргиллитов глинистый материал в основном гидрослюдистый, каолинит-гидрослюдистый, реже монтмориллонитовый. Отличительные признаки: запах глины при увлажнении, неровный излом, скользит по стеклу с оставлением неглубоких царапин, порода не размокает в воде и не пластична.

Песчаник – осадочная скальная или полускальная порода силикатной группы. Окраска от светло-серой до бурой, однородная или пестрая. Текстура однородная, слоистая, пористая. Мелкообломочная структура, порода состоит из частиц песчаной фракции разного размера зерен, по этому признаку выделяют мелко-, средне- и крупнозернистые песчаники. Состав разнообразный (кварцевый, слюдястый, полевошпатный). По характеру цементирующего вещества – кремнистый, железистый, глинистый, известковистый. Цемент поровый, состав монтмориллонитовый. Песчаники на глинистом цементе наиболее подвержены выветриванию. На известняковом цементе более устойчивы. При выветривании песчаники дают супеси и легкие суглинки.

Алеврит – осадочная полускальная силикатная порода. Окраска – серая, темно-серая, коричневатая или зеленоватая. Текстура однородная, слоистая (параллельная, косопрерывистая, волнистая) до массивной. Структура от тонкозернистой до скрытокристаллической. Минеральный состав представлен кварцем, полевым шпатом, слюдами, глинистыми минералами, карбонатами (есть реакция с HCl), железистые минералы. Послойные скопления углистого вещества и растительного материала. Цемент поровый, состав цемента гидрослюдисто-каолининовый, монтмориллонитово-гидрослюдистый. Отличительные черты: запах глины при увлажнении, неровный излом и отсутствие сланцеватости, царапает стекло, плохо выражена зернистость, тяжелая.

Известняки – карбонатная осадочная порода. Окраска преимущественно светлая. Текстура однородная, тонкослоистая, пористая. Структура скрытокристаллическая, обломочная, органогенная. Отличительные признаки – не царапает стекло, реагирует с HCl.

Конгломераты – скальная порода. Образуется при цементации рыхлых окатанных отложений. Текстура однородная. Окраска зависит от окраски обломков и цемента.

Брекчия – скальная порода. Образуется при цементации рыхлых глыбистых, дресвянистых, щебнистых отложений. Окраска определяется цветом обломков породы и цемента. Состоит из неокатанных, угловатых обломков.

Гравелиты – разновидность брекчий, образуются при цементации гравия.

Источник фотографий: <http://rockref.vsegei.ru>; <http://geology.brsu.by>; личные архивы авторов

Приложение 5

Группировка элювия пород техногенных ландшафтов по гранулометрическому составу
(по Попову, Рагим-Заде, Трофимову, 1970)

Порода	Гранулометрический состав субстрата (элювия)
<i>Породы легкого состава</i>	
Песчаники (мелко, средне- и крупнозернистые) на карбонатном, глинистом, железистом цементе, алевролиты песчаные	песчаный, супесчаный
<i>Породы переходной группы</i>	
Алевролиты, аргиллиты, известняки, пирогенные конгломераты	супесчаный, легко- и среднесуглинистый
<i>Породы тяжелого состава</i>	
Лессовидные карбонатные суглинки, бурые третичные глины	Средне- и тяжелосуглинистый, глинистый

Приложение 6

Диагностика элювия техногенного ландшафта по степени выветрелости

Степень выветрелости породы	Описание
Монолитная/слабовыветрелая порода	Порода почти полностью сохранила свою естественную структуру, окраску и трещиноватость.
Глыбовая/выветрелая порода	Порода сохраняет естественную структуру, осложнена трещинами выветривания, разбивающими массив породы на крупные глыбы
Мелкообломочная/сильно выветрелая порода	Порода разрушена до состояния неоднородных по крепости, разобщенных глыб, щебня, дресвы, либо представлена слабыми разностями, сохраняющими первичную структуру, но легко разрушающимися при ударах в дресву, мучнистую массу, щебень.

Приложение 7

Группировка субстрата по степени каменистости/щебнистости

Субстрат	Содержание крупнообломочных частиц, в % (от массы верхнего горизонта)
Очень сильно каменистый/щебнистый	Более 50
Сильно каменистый/щебнистый	20-50
Средне каменистый	10-20
Слабо каменистый	Менее 10

Стадии первичной сукцессии растительных группировок

Стадия	S _{пп} , % *	Характеристика
Пионерная (инициальная)	10-25	Рудеральные одно-, двулетники, единичные экземпляры, ценофобы, анемохоры. В структуре биомассы преобладает надземная часть. Сопутствующий тип почв – эмбриозём инициальный.
Простая растительная группировка	до 70-75	Смешанные, преимущественно рудеральные, многовидовые/одновидовые группировки (бурьянистая стадия). Преобладают корнеотпрысковые, корневищные, глубоко-стержнекорневищные, азотфиксаторы. В составе биомассы преобладает надземная часть. Сопутствующий тип почв – эмбриозём органо-аккумулятивный.
Сложная растительная группировка	75-100	Сложные злаково-бобовые (в лесостепи) или злаково-разнотравные (тайга) сообщества. Возрастает доля рыхлокустовых злаков. Доля подземной части биомассы достигает 50%. Тип почв – эмбриозём дерновый.
Замкнутый фитоценоз	75-100	Сложное разнотравно-злаково-бобовое/разнотравно-бобово-злаковое сообщество. Доля подземной части биомассы 75%. Тип почв – эмбриозём гумусово-аккумулятивный.
* площадь проективного покрытия, в %		

Методы определения площади проективного покрытия растительного покрова

Метод	Описание
«На глаз»	Визуальное определение общего покрытия поверхности земли частями растений. От 0 до 100%. Шаг градации – 10%.
Сетка Раменского	Представляет собой пластину, в которой вырезано прямоугольное отверстие размером 2х5 или 3х7,5 см. Отверстие делят на 10 квадратных клеток по 1 или 1,5 см ² каждая. Рассматривают участок через эту пластину, дифференцируя покрытые и непокрытые участки в процентном соотношении. Повторяя такую процедуру несколько раз, можно добиться достаточной для целей исследования точности определения проективного покрытия. Шкала от 0 до 100%.
Равнодистанционная шкала Браун-Бланке	Система балльных оценок для совместного

	определения проективного покрытия и обилия видов. + незначительное покрытие (до 1 %); 1 балл – покрыто до 5% площади или растений много, но они довольно разрежены; 2 балла – покрыто от 5% до 25% площади; или же растений очень много, но покрытие около 5%; 3 балла – покрытие от 25 до 50% площади; 4 балла – покрытие от 50 до 75%, площади; 5 баллов – покрытие более 75% площади.

Приложение 10

Общая схема профильно-генетической классификации почв
техногенных ландшафтов

Тип	Подтип	Род	Вид
Ствол: Постлитогенные почвы			
Класс: Элювиозёмы литогенно-неразвитые			
Элювиозёмы инициальные	Типичные	Обычные, карбонатные, пиритсодержащие	Не выделяются
Элювиозёмы органо-аккумулятивные			Фрагментарные (неразвитые), фронтальные (развитые)
Элювиозёмы дерновые			
Элювиозёмы гумусово-аккумулятивные			
Элювиозёмы сухоторфяные			
Класс: Эмбриозёмы биогенно-неразвитые			
Эмбриозёмы инициальные	Типичные	Обычные, карбонатные, пиритсодержащие	Не выделяются
Эмбриозёмы органо-аккумулятивные			Фрагментарные (неразвитые), фронтальные (развитые)
Эмбриозёмы дерновые			
Эмбриозёмы гумусово-аккумулятивные	Типичные, выщелоченные		
Эмбриозёмы грубогумусово-аккумулятивные	Типичные, выщелоченные, оподзоленные		
Эмбриозёмы инициальные глеевые	Типичные		Не выделяются
Эмбриозёмы органо-аккумулятивные глеевые			Фрагментарные (неразвитые), фронтальные (развитые)
Эмбриозёмы дерновые глеевые			

Эмбриозёмы гумусово-аккумулятивные глеевые	Типичные, выщелоченные		
Эмбриозёмы грубогумусово-аккумулятивные глеевые	Типичные, выщелоченные, оподзоленные		
Класс: технозёмы трансформируемые			
Технозёмы недифференцированные	Литогенные	Обычные, карбонатные,	Не выделяются
Технозёмы дифференцированные	Типичные, потенциально плодородные, гумусогенные	Обычные, карбонатные, пиритсодержащие	Маломощные, нормальные
Технозёмы модифицированные	Органогенные, минеральногенные		Не выделяются
* по Курачев, Андроханов, 2002; Андроханов, Курачев, 2010			

Приложение 11

Обобщенная диагностическая схема почв техногенных ландшафтов

Тип почвы	Формула профиля	Основные признаки
Элювиозёмы		
Элювиозёмы инициальные	Д	Плотная массивно-кристаллическая обломочная порода, преимущественно магматическая или метаморфическая, признаки выветривания породы и почвообразовательных процессов не выражены. Растительный покров отсутствует или представлен единичными экземплярами рудеральной растительности, мхов, лишайников, водорослей. Профиль не развит. Мелкозем отсутствует. Дифференциация по родам основана на свойствах породы. Видовое разделение не проводится.
Элювиозёмы органо-аккумулятивные и гумусово-аккумулятивные	А ₀ +Д А ₀ +А ₁ +Д	Выделены в версии классификации 2002 года. Высокая плотность. Минимальное количество мелкозема, сосредоточенного в трещинах пород или углублениях микрорельефа. Бесструктурный. Дифференциация на горизонты слабо выражена. Диагностика типов ведется по органогенному горизонту. У органогенных элювиозёмов формируется подстилочный горизонт А ₀ за счет опада надземной части единичных экземпляров растений или разреженного травостоя, на основании чего выделяют два вида:

		фронтальные – с маломощным органогенным горизонтом или фрагментарные – с неразвитым дискретным горизонтом. У гумусово-аккумулятивных элювиозёмов выделяется маломощный или фрагментарный горизонт А ₁ . Границы горизонтов слабо выражены. Почвы очень плотные.
Элювиозёмы дерновые	Ад+Д	Профиль примитивный, отличается фрагментарным или фронтальным маломощным дерновым горизонтом, формирование которого обусловлено корневыми системами травянистых разреженных сообществ. Горизонт относительно заметен в профиле. Очень плотное сложение, минимальное количество мелкозема. Дифференциация на роды ведется по свойствам породы, на виды – по мощности дернового горизонта.
Элювиозёмы сухоторфяные	АТ+Д	Формируется под древесной растительностью. Профиль не развит. Органогенный горизонт имеет сухоторфянистый вид за счет листового или хвойного опада, слабо подверженного разложению.
Эмбриозёмы		
Эмбриозёмы инициальные	С	Рыхлая или плотная осадочная порода. Признаки процессов почвообразования отсутствуют. Очень плотный субстрат. Окраска зависит от цвета породы (см. Приложение 4). Структура отсутствует. Мелкозем различного состава от супесчаного до среднесуглинистого. Сильно каменистый (до 90% грубообломочной фракции). Генетический профиль не развит. Дифференциация на родовом и видовом уровне не проводится.
Эмбриозёмы органо-аккумулятивные	А ₀ +С	Типодиагностический горизонт – подстилка из опада древесной и/или травянистой растительности. Фрагментарна, маломощна, бурой окраски, рыхлая. Горизонты С дифференцируются на несколько подгоризонтов по текстуре/структуре. Плотные.
Эмбриозёмы дерновые	А ₀ +Ад+С	Профиль развит слабо. Типодиагностический горизонт – дернина. Темно-бурой, серой окраски, сложена мертвыми и живыми корнями растений, уплотнена. В дернину обильно включен обломочный материал. Мелкозем разного грансостава, не окрашен гумусом, если в породе присутствуют углистые частицы,

		мелкозем имеет темную окраску. Горизонт резко дифференцирован от нижележащих слоев породы. С поверхности обычно наблюдается маломощная подстилка (A_0). Горизонты С представлены смесью обломочного слабо выветрелого материала разной окраски. Содержание мелкозема менее 30%. Вниз по профилю увеличивается содержание обломочного материала и снижается степень его выветрелости. Мелкозем разнообразного грансостава, окраска зависит от породы.
Эмбриозёмы (грубо)гумусово-аккумулятивные	$A_d + A_1 + BC + C$	Наиболее развитый профиль, дифференциация на генетические горизонты хорошо выражена. Дернина маломощная, фрагментарная, рыхлая, не прочная. Мелкозем темной окраски, разнообразного грансостава. Типодиагностический горизонт – A_1, который сформирован благодаря корневым системам злаков, доля которых в напочвенном травянистом покрове высокая. Органическое вещество обогащено трудноминерализуемыми соединениями. Окраска горизонта серая, структура может быть определена как комковатая либо комковато-пылеватая, слабо выраженная. В таежных условиях горизонт приобретает грубогумусовый характер и почва выделяется в отдельный тип грубогумусово-аккумулятивного эмбриозёма. Переходный к породе горизонт представлен смесью выветрелого крупно- и мелкозема. Доля крупнозема около 60%. Суглинистый мелкозем оструктурен, супесчаный мелкозем бесструктурный. Горизонт С отличается по окраске, степени каменистости и выветрелости.
Эмбриозёмы инициальные глеевые	C	К типу относят почвы, занимающие переувлажненные понижения техногенных ландшафтов. Ведущий диагностический признак – постоянно переувлажненная толща породы. Морфологические признаки глеевости отсутствуют либо очень слабые. Профиль не развит. Растительность отсутствует.
Эмбриозёмы органо-аккумулятивные глеевые	$A_0 + C_g$	Почвы понижений, длительно или постоянно испытывающие переувлажнение. На поверхности почвы – неразложившийся опад. Глеевые процессы выражены слабо.
Эмбриозёмы дерновые глеевые	$A_0 + A_d + C_g$	Почвы длительно испытывают переувлажнение. Дернина хорошо развита. С поверхности неразложившаяся подстилка.

		Глеевые процессы морфологически слабо выражены.
Эмбриозёмы (грубо)гумусово-аккумулятивные глеевые	$A_d + A_1 + BC + Cg$	Почвы занимают участки, прилегающие к переувлажненным понижениям. Профиль развит хорошо. Присутствует дернина. Глеевый горизонт выражен морфологически. Растительность представлена устойчивыми дернисто-осоковыми сообществами. У данного типа органика аккумулируется в виде полуразложившегося вещества, с поверхности – неразложившаяся подстилка, иногда оторфованная. Глеевые процессы активны.
Технозёмы		
Технозёмы недифференцированные	$C + D$	Породный субстрат. Профиль не дифференцирован на горизонты. Плотность усиливается вниз по профилю. Органогенный горизонт отсутствует или фрагментарный. Корнеобитаемый слой маломощный.
Технозёмы дифференцированные	$A + C + D$	Типодиагностические горизонт – слой ПСП и/или ППП. Окраска ПСП темно-серая, темно-бурая, структура комковатая или глыбистая, горизонт уплотнен. Гранулометрический состав суглинистый. Под посевами формируется дернина разной степени выраженности. На самозарастающих участках, особенно в первые годы отсыпки, дернина отсутствует. ППП имеет бурую, желтую или серую окраску, часто присутствуют пятна закисного железа, углистые частицы. Гранулометрический состав суглинистый, глинистый, реже песчаный. Разделение на виды проводится по мощности сформировавшегося корнеобитаемого слоя в ПСП и ППП: маломощные (до 15 см), среднемощные (15-30 см), нормальные (30-45 см) и мощные (более 45 см).
Технозёмы модифицированные	$C + D$	Типодиагностический признак – горизонт, состоящий из смеси породы и почвоулучшителей (навоз, осадки сточных вод, цеолиты, известь, шлаки, и т.д.). Подтип диагностируется по характеру почвоулучшающих добавок: органогенные и минерогенные. Свойства горизонта определяются свойством породы и добавок.

Градация почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов

Категории	Балл ПЭС	Характеристика
Неудовлетворительное	Менее 10	Нет условий для протекания процессов почвообразования. Почвенный покров представлен инициальными эмбриозёмами/элювиозёмами инициальными (старые ландшафты).
Удовлетворительное	10-50	Темпы почвообразования медленные, эволюция эмбриозёмов/элювиозёмов в течение прагматически приемлемого срока (20 лет) не продвигается дальше стадии органо-аккумулятивного эмбриозёма или элювиозёма (средневозрастные ландшафты)
Хорошее	50-75	Условия почвообразования благоприятствуют формированию гумусово-аккумулятивных эмбриозёмов за прагматически приемлемый срок (20 лет) (молодые ландшафты)
Очень хорошее	75-95	Сочетание условий почвообразования благоприятствует формированию гумусово-аккумулятивных эмбриозёмов за период 10-20 лет. В структуре почвенного покрова доля инициальных и органо-аккумулятивных эмбриозёмов незначительна.
Отличное	95-100	Гумусово-аккумулятивные эмбриозёмы формируются за период менее 10 лет. В структуре почвенного покрова отсутствуют инициальные и органо-аккумулятивные эмбриозёмы.

Образец карты-схемы структуры почвенного покрова на участке (10x10 м) естественного зарастания

Приложение 14

Состав почвенного покрова техногенного ландшафта, % (га)

Тип почвы	Горизонтальные поверхности	Склоновые поверхности
Итого:		

Приложение 14а

Матрица значений коэффициента специфичности (в баллах)
по экспозиции склона и позиции на нем (Э)
(по Куприянов, Манаков, Баранник, 2010, с дополнениями авторов)

	Ю-ЮЗ-3	В-ЮВ	С-СВ-СЗ
Эл	1	1	1,5
Тр	1	1,5	2
Ак	1,5	2	2

Приложение 14 б

Коэффициент специфичности по крутизне склона (К)

Крутизна склона	Коэффициент, в баллах
0-5°	1
5-15°	0,75
15-35°	0,25

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроханов, В. А. Оценка современного почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Кузбасса / В. А. Андроханов // Ландшафтная география в XXI веке: мат-лы Междунар. науч. конф. «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г. Е. Гришакова» (Симферополь, 11–14 сентября 2018 г.). – Симферополь: Ариал, 2018. – С. 198–201.
2. Андроханов, В. А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В. А. Андроханов, Е. Д. Куляпина, В. М. Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.
3. Андроханов, В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В. А. Андроханов, В. М. Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
4. Андроханов, В. А. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов / В. А. Андроханов, В. М. Курачев // Сиб. экол. журн. – 2009. – № 6. – С. 165–169.
5. Андроханов, В. А. Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В. А. Андроханов, С. В. Овсянникова, В. М. Курачев. – Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 2000. – 200 с.
6. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
7. Беланов, И. П. Почвенно-экологическая оценка территорий, подверженных антропогенному воздействию / И. П. Беланов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 14–16.
8. Берлякова, О. Г. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного узла / О. Г. Берлякова, В. Г. Двуреченский, А. А. Топоровская // Биологическая рекультивация нарушенных земель: мат-лы IX Всерос. научн. конф. с междунар.уч. (Екатеринбург, 20–25 августа 2012 г.). – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2012 – С. 26–31.
9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Высш. шк., 1973. – 400 с.
10. Гаджиев, И. М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель / И. М. Гаджиев, В. М. Курачев, В. А. Андроханов. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 37 с.
11. Глебова, О. И. Анализ почвенного и растительного покрова техногенных ландшафтов Кузбасса / О. И. Глебова // Природные ресурсы Горного Алтая. Геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. – Горно-Алтайск, 2005. – Вып. 1. – С. 93–97.
12. Глебова, О. И. Анализ флористического состава эмбриоземов различных типов / О. И. Глебова // Биологическая наука и образование

- в педагогических вузах: мат-лы IV Всерос. конф. (Новосибирск, 28–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск, 2005. – Вып. 4. – С. 50–53.
13. Глебова, О. И. Биогеографическая диагностика эмбриоземов Кузбасса: автореф. дисс. ... канд. биол. н.: 03.00.27. / Глебова Ольга Ивановна. Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН. – Новосибирск, 2005. – 18 с.
14. Госсен, И. Н. Бонитировочный подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменно- и буроугольных месторождений) / И. Н. Госсен, С. П. Кулижский, Е. Б. Данилова, Д. А. Соколов // Вестн. НГАУ. – 2016. – № 2 (39). – С. 71–81.
15. Двуреченский, В. Г. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса / В. Г. Двуреченский, В. А. Андроханов // Живые и биокосные системы. – 2017. – № 20. – С. 3.
16. Куприянов, А. Н. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. А. Манаков, Л. П. Баранник. – Новосибирск: Гео, 2010. – 160 с.
17. Курачев, В. М. Классификация почв техногенных ландшафтов / В. М. Курачев, В. А. Андроханов // Сиб. экол. журн. – 2002. – Т. 9. – № 3. – С. 255–261.
18. Курачев, В. М. Сингенетичность растительности и почв техногенных ландшафтов: экологические аспекты, классификация / В. М. Курачев, Е. Р. Кандрашин, Ф. К. Рагим-Заде // Сиб. экол. журн. – 1994. – Т. 1. – № 3. – С. 205–213.
19. Подурец, О. И. Связь динамики запасов растительного вещества с фазами посттехногенного почвообразования / О. И. Подурец // Вестн. ТГУ. Биология. – 2011. – № 169. – Вып. 346. – С. 169–174.
20. Подурец, О. И. Мониторинг развития сукцессионных процессов на породных отвалах южной лесостепи Кузбасса / О. И. Подурец // Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления: мат-лы Межд. науч. конф. (Новосибирск, 13–18 июня 2016 г.). – Новосибирск-Новокузнецк, Изд-во СО РАН, 2016. – С. 192–197.
21. Попов, В. М. Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для биологической рекультивации / В. М. Попов, Ф. К. Рагим-Заде, С. С. Трофимов // Рекультивация в Сибири и на Урале. – Новосибирск: Наука. СО, 1970. – С. 25–41.
22. Семина, И. С. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования / И. С. Семина, И. П. Беланов, А. М. Шипилова, В. А. Андроханов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 396 с.
23. Соколов, Д. А. Дифференциация почвенного покрова техногенных ландшафтов Сибири как отражение их экологического состояния / Д. А. Соколов // Отражение био-, гео-, антропосферных

- взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. мат. Междунар. науч. конф., посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв Томск. гос. ун-та (Томск, 7–11 сентября 2015 г.). – Томск: Изд. дом Томск. гос. ун-та, 2015. – С. 146–149.
24. Соколов, Д. А. Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса / Д. А. Соколов // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология. – 2012. – № 2 (18). – С. 17–25.
25. Шишов, Л. Л. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л.Л. Шишов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с..
26. Щербинин, В. И. Принципы бонитировки почв Западной Сибири / В. И. Щербинин. – Новосибирск: Наука СО, 1985. – 118 с.
27. Belanov, I.P. Evaluation of soil-ecological efficiency of disturbed lands restoration / I. P. Belanov, V. A. Androkhanov // SUITMA-9. 9th Int. congress of Soils of Urban Industrial Traffic Mining and Military Areas (Moscow, 22–26 May 2017). – Moscow, 2017. – P. 251–252.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	Стр. 3
2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	3-6
3. СТРУКТУРА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
3.1. Предварительный этап	6-7
3.2. Этап почвенно-экологического обследования	
3.2.1. Оценка условий рельефа и пород	7-9
3.2.2. Оценка растительного покрова	9-11
3.2.3. Диагностика почвенно-экологического состояния	11-14
3.2.4. Оценка почвенно-экологического состояния	14-17
ПРИЛОЖЕНИЯ	18-34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	32-34