



Администрация Кемеровской области
Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области



Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Кузбасский ботанический сад



Публичное акционерное общество
Угольная компания «Южный Кузбасс»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**По использованию интегрального показателя пригодности
нарушенных земель для рекультивации отвалов
угольной промышленности Кузбасса**

Кемерово
2017

Администрация Кемеровской области
Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Кузбасский ботанический сад

Публичное акционерное общество
“Угольная компания Южный Кузбасс”

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по использованию интегрального
показателя пригодности нарушенных
земель для рекультивации отвалов угольной
промышленности Кузбасса

Кемерово
2017

УДК 581.524.34 : 631.618
ББК 28.080
М54

Коллектив авторов:
Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов, Т.О. Стрельникова,
О.А. Куприянов, С.С. Казьмина

Под общей редакцией
д-ра биол. наук Ю.А. Манакова

*Научно-исследовательские работы выполнены в период 2014-2017 гг.
при поддержке ПАО «УК Южный Кузбасс» в соответствии с условиями Соглашения
с департаментом природных ресурсов и экологии Кемеровской области
и Программой Развития ООН «Задачи сохранения биоразнообразия в политике
и программах развития энергетического сектора России» (от 23 апреля 2014 г.)*

М54 **Методические рекомендации по использованию интегрального показателя пригодности нарушенных земель для рекультивации отвалов угольной промышленности Кузбасса / Манаков Ю.А., Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О., Куприянов О.А., Казьмина С.С. ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Федерал. иссл. центр угля и углехимии СО РАН ; [под общ. ред. Ю.А. Манакова]. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. – 24 с., с цв. илл.**

*Методические рекомендации по использованию интегрального показателя пригодности нарушенных земель для рекультивации отвалов угольной промышленности Кузбасса одобрены на заседании Коллегии Администрации Кемеровской области и рекомендованы организациям угольной промышленности на территории Кемеровской области при проведении рекультивации нарушенных земель
(Распоряжение от 10 августа 2017 г. № 357-р)*

Приводится описание методологии оценки экологических условий техногенных местообитаний. Степень восстановления техногенно производных экосистем оценивается по интегральному показателю. В зависимости от итоговой суммы баллов определяется класс экологического состояния нарушенного участка и степень его самовосстановления, что является обоснованием применения тех или иных способов рекультивации. Методика включена в новый государственный стандарт ГОСТ-Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия». Может применяться специалистами по рекультивации на угольных предприятиях, в проектных организациях и природоохранных структурах административных органов различного уровня власти, а также для сотрудников научных и учебных организаций.

© Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии СО РАН, 2017
© Оформление. КРЭОО «Ирбис», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
1.1. Предмет Методических рекомендаций	–
1.2. Нормативная основа Методических рекомендаций	–
1.3. Термины, определения и сокращения	–
1.3.1. Термины и определения	–
1.3.2. Сокращения	9
1.4. Круг лиц, на которых распространяются Методические рекомендации	10
1.5. Область применения Методических рекомендаций	–
1.6. Юридическая сила Методических рекомендаций	–
II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	11
2.1. Подготовительные работы	–
2.1.1. Воздействие техногенного фактора угледобычи на экологические системы	–
2.1.2. Выбор вариантов для проведения исследований	–
2.2. Экологические факторы, влияющие на состояние растительного покрова	12
2.2.1. Ландшафтообразующий фактор	–
2.2.2. Климатический фактор	13
2.2.3. Орографический фактор	14
2.2.4. Плотность субстрата	–
2.2.5. Потенциальное плодородие эмбриоземов	–
2.2.6. Влажность субстрата	15
2.3. Состояние растительного покрова	–
2.3.1. Стадии сукцессии	–
2.3.2. Коэффициент сходства Серенсена-Чекановского	16
2.4. Интегральный показатель	–
2.4.1. Таблица баллов основных индикаторов	–
2.4.2. Расчет интегрального показателя	–
2.5. Проведение работ по оценке эколого-биологических факторов	19
ЛИТЕРАТУРА	20
ПРИЛОЖЕНИЕ	21

ВВЕДЕНИЕ

Охрана и восстановление биологического разнообразия, поддержание высокого качества экосистемных услуг и рациональное использование природных ресурсов имеют основополагающее значение для устойчивого развития.

Нарушенные земли угледобывающих предприятий, и прежде всего отвалы вскрышных горных пород, в настоящее время рассматриваются как объекты для восстановления природных экосистем, а ценность этих территорий возрастает по мере восстановления биологического разнообразия. Регенерация экосистем происходит в результате целенаправленных мероприятий, а также в ходе восстановительных сукцессий, протекающих с разной скоростью и направленностью в зависимости от экологических условий техногенных местообитаний.

В Кузнецком угольном бассейне участки отвалов с самозаращением отмечаются довольно часто, особенно на старовозрастных отвалах, отработанных 30 и более лет назад. Тем не менее, следует признать, что структурные и функциональные характеристики растительных сообществ могут в значительной степени отличаться не только в разных природных зонах, но и в пределах одного отвала.

Причина кроется в неравномерности экологических условий техногенных местообитаний, где главным лимитирующим фактором для растений является содержание влаги в субстрате отвалов, которое в свою очередь зависит от целой совокупности условий: состава и свойств пород, степени каменистости поверхности, экспозиции и крутизны склонов, формы мезо- и микрорельефа, количества атмосферных осадков в летний и зимний период. Поэтому именно пестрота техногенных местообитаний определяет и разную степень сформированности растительного покрова.

В неблагоприятных условиях (на каменистых склонах или на участках с сильно уплотненной поверхностью) сукцессия может остановиться на первой стадии на неопределенно долгое время. На переувлажненных субстратах (например, на гидроотвалах) высокую активность проявляют кустарниковые ивы, быстро создающие густые заросли и вследствие перманентных пожаров не позволяющие продвинуться сукцессии в направлении формирования климаксовых сообществ. В тех случаях, когда основные экологические факторы находятся в оптимальных пределах

(например, на отвалах лессовидных суглинков), сукцессия идет по зональному типу с последовательно меняющимися стадиями от пионерной группировки до сложных фитоценозов. Так, в зоне лесостепи на отвалах образуются в разных вариантах луговые сообщества, а также мелколиственные разнотравно-злаковые леса. В горно-таежной зоне – хвойные леса, преимущественно пихтовые.

Принципиальным вопросом является рекультивация территорий, эффективно прошедших стадию восстановления растительного покрова. Возникает вопрос: что целесообразнее предпринять, если на отвале сформировался березовый лес – рекультивировать его или оставить нетронутым. Очень часто на такие территории у предприятий имеются проекты рекультивации. Однако проведение восстановительных мероприятий на участках эффективного зарастания приводит к значительно худшему результату, чем было создано природой за несколько десятков лет, поскольку нарушенная территория возвращается в первоначальное состояние катастрофического нарушения и все начинается сначала.

В Сибири для многих предприятий горной промышленности весьма актуальной задачей является использование природного потенциала территорий для восстановления нарушенных земель и изменение порядка проведения работ по рекультивации в силу возникших благоприятных обстоятельств. Тем не менее, до сих пор не было предложено методик оценки степени самовосстановления растительного покрова на нарушенных территориях, подлежащих рекультивации. А это значит, что не было и законных оснований для сохранения сукцессионно сформировавшихся растительных сообществ с высокими показателями проективного покрытия, биомассы и флористического разнообразия, включая популяции редких и исчезающих растений, занесенных в красные книги различного ранга. Решение вопроса по изменению статуса нарушенных земель с категории «нарушенные» на категорию «восстановившиеся» необходимо начинать с разработки научно обоснованной методики оценки экологического состояния участка нарушенной земной поверхности и степени сформированности растительного покрова.

Впервые такая работа была проведена на предприятиях угольной компании «Южный Кузбасс» (разрезы «Красногорский» и «Сибиргинский») сотрудниками Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН в рамках выполнения условий трехстороннего соглашения между ПАО «УК «Южный Кузбасс», департаментом природных ресурсов и экологии Кемеровской области и Программой развития ООН «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России».

Суть метода заключается в определении ряда экологических показателей благоприятности местообитаний и степени флористического сход-

ства восстановленных фитоценозов с зональными. На основе критериев оценки природного потенциала территории можно разработать оптимальный план проведения работ по рекультивации. Данные методические рекомендации призваны обеспечить администрациям территорий, угольным предприятиям, проектным и научным организациям единую методическую основу для объективной оценки процессов самовосстановления экосистем на отвалах горных пород.

Методика экологической оценки с помощью интегрального показателя представлена на всероссийских и региональных научных и научно-практических конференциях, опубликована в рейтинговых научных журналах, прошла общественные обсуждения на заседании Общественной Палаты Кемеровской области. В 2016 году методика была включена в национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель. Восстановление биологического разнообразия» с датой введения в действие 1 декабря 2017 года.

На региональном уровне данные методические рекомендации прошли обсуждение и получили одобрение на заседании Коллегии Администрации Кемеровской области. Результатом стало Распоряжение от 10 августа 2017 г. № 357-р «О методических рекомендациях по рекультивации нарушенных земель», где рекомендовано «организациям угольной промышленности, осуществляющим деятельность на территории Кемеровской области, при проведении работ по рекультивации нарушенных земель руководствоваться указанными методическими рекомендациями».

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Предмет методических рекомендаций

Предметом настоящих методических рекомендаций является методика экологической оценки состояния нарушенных земель с помощью интегрального показателя, рассчитанного по значениям основных факторов среды.

1.2. Нормативная основа методических рекомендаций

Настоящие методические рекомендации разработаны в соответствии:

- ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения.
- ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
- ГОСТ 17.4.3.02-85. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
- ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации.
- ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель;
- ГОСТ 17.8.1.01-86. Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения.
- ГОСТ Р 57007-2016. Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения.
- ГОСТ-Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия.

1.3. Термины, определения и сокращения

1.3.1. Термины и определения

Следующие термины и определения, примененные в тексте настоящих методических рекомендаций, соответствуют федеральному нормативу «Основные положения о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» и ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия».

Биологическое разнообразие – вариабельность живых организмов из всех источников, включая среди прочего наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются: это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Восстановление биологического разнообразия – восстановление для устойчивого существования и использования количественных и иных характеристик объектов животного, растительного мира, грибов, нарушенного состояния деградировавших природных комплексов, природных объектов, включая экосистемы и места обитания жизнеспособных популяций в их естественной среде, а применительно к одомашненным или культивируемым видам – в той среде, в которой они приобрели свои отличительные признаки.

Виды-эдификаторы – преобладающие в фитоценозах виды растений с сильно выраженной средообразующей способностью.

Биологический этап (биологическая рекультивация) – этап рекультивации земель и земельных участков, включающий комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель (в том числе плодородия) с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения и разрешенного использования.

Вскрышные породы (вскрыша) – горные породы, покрывающие и вмещающие полезные ископаемые, подлежащие выемке и перемещению в процессе открытых горных работ.

Индекс относительного интегрального показателя – индекс соответствия отдельного участка отвала зональным или интразональным участкам растительности.

Интегральный показатель состояния нарушенных экосистем – показатель экологического состояния нарушенных земель, выраженный в баллах.

Коэффициент Серенсена-Чекановского – коэффициент оценки сходства двух или более совокупностей данных.

Нарушение земель – механическое разрушение почвенного покрова, обусловленное открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа; строительными и геологоразведочными работами и др.

Нарушенные земли – земли, утратившие первоначальное качественное состояние в результате хозяйственной или иной деятельности, а также в результате чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера, нуждающиеся в восстановлении (рекультивации) в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.

Плотность эмбриоземов – это масса абсолютно сухого эмбриозема в единице объема, выраженная в г/см³.

Полная влагоемкость – способность эмбриоземов вмещать и удерживать максимальное количество воды, обусловленная их структурными особенностями и прежде всего той или иной категорией пористости.

Порозность эмбриоземов – это объем пор в образце эмбриозема по отношению к объему всего образца (%).

Рекультивация земель – комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, достаточного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.

Рекультивационный слой – искусственно создаваемый при рекультивации земель и земельных участков слой с благоприятными для произрастания растений свойствами.

Реставрационно-ландшафтная рекультивация – разновидность биологической рекультивации нарушенных земель и земельных участков, предусматривающая полное или частичное восстановление компонентов ландшафта (рельефа, гидрологии, литологии, почвенного покрова) и биологического разнообразия (растительного и животного мира) до исходного состояния или приближенного к нему, создание условий для восстановления естественных процессов в экосистемах с учетом экономической целесообразности.

Сукцессия – последовательная закономерная смена одного биологического сообщества (фитоценоза, микробного сообщества и т. д.) другим.

Горно-технический этап (горно-техническая рекультивация) – этап рекультивации земель и земельных участков, включающий мероприятия по подготовке поверхности для проведения биологического этапа с учетом выбранного направления рекультивации земель и для последующего целевого назначения и разрешенного использования.

Потенциально плодородные породы – горные породы, обладающие ограниченно благоприятными для роста растений физическими и (или) химическими свойствами (субстрат, содержащий физическую глину, например, лессовидные суглинки).

Плодородный слой почвы – верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами.

Техногенный ландшафт – ландшафт, структура и формирование которого обусловлены деятельностью горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

Эмбриоземы – это молодые почвы, развивающиеся естественным образом на поверхности нарушенных земель.

1.3.2. Сокращения

ИПО – Индекс относительного интегрального показателя.

1.4. Круг лиц, на которых распространяются методические рекомендации

Методические рекомендации предназначены для угледобывающих предприятий, в частности, для руководителей угледобывающих компаний и предприятий, муниципальных и региональных служб и иных лиц, принимающих решения, специалистов по восстановлению нарушенных угольной промышленностью территорий.

1.5. Область применения методических рекомендаций

Методические рекомендации применяются угледобывающими предприятиями на отвалах вскрышных горных пород, выводимых из производственного цикла угледобычи и подлежащих мероприятиям по биологической рекультивации, а также на отвалах, длительное время оставленных под самозарастание.

Методические рекомендации предусматривают организацию всего комплекса работ по зонированию территории отвала по степени зарастания, биологической и экологической значимости для снижения расходов по биологическому этапу рекультивации. Методические рекомендации основываются на нормах действующего на момент составления методических рекомендаций федерального законодательства и законодательства Кемеровской области.

1.6. Юридическая сила методических рекомендаций

Методические рекомендации носят рекомендательный характер и не противоречат требованиям законодательства Российской Федерации, а также регионального законодательства в области рекультивации нарушенных земель и охране окружающей среды, действующих на момент опубликования в 2017 году. Срок действия настоящих методических рекомендаций не ограничен. При изменении нормативно-правовых требований настоящие методические рекомендации следует актуализировать для дальнейшего применения в рамках хозяйственной деятельности угледобывающих предприятий.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Подготовительные работы

2.1.1. Воздействие техногенного фактора угледобычи на экологические системы. Оценивать воздействие различных технологий открытой угледобычи по степени деградации экосистем невозможно, т.к. оно во всех случаях одинаково полное. Различия проявляются только при естественном или искусственном восстановлении растительного покрова на нарушенных землях. Поэтому критерием оценки экологического воздействия открытых горных работ необходимо считать способность к регенерации растительного покрова на нарушенных землях.

Нарушенные открытой угледобычей земли по степени экологического воздействия можно выстроить в следующий ряд (от наименее до наиболее негативных): гидроотвалы рыхлых наносов; внешние бестранспортные отвалы из мало метаморфизированных осадочных (четвертичных) пород после их полного или частичного разравнивания; большеплощадные внешние и внутренние транспортные (железнодорожные и автомобильные) отвалы из скальных пород; глубокие карьерные выемки без их заполнения вскрышной породой.

Кроме прямого воздействия открытых горных работ на природные комплексы, носящего катастрофический характер, существенное значение имеет и косвенное воздействие. Такими проявлениями являются иссушение почвенно-грунтовой толщи в результате образования депрессионной воронки понижения уровня грунтовых вод, загрязнение атмосферы пылегазовыми выбросами от взрывных, транспортных, углепогрузочных работ. Косвенное воздействие, если и не приводит к полному разрушению экосистемы, то вызывает деградацию фитоценозов на значительной, прилегающей к разрезам площади. Показателями оценки такой деградации являются изменение видового состава, снижение биологической продуктивности.

2.1.2. Выбор вариантов для проведения исследований. При анализе картографических материалов горного отвода угольного предприятия выделяются варианты естественных, техногенно нарушенных и техногенно производных экосистем. Прежде всего определяются участки с ненарушенным растительным покровом, которые можно взять за

контрольную единицу. Выделяются участки, оставленные под самозарастание, участки с выполненной биологической рекультивацией, в качестве подвариантов рассматриваются возраст участков и особенности рельефа. Например, в пределах горного отвода Красногорского угольного разреза ОАО «Южный Кузбасс» выделено 3 градации территории: ненарушенные, самозарастающие территории, рекультивированные, в том числе подварианты: с посадкой светлохвойных пород (сосна); посадкой кедра, возрастом старше 10 лет и старше 15 лет.

2.2. Экологические факторы, влияющие на состояние растительного покрова

2.2.1. Ландшафтообразующий фактор. Ведущим образующим фактором карьерно-отвалных ландшафтов является система разработок месторождений полезных ископаемых. Именно с технологией горных работ связано образование определенных форм техногенного рельефа и их сочетаний (табл. 1).

Таблица 1

Технологические факторы и их следствия в техногенных ландшафтах при открытом способе разработки полезных ископаемых (по В.И. Федотову [4])

Технологические факторы	Следствия технологических факторов	
	Формы техногенного рельефа	
Система разработки полезных ископаемых	Аккумулятивные	Денудационные
Бестранспортная	Гребневидные отвалы	Остаточные траншеи
Транспортная	Платовидная поверхность внутренних отвалов	Выработанное пространство карьеров (выемка)
	Одноярусные внешние отвалы	
	Террасовидная поверхность многоярусных отвалов	
Гидромеханизированная	Платовидная поверхность гидроотвалов	Выемка

Выделяются следующие формы техногенного рельефа: а) выработки, траншеи, провалы, ямы и т.п., образованные в результате удаления и перемещения тех или иных масс горных пород (антропогенная денудация); б) внешние и внутренние отвалы, насыпи, навалы породы, гидро-

отвалы и т.п., образованные накопленной горной породой (антропогенная аккумуляция). Каждый из элементов техногенного рельефа можно далее делить по возрасту, размерам, протяженности, глубине, высоте, углам откосов [3].

2.2.2. Климатический фактор. На растительный покров большое влияние оказывает увлажнение субстрата. Для лесостепной зоны, к которой относится Кемеровская область, рекомендуется использовать гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, который характеризует отношение суммы осадков к средней годовой температуре воздуха. С учетом гидротермического коэффициента увлажнения устанавливается показатель увлажнения данной природной зоны, который показывает степень обеспеченности растений атмосферной влагой без учета непродуктивного поверхностного стока. Согласно этому показателю в Кемеровской области, за исключением степных участков, формируются благоприятные условия для роста растений (табл. 2).

Таблица 2

Распределение температуры и осадков по Кемеровской области (по С.С. Трофимову [5])

Природная зона или преобладающий ландшафт	Годовое кол-во осадков, мм	Средняя годовая температура, °С	Гидротермический коэффициент увлажнения (по Г.Т. Селянинову)
Степь с фрагментами южной лесостепи	300–350	от +0,3 до +1,0°	0,8–1,0
«Островная» лесостепь и лесостепь Кузнецкой котловины	350–400	от 0 до +1°	1,0–1,5
Северная лесостепь предгорий	400–500	от +0 до +0,5°	1,0–1,05
Леса предгорий и зоны подтайги	500–600	от +0,5 до -1,0°	1,5–1,8
Черневая тайга низкогорий Горной Шории, Кузнецкого Алатау	600–800	от -1 до -1,5°	1,8–2,0
Среднегорная тайга Кузнецкого Алатау	800–1300	от -1,5 до -2,5°	2,0–3,0

2.2.3. Орографический фактор. Рельеф и его формы оказывают большое влияние на скорость восстановления растительного покрова [4]. Классификацию антропогенных форм рельефа, связанную с производством горных работ, произвели С.С. Трофимов и В.А. Овчинников [5]. Наиболее благоприятные условия возникают при формировании сложных форм нано- и микрорельефа, где обеспечивается оптимальный режим по фактору влажности. Формирование растительного покрова на ровных склоновых поверхностях определяется степенью их крутизны. При этом индикационное значение имеют ровные поверхности с уклонами не более 5° , склоны менее 15° , крутые склоны более 15° .

2.2.4. Плотность субстрата. Плотность (объемная масса) техногенного элювия – масса пород в единице объема. Плотность выражается в г/см^3 . Значения плотности почвы изменяются в пределах от 0,4 до $1,8 \text{ г/см}^3$. Оптимальная плотность для быстрого формирования растительного покрова соответствует $1\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$ при порозности 20–40 %, она достигается веерной отсыпкой отвалов шагающими экскаваторами, при этом образуется относительно сглаженный рельеф, без пиков и с небольшим перепадом высот. Наиболее плотные отвалы формируются при автомобильном вывозе породы, где плотность составляет $1,6\text{--}1,7 \text{ г/см}^3$. Свежие отсыпанные отвалы обладают низкой плотностью и порозностью до 60 %. Плотность определяется визуально или с помощью пенетрометра грунтового ПСГ-МГ4 (либо аналогичного по характеристикам прибора) согласно методическим указаниям эксплуатации прибора. Наибольшее индикационное значение имеют рыхлые (порозность 40–60 %), среднеплотные (порозность 20–40 %), плотные (порозность менее 20 %).

2.2.5. Потенциальное плодородие эмбриоземов. По механическому составу мелкозем горных пород, слагающих отвалы угольных разрезов в Кемеровской области, относится к суглинкам (от средних до тяжелых), местами – к легким глинам [1]. Содержание грубообломочного материала, представленного неразложившимися фрагментами горной породы, достигает 90 %, причем каменистость грунтов возрастает с глубины 20 см, что объясняется замедлением процесса выветривания с глубиной. Каменистость грунтов отвалов придает им свойства грунтов легкого механического состава – высокую водопроницаемость и аэрацию. По агрохимическим и физическим свойствам основных пород и эмбриоземов на основании классификации вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации [3] установлены оценочные баллы: плодородные, пригодные для биологической рекультивации без всякого улучшения – 3 балла; потенциально плодородные, но бедные азотом – 2 балла; потенциально токсичные, непригодные для биологической рекультивации без коренного улучшения (химической мелиорации) – 1 балл.

2.2.6. Влажность субстрата является главным лимитирующим фактором, влияющим на скорость зарастания отвалов, восстановления и функционирования экосистем техногенных ландшафтов. Считается, что оптимальной величиной влажности субстрата для роста растений является умеренная влажность – 60–70 % от полной влагоемкости [4]. По режиму увлажнения выделены 4 типа местообитаний: сухие, свежие, влажные, сырые. Сухие отмечаются на остроконечных вершинах отвалов, на крутых откосах южных экспозиций, на высоких отвалах (плоских и конических), сложенных из песчаников или скальных пород, плохо подвергающихся выветриванию. Свежий режим увлажнения преобладает на плоских отвалах из суглинков, аргиллитов и алевролитов, на откосах отвалов северных и восточных румбов с благоприятным режимом снегонакопления, в нижней части западных и южных откосов. Влажные – бессточные котловины, а также полосы у подножия отвалов северных и восточных склонов. Сырые – формируются по берегам образовавшихся постоянных водоемов, питаемых грунтовыми водами или поверхностным стоком. Сухие и сырые местообитания менее пригодны для целей биологической рекультивации, чем свежие и влажные.

2.3. Состояние растительного покрова

Изучается стандартными геоботаническими методами, принятыми в геоботанике [6].

2.3.1. Стадии сукцессии. Наибольшее индикаторное значение придается этапам техногенных сукцессий. Стадии сингенетических сукцессий определены А.П. Шенниковым [7] и конкретизированы для отвалов Кузбасса Ю.А. Манаковым и А.Н. Куприяновым [8, 9, 10] (рис. 1).

СТАДИИ СИНГЕНЕЗА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ КУЗБАССА

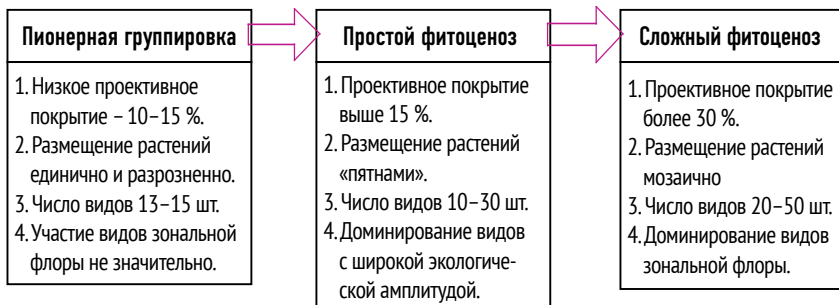


Рис. 1. Характеристика стадий сингенеза

В пионерной группировке отсутствуют существенные взаимоотношения между растениями. На стадии простого фитоценоза появляются группово-зарослевые сообщества, где возникают более определенные взаимоотношения между растениями, но характер распространения сообществ фрагментарный. В сложном фитоценозе появляется диффузное сообщество, взаимоотношения между растениями приобретают смешанный характер, и мозаика распределения отдельных видов соответствует уровню конкуренции, происходящей между элементами сообщества.

2.3.2. Коэффициент сходства Серенсена-Чекановского (K_s). Этот коэффициент является наиболее универсальным при оценках сходства двух или более совокупностей данных [10]. У этого коэффициента имеется модификация, с помощью которой можно оценивать качественное сходство двух совокупностей флористических списков по наличию в них общих видов. Коэффициент Серенсена-Чекановского рассчитывают по формуле:

$$K_s = 2a/(2a+b+c), \text{ где}$$

- a – число общих признаков двух сравниваемых совокупностей,
- b – число признаков, принадлежащих только 1-й совокупности,
- c – число признаков, принадлежащих только 2-й совокупности.

В качестве «b» выступает сводный список группы описаний, выполненных на ненарушенных участках, находящихся внутри горного отвода или вблизи отвалов (эта группа характеризует типичные зональные фитоценозы). В качестве «с» выступают варианты участков отвала. Объективность применения коэффициента сходства Серенсена-Чекановского достигается при сравнении средневзвешанных описаний при $n \geq 6$. Высокий уровень сходства 0,8–1,0, средний – 0,5–0,8, низкий $\leq 0,5$.

2.4. Интегральный показатель

2.4.1. Таблица баллов основных индикаторов. Основой для натурных исследований и их анализа служит таблица баллов, присвоенных основным биолого-экологическим индикаторам (табл. 3).

2.4.2. Расчет интегрального показателя. Интегральный показатель состояния техногенно нарушенных территорий (Σ) рассчитывается по аккумулятивной формуле, учитывающей сумму баллов пяти биолого-экологических индикаторов, которая умножается на климатический коэффициент (K_k), равный гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова и коэффициент сходства флористического состава с зональными сообществами, который высчитывается как индекс Серенсена-Чекановского (K_s):

Таблица 3

Показатели для расчета интегрального показателя (Σ_i) состояния техногенно нарушенных территорий

Показатель	Содержание	Балл
1. Орографический фактор (Of)		
Пологий рельеф	0–10°	3
Средняя крутизна	10–15°	2
Крутые склоны	Более 15°	1
2. Потенциальное плодородие (Pl)		
Плодородные	Лессовидные карбонатные суглинки, а также складированные в отвалы природные почвы.	3
Потенциально пригодные	Техногенные элювии алевролита песчаного, алевролита мелкозернистого, глина алевролитовая, глина карбонатная.	2
Малопригодные	Элювии песчаников полимиктовых, гематизированных, алевролитистых, пирогенный конгломерат, кальцитовая бурая глина. Элювии песчаников являются по механическому составу песками и супесями, не подвержены сильному уплотнению.	1
Потенциально токсичные	Пиритосодержащие горные породы, а также твердые скальные породы, не подвергающиеся физическому выветриванию.	0
3. Плотность техногенного элювия (D)		
Рыхлые	Порозность 40–60 %	3
Среднеплотные	Порозность 20–40 %	2
Плотные	Порозность менее 20 %	1
4. Влажность субстратов (H)		
Сухие	При растирании в пальцах пылит.	1
Свежие	На ощупь прохладная, к рукам не прилипает, при растирании в пальцах не пылит.	2
Влажные	Приложенный лист фильтровальной бумаги промокает, при падении комка почвы с высоты 1 м комок распадается на мелкие комочки.	3
Сырые	При сжатии комка почвы ладонь увлажняется, почва легко деформируется.	1

Окончание таблицы 3

Показатель	Содержание	Балл
5. Стадии сукцессии (Su)		
Сложный фитоценоз	Критериями выделения этой стадии являются: образование сомкнутого или многоярусного растительного покрова; емкость фитоценозов – от 20 до 50 видов на стандартную площадь геоботанического описания; доминирование в растительном покрове видов зональной флоры.	3
Простой фитоценоз	Характерно образование бурьянистых сообществ, которые образуют виды с активным семенным и вегетативным размножением. ОПП здесь может достигать 100 %. Существенно повышается число видов, усложняется вертикальная структура сообществ. За счет формирования на этой стадии фитосреды и улучшения условий биотопа происходит массовое поселение не только рудералов, но и видов зональных фитоценозов. Таким образом, диагностическими критериями 2-й стадии будут: проективное покрытие выше 15 %; количество видов чаще всего от 10 до 30 видов (иногда может достигать и 40 видов); – доминирование видов с широкой экологической амплитудой.	2
Пионерная группировка	Отличается низким проективным покрытием, обычно не превышающим 10–15%. Растения располагаются по площади разрозненно и единично. Число видов в пионерной группировке обычно равно 5–10, хотя в благоприятных местообитаниях на хорошо выветренном субстрате может достигать 25 и более. Участие видов зональной флоры незначительно.	1
6. Коэффициент сходства Серенсена-Чекановского (K_s)		

$$\Sigma_i = K_k \times K_s (Of + Pl + H + D + Su), \text{ где}$$

Σ_i – интегральный показатель состояния техногенно нарушенных территорий;

K_k – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова;

K_s – коэффициент сходства Серенсена-Чекановского;

Of – баллы по орографическому фактору;

Pl – баллы потенциального плодородия;

D – баллы плотности техногенного элювия;

Su – баллы стадии сукцессии.

2.5. Проведение работ по оценке эколого-биологических факторов

Ранжирование территории отвала производится по относительному интегральному показателю (ИПО), рассчитанному как отношение реальной суммы баллов эколого-биологических индикаторов к максимальному их количеству, выраженному в процентах (табл. 4). Он зависит прежде всего от экологических показателей, поскольку коэффициент Серенсена-Чекановского в контроле будет близок к единице. Ранжирование территории отвала производится с шагом 20 %. Для экосистем, близких к естественным, шаг увеличен до 30 %, поскольку вблизи угольных предприятий полностью естественных экосистем практически нет, в небольшой степени они несут отпечаток антропогенных изменений.

Таблица 4
Индекс относительного интегрального показателя (ИПО)

Класс экосистемы	ИПО, %	Характеристика
1. Экосистема, близкая к естественной	70–100	Экосистема мало нарушена хозяйственной деятельностью, качественный и количественный состав флоры близок к естественной
2. Самовосстанавливающаяся экосистема	50–70	Экосистема активно восстанавливается; рекультивация участка не требуется
3. Восстанавливающаяся экосистема	30–50	Экосистема частично восстанавливается; рекультивация требуется на отдельных участках
4. Медленно восстанавливающаяся экосистема	10–30	Экосистема имеет низкий темп восстановления; требуется проведение биологического этапа рекультивации
5. Невосстанавливающаяся экосистема	Менее 10	Для восстановления экосистемы необходимо проведение всего комплекса работ по горно-техническому и биологическому этапам

ЛИТЕРАТУРА

1. Андроханов В.А., Курачев В.И. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. Новосибирск, 2009. – № 2. – С. 165-169.
2. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. Критерии сингенетических сукцессий на отвалах Кузбасса // Экология урбанизированных территорий. М., 2009. – № 9. – С. 82-88.
3. Попов В.М., Рагим-Заде Ф.К., Трофимов С.С. Классификация вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации// Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск, 1970. – С. 25-40.
4. Федотов В.И. Техногенные ландшафты – теория, региональные структуры, практика. Воронеж, 1985. – 178 с.
5. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск, 1975. – 289 с.
6. Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова. В кн.: Полевая геоботаника. – М., Л., 1964. – С. 300-447.
7. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. – 447 с.
8. Манаков Ю.А. Зональные особенности группировок растений на отвалах Кузбасса / Материалы IV Междунар. научной конференции. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – С. 109-112.
9. Манаков Ю.А. Особенности зарастания отвалов на разных стадиях восстановительной сукцессии в Кузбассе // Успехи современного естествознания, 2012. – № 11-1. – С. 132-134.
10. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. Закономерности восстановления растительного покрова на отвалах Кузбасса // Сибирский лесной журнал, 2016. С. 51-58.
11. Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях (биологическая рекультивация). – Свердловск: изд-во Уральского ун-та, 1981. – 220 с.
12. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора / отв. ред. С.А. Шейнфельд, Ю.А. Манаков. – Кемерово, Новокузнецк: ИнЭКА, 2015. – 208 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример расчета интегрального показателя состояния техногенно нарушенных территорий и индекса экологического благоприятствования (ИЭБ), проведенный на отвалах Красногорского разреза (ПАО «УК Южный Кузбасс»)

1. Исходные данные. Маркшейдерская карта отвалов с нанесенными участками исследуемых вариантов. Космоснимок с данной территории, флористические описания и данные определения экологических показателей (см. табл. 3).

2. Максимальное количество баллов подсчитывается с использованием максимальных значений экологических показателей, коэффициент Серенсена–Чекановского считается 1,0; коэффициент Селянинова выбран 1,65. Максимальный интегральный показатель равен:

$$\Sigma_i (\text{max}) = 1,65 \times 1,0 (3+3+3+3+3) = 24,8$$

3. Порядок работ

Выделение рабочих вариантов на территории отвала. На отвалах Красногорского угольного разреза оценивались следующие варианты отработанных территорий: контроль (мало нарушенные экосистемы, находящиеся в пределах земельного отвода предприятия); участки естественного зарастания; участки рекультивации сосной более 20; участки рекультивации сосной менее 20 лет назад; участки рекультивации темной хвойными породами.

Проведение эколого-биологических исследований. На выбранных участках выполняется серия геоботанических описаний. Количество повторностей (n) 5–10 на вариант. Геоботанические описания производят по общепринятым методикам. Стандартная площадь для лесных фитоценозов принята 400, луговых – 100 м². В качестве дополнительных критериев для каждой площади геоботанического описания заполняется таблица (см. табл. 3, показатели № 1–5) для расчета интегрального показателя.

Результаты подсчета значений интегрального показателя. Подсчет баллов проводится по результатам визуальной оценки экологических факторов и анализа флористических описаний. Для каждого варианта подсчитывается взвешенная средняя по баллам экологических показателей, приводится сводное флористическое описание, на основании которого подсчитывается коэффициент Серенсена–Чекановского (список «с»), подсчитываются значения интегрального показателя (табл. А).

Таблица А

Интегральный показатель состояния земель Красногорского разреза:
в числителе балл, в знаменателе количество флористических описаний (n)

Варианты	Среднее значение	Ровная поверхность	Склон $\leq 15^\circ$	Склон $\geq 15^\circ$
Естественные насаждения	20,1/17	22,3/7	20,6/7	17,3/3
Участки естественного зарастания	7,9/24	8,8/9	7,1/8	7,6/7
Участки старовозрастной рекультивации сосной	5,9/24	6,1/18	5,7/3	4,8/3
Участки средневозрастной рекультивации сосной	9,7/13	10,2/7	9,7/3	7,8/3
Участки с посадкой темнохвойных и лиственных пород	6,7/10	6,7/6	6,7/2	6,2/2

Индекс относительного интегрального показателя (ИПО) подсчитывали по формуле:

$$ИЭБ = \Sigma_i / \Sigma_i(max) \times 100, \text{ где}$$

Σ_i – реальная сумма балла интегрального показателя;

$\Sigma_i(max)$ – максимальная сумма баллов интегрального показателя (табл. Б).

Таблица Б

Индекс относительного интегрального показателя (ИПО) на отвалах Красногорского угольного разреза (в числителе значение ИПО, %; в знаменателе класс перспективности)

Варианты	Среднее значение	Ровная поверхность	Склон $\leq 15^\circ$	Склон $\geq 15^\circ$
Естественные насаждения	81/I	90/I	83/ I	70/ I
Участки естественного зарастания	32/III	35/ III	29/ III	31/ III
Участки старовозрастной рекультивации сосной	24/IV	25/ IV	23/ IV	19/ IV
Участки средневозрастной рекультивации сосной	39/ III	41/ III	39/ III	31/ III
Участки с посадкой темнохвойных и лиственных пород	27/ IV	27/ IV	27/ IV	27/ IV

В результате оценки выявленных участков отвала (вариантов) дают-ся конкретные рекомендации по их биологической рекультивации. На исследованных отвалах выявлены классы восстановленности экосистем III и IV.

III. Экосистема частично самовосстанавливающаяся, требуется частичная рекультивация на отдельных участках.

Рекомендации: проведение куртинной посадки сосны с нормой посадки не более 1000 шт./га.

IV. Экосистема слабо восстанавливающаяся, требующая проведения биологического этапа рекультивации.

В данном случае низкий класс ИЭБ обусловлен изначально высокой нормой посадки высаживаемых пород и, как следствие, образованием плотных насаждений – мертвопокровников.

Рекомендации: рубки ухода до полноты 04-05, возможно использование древесины для хозяйственных нужд.

Научно-методическое издание

Манаков Юрий Александрович

Куприянов Андрей Николаевич

Стрельникова Татьяна Олеговна

Куприянов Олег Андреевич

Казьмина Светлана Сергеевна

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по использованию интегрального показателя
пригодности нарушенных земель для рекультивации
отвалов угольной промышленности Кузбасса

Редактор С.А. Скобликов

Макет и верстка О.Н. Манакова

Корректор И.Б. Шатерник

Дизайнер обложки И.Е. Баканова

Фотографии Ю.А. Манаков

Сдано в набор 11.09.2017. Подписано в печать 02.11.2017

Формат 60х84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Minion Pro.

Усл. печ. л. 1,60. Тираж 500. Заказ №

Издательство КРЭОО «Ирбис»

Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 28-А, 121

irbis42kem@yandex.ru



Отпечатано ООО «Технопринт»

Россия, г. Кемерово, ул. Сибирская, 35-А

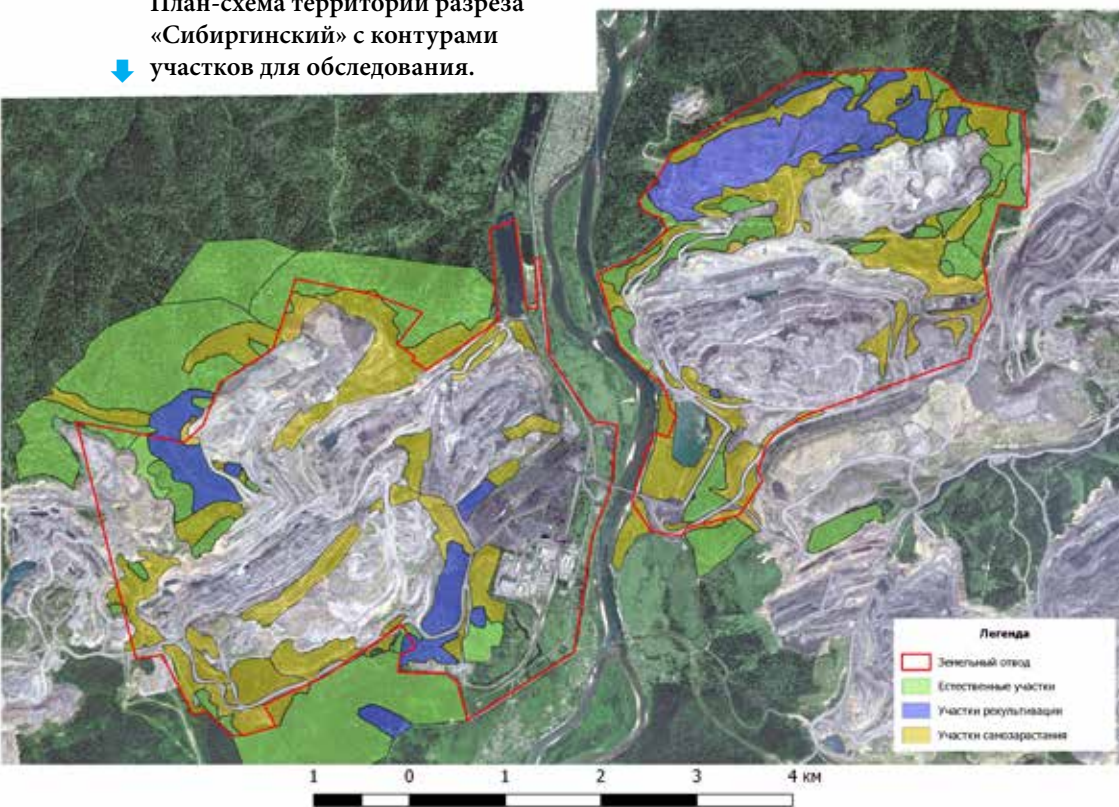
Тел.: (384-2) 35-21-19



↑ Разрез «Красногорский».

1

План-схема территории разреза
«Сибиргинский» с контурами
↓ участков для обследования.





← Типы леса на периферии угольных разрезов ПАО «Южный Кузбасс» (ИПО 80–100 %): А) осиновые леса; Б) черневая осиново-пихтовая тайга.



2



Участок реставрации (ИПО 25 %). Разреженные посадки сосны сибирской (кедра) способствуют формированию подлеска и травяного яруса.





↑ Участок рекультивации с активным возобновлением пихты и ели (ИПО 60 %).

3

Участок естественного зарастания с участием тополя черного, т. лавролистного и кустарниковых ив (ИПО <20 %).
↓





↑ Подрост кедра из захоронков кедровки на отвале.



↑ Подрост пихты на участке естественного зарастания ивой на склоне отвала вскрыши (ИПО 30 %).

4

↓ Подрост пихты и кедра в молодом березняке в процессе естественного восстановления.





↑ Общий вид отвала, зарастающего березой.

5

↓ Молодые березняки с подлеском ивы на склоне отвала (ИПО 30 %).





↑ Участок рекультивации елью сибирской
на южном склоне отвала.

6

↓ Старовозрастный участок рекультивации
елью сибирской (ИПО 50 %).





↑ Молодой березовый лес с внедряющимся инвазионным видом – люпином многолистным.

Средневозрастной участок рекультивации сосной обыкновенной с низкой степенью восстановления флористического разнообразия (ИПО 10 %).



↓ Созданные кедровые насаждения с последующим естественным формированием древостоя лиственных пород и разнотравно-злаковых лугов (ИПО 40 %).

7





Редкие виды растений, участвующих в составе растительных сообществ на рекультивированных отвалах с высокими показателями ИПО: А) пальчатокоренник длиннолистный, Б) ужовник обыкновенный, В) тайник яйцевидный; В) гроздовник многонадрезанный.

8

