

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Кафедра природопользования и земельного кадастра

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕНАТУРИРОВАНИЯ
ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
05.03.06 Экология и природопользование
очной формы обучения, группы 81001403

Мануйлова Андрея Алексеевича

Научный руководитель:
доцент кафедры
природопользования и
земельного кадастра,
доктор географических наук
Голеусов Павел Вячеславович

БЕЛГОРОД 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Обзор подходов к экологической реабилитации и оценка состояния нарушенных земель Белгородской области.....	6
1.1. Существующие подходы к реабилитации нарушенных земель.....	7
1.2. Перспективы развития технологий.....	12
1.3. Оценка состояния нарушенных земель Белгородской области.....	14
Глава 2. Характеристика объектов исследования в техногенно нарушенных ландшафтах.....	16
2.1. Геологическая характеристика	16
2.2. Геоморфологическая характеристика	19
2.3. Ботаническая характеристика.....	24
2.4. Лимитирующие факторы естественного зарастания и формирования устойчивых растительных сообществ	36
Глава 3. Результаты экспериментов по ренатурированию поверхности техногенных отвалов.....	42
3.1. Результаты экспериментов по ренатурированию на меловых отвалах.....	42
3.2. Результаты эксперимента по ренатурированию на отвалах окисленных кварцитов ОАО «Лебединский ГОК».....	54
3.3. Технология ренатурирования.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В соответствии с постановлением правительства Российской Федерации №140 от 23 февраля 1994 года «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» предусматривается рекультивация антропогенно-нарушенных земель после их интенсивного хозяйственного использования. На территории Белгородской области, по данным НИИ КМА (1992 г.) находилось 328 карьеров разработки общераспространенных полезных ископаемых. На данный момент, при учете постановления правительства Белгородской области от 23.01.2012 №24-пп «Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения Белгородской области до 2020 года», можно предположить, что количество карьеров разработки ОПИ будет стремительно расти.

Разработка месторождений полезных ископаемых всегда связана с определенными экологическими рисками для окружающей среды. Помимо нарушения почвенного покрова и разрушения естественных природных экосистем, присутствует так же проблема размещения вскрышных пород и отходов переработки в отвалах.

По данной причине проблема рекультивации техногенно-нарушенных земель является актуальной задачей современной экологии и Белгородской области в частности.

Однако рекультивация отвалов и нарушенных земель редко проводится должным образом в соответствии с большими затратами на проведение необходимых мероприятий и, в лучшем случае, места разработки на несколько лет остаются непригодными для интенсивного биологического круговорота.

Целью данной выпускной квалификационной работы явился поиск эффективных и экономически целесообразных мер по ренатурированию техногенных нарушений.

Объекты исследования: экспериментальные площадки на месторождениях мело-мергельных пород в с. Безлюдовка и в с. Стрелецкое, отвальные геокмплексы ОАО «Лебединский ГОК».

Предмет исследования: поиск эффективных и экономически целесообразных мер для устранения техногенных нарушений с использованием естественных регенерационных процессов.

Цель исследования: выявить наиболее перспективные, эффективные и экономически пригодные меры экологической реабилитации карьерно-отвальных геокмплексов с использованием естественных регенерационных процессов.

Задачи исследования:

1) рассмотреть современные подходы к рекультивации нарушенных земель, с учётом отечественного и зарубежного опыта;

2) выявить характерные для Белгородской области проблемы распространения и экологической реабилитации нарушенных земель;

3) провести экспериментальные исследования по стимулированию зарастания и естественного почвообразования на техногенно нарушенных поверхностях;

4) разработать рекомендации по ускоренному воссозданию почвенно-растительного покрова на техногенно нарушенных поверхностях.

Материалами для данной выпускной квалификационной работы послужили литературные сведения, результаты экспериментов по использованию стимулирующих агентов на экспериментальных площадках в с. Стрелецкое, в с. Безлюдовка, на карьерно-отвальных геокмплексах ОАО «Лебединский ГОК», собственные исследования прошлых лет, космоснимки сервисов GoogleEarth и Яндекс.Карты.

Используемое ПО: ГИС GoogleEarth, SASPlanet, MapInfo.

Структура работы: в первой главе данной выпускной квалификационной работы рассмотрены различные подходы к рекультивации техногенных нарушений, оценены перспективы

технологических решений и рассмотрено состояние нарушенных земель Белгородской области. Во второй главе представлена характеристика объектов исследования в техногенно нарушенных ландшафтах. Третья глава раскрывает результаты экспериментов по ренатурированию поверхности техногенных отвалов.

Глава 1. Обзор подходов к экологической реабилитации и оценка состояния нарушенных земель Белгородской области

Вследствие интенсивного хозяйственного использования земель значительно нарушается почвенный покров, присущий данной территории. Поэтому для восстановления естественного плодородия, биологической продуктивности и хозяйственной ценности проводят мероприятия по рекультивации нарушенных земель.

В учебном пособии Сметанина В.И. «Рекультивация и обустройство нарушенных земель» (2003), дается определение нарушенных земель: «Нарушенными считают земли, утратившие первоначальную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду».

На данный момент, в традиционном рекультивационном подходе выделяют три этапа технической рекультивации для техногенных массивов:

- первая стадия – селективная выемка и складирование гумусированного слоя почвы и нетоксичных пород для последующего их использования при рекультивации;
- вторая стадия – формирование и планирование поверхности;
- третья стадия – формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя для последующего этапа биологической мелиорации.

В этой традиционной схеме предполагается выемка и последующее использование гумусированного слоя почвы, для формирования плодородного слоя на нарушенных землях. Данный подход весьма целесообразен с экологической точки зрения, однако, поскольку рекультивация земель проводится за счет компании подрядчика от этой технологии в настоящее время стараются отказываться ввиду экономической нецелесообразности.

Для ускоренной экономически целесообразной реабилитации техногенно нарушенных массивов всё чаще используют различные методики так называемого «экстремального озеленения», которые будут рассмотрены ниже.

В перспективе наблюдается тенденция к удешевлению и упрощению проведения рекультивационных работ. Производители стремятся не только провести восстановительные работы, но и выполнить их с минимальными затратами, так что следует вынести вывод о том, что в перспективе развития рекультивационных технологий наибольшее предпочтение будет отдаваться тем методикам и средствам, которые принесут минимальные расходы предприятию.

1.1. Существующие подходы к рекультивации нарушенных земель

В экологической реабилитации антропогенно нарушенных сообществ используются методы, ускоряющие ход естественных регенерационных процессов, в частности, восстановительных сукцессий биоты. Примером может служить метод агростепи.

Агростепь – искусственно воссозданный ландшафт на месте ранее уничтоженной естественной степи. Создается за счет сено-семенной смеси, взятой из естественных сообществ. Время для становления агростепи – 2-3 года с момента внесения семенного материала. Впервые технология была применена в США в штате Висконсин экологом Джорждом Кетисом [24].

В России проблемой создания и изучения агростепей занимался Д.С. Дзыбов [16].

Проблемой использования данного метода на постпромышленных отвалах является слабая адаптация травосмеси к неблагоприятным эдафическим условиям техногенных субстратов.

В техногенных геосистемах регенерационные процессы протекают в зависимости от факторов субстрата, на котором формируется фоновая экосистема. Таким образом, сукцессионные процессы напрямую зависят от факторов почвообразования. Почвообразовательный процесс в свою очередь находится в прямой зависимости от фактора материнской породы. Следовательно, стимулирование регенерационных процессов, в направленной хозяйственной деятельности, должно вестись с учетом факторов подстилающей породы.

В связи с этой закономерностью возможно предположить различные методики стимулирования, связанные с изменением свойств субстрата, на котором формируется экосистема.

Методики «экстремального озеленения» включают в себя:

- метод «Пикса»;
- использование биоматов;
- использование биотекстиля;
- применение технологии гидропосева.

В последние годы развитие получают биотехнологии для экологической реабилитации. В частности, метод «Пикса» предполагает для проведения восстановительных работ нанесение комплекса биоудобрений марки «Пикса». Эти удобрения восстанавливают естественный процесс почвообразования и способность почвы к самоочистке. В основе действия этих удобрений лежит деятельность ассоциации микроорганизмов, которые привлекают в почву дополнительный азот. Производятся на основе птичьего помёта и торфа, подвергнутых биотермическому обеззараживанию, с внесением специальной биодобавки [3].

Использование биоматов.

Биомат – это двухслойное полотно, состоящее из растительных волокон, минеральных удобрений, семян растений и влагоудерживающих, компонентов которое используется для укрытия грунта в целях защиты или укрепления. Основой биомата могут служить льняные волокна, оболочка

кокоса, солома или смеси этих материалов. Биоматы защищают почву от эрозии, воды и ветра, а разложение естественных волокон служит хорошим удобрением для грунта [33].

Использование биотекстиля.

Биотекстиль – разновидность геотекстиля, в составе которого имеются семена трав на биоразлагаемой основе. Используется для озеленения дорожных насыпей и изредка, для озеленения отвалов горных пород [32].

Технология гидропосева.

Технология, наиболее часто используемая при экстремальном озеленении карьерно-отвальных комплексов. Предполагает нанесение на склоны и отвалы смеси из семян и мульчирующего материала (как правило на основе древесных волокон или целлюлозы). За счет формирования устойчивого травяного покрова предполагается предотвращать эрозионные процессы на нарушенных почвах [35].

Рекультивация земель, нарушенных карьерными разработками.

Необходимость рекультивации земель, нарушенных карьерными разработками, оказывает большое влияние на технологию и экономические показатели разработок, включая выбор способа разработки, отвалообразования, средств механизации вскрышных и отвальных работ и средств транспортировки пород в отвалы. Выбор технологии технической рекультивации зависит от:

- вида последующего использования рекультивируемых площадей;
- мощности, объема и расстояния транспортировки плодородного слоя почвы и вскрышных пород с хорошими почвообразующими свойствами, отдельно вынимаемых и укладываемых на поверхность восстанавливаемых отвалов;
- принятых способов разработки карьеров и формирования отвалов;
- типа и характеристики основного оборудования;
- очереди разработки и скорости перемещения фронта работ;

- равномерной загрузки оборудования в течение всего срока эксплуатации карьера;
- свойств плодородного слоя почвы и вскрышных пород, используемых для рекультивации;
- рельефа, климата, гидрологических и гидрогеологических условий рекультивируемой территории,
- господствующих геохимических процессов в данном районе до и после разработок.

Работы по рекультивации выполняются в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85 Охрана природы (ССОП) «Почвы» [9], ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы (ССОП) «Рекультивация земель» [10], ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы (ССОП) «Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации» [11], ГОСТ 17.5.1.03-86 Охрана природы (ССОП) «Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель» [12].

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.02-85 нарушенные земли различают по направлениям рекультивации в зависимости от вида последующего использования. Рекультивированные территории можно использовать в следующих направлениях: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное, природоохранное, санитарно-гигиеническое и строительное.

При сельскохозяйственном направлении рекультивации земли можно использовать под пашни, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения;

-лесохозяйственном – под лесонасаждения общего хозяйственного и полезационного назначения, лесопитомники;

-водохозяйственном – устраивают водоемы для хозяйственно-бытовых и промышленных нужд, орошения и рыбоводства;

-рекреационном – для создания зон отдыха и спорта, под парки и лесопарки, водоемы для оздоровительных целей, охотничьи угодья, туристские базы и спортивные сооружения;

-природоохранном и санитарно-гигиеническом – под создание участков противоэрозионного лесонасаждения, задернованных или обводненных, закрепленных или законсервированных с применением технических средств, участка для самозарастания – специально не благоустраиваемых с целью последующего использования в хозяйственных или рекреационных целях;

-строительном – для промышленного, гражданского и прочего строительства и другого назначения [25].

Этап технической рекультивации должен проходить в процессе эксплуатации карьера. Выполнение этого условия, во-первых, экономит затраты на разравнивание отвалов, так как работы ведут с рыхлыми свежеуложенными породами, которые требуют меньше усилий на резание и перемещение грунта; во-вторых, сокращает период освоения рекультивируемых площадей, так как первое разравнивание проводят в период формирования отвалов, а второе - после частичного самоуплотнения в период рекультивации.

Примером биологической рекультивации традиционного подхода могут служить работы, проведенные на отвалах ОАО «Лебединский ГОК». После работ по выемке горных работ, складированных валовым образом на внешних отвалах, вскрыша подверглась длительному складированию. По прошествии длительного времени были проведены работы по рекультивации. В 1970 г. была попытка создания насаждений сосны без предварительной подготовки субстрата, под меч Колесова. В возрасте 5 лет насаждение имело сохранность 56 %, в дальнейшем с каждым годом она падала [22].

На субстратах отвалов Лебединского ГОКа не удалось вырастить устойчивые насаждения сосны обыкновенной в связи с сильной дефляцией, вызывающей выдувание и засекание сосны. Сохранившиеся единичные экземпляры сосны имели в возрасте 7-12 лет замедленный рост и росли по IV классу бонитета. В возрасте 13 лет они полностью погибли в связи с плохими водно-физическими и химическими свойствами субстрата [22].



Рис. 1.1. Самозарастающие отвалы Лебединского ГОКа

Следует отметить, что рекультивационные мероприятия охватывают далеко не все техногенные массивы горнодобывающих предприятий. Так, отвал №1 окисленных железистых кварцитов (скальной вскрыши) Лебединского ГОКа оставлен практически без рекультивации и рассматривается представителями управления предприятием как техногенные месторождения, якобы не требующие рекультивации в связи с их возможной последующей разработкой. Такие отвалы подвергаются лишь процессам самозарастания (рис. 1.1), которые протекают в разной степени успешно, в зависимости от свойств экспонированного субстрата.

1.2. Перспективы развития технологий

Для оценки перспектив развития технологий стоит учитывать не только отечественный опыт в рекультивации нарушенных земель, но и провести исследование подобных разработок за рубежом. В частности, в книге «Reclaiming Disturbed Land for Forestry» авторов Энди Моффата и Джона Макнейла [30] большое внимание уделяется не столько развитию самой технологии рекультивации (за рубежом она так же проводится в два этапа:

технический и биологический), сколько роли государственного регулирования при любых техногенных нарушениях.

Законодательные акты обязывают недропользователей при любых работах согласовывать планы и этапы проводимых работ с исполнительными органами власти, которые уже опираются на мнение научно-исследовательских групп. Данный метод позволяет проводить рекультивационные работы наиболее приемлемо с точки зрения экологической реабилитации нарушенных ландшафтов.

При оценке трендов развития технологических решений при рекультивации было выявлено, что на данный момент использование традиционных подходов нецелесообразно в виду необходимости нанесения субстрата, для улучшения эдафических характеристик. По данной причине недропользователи начинают все чаще обращать свое внимание на методы биологической рекультивации, которые способны улучшить ситуацию без применения технического этапа.

По данной причине за рубежом сейчас в перспективе рассматривается методика привнесения семенной смеси путем дистанционного зондирования [31].

Технология заключается в том, что семенная смесь в виде капсулы с семенами в гидрогеле распределяется над определенной территорией с беспилотного летательного аппарата под управлением либо оператора, либо по заранее написанной программе и траектории полета.

Проблемой использования этого решения является то, что на постпромышленных отвалах и сильно нарушенных землях будет происходить слабая адаптация семенной смеси к неблагоприятным условиям субстрата.

Еще одним трендом в «экстремальном озеленении» является технологии «seedbombing», в переводе «воздушный посев». Данная технология заключается в забрасывании шаров, состоящих из семенной смеси и стимулирующих агентов для успешного произрастания семян [34].

Препятствием для успешной сукцессии является то, что растительные сообщества оказываются на некотором расстоянии друг от друга и в условиях изолированности велик риск того, что фитоценоз не сможет сформироваться по причине отсутствия экологического каркаса на данной территории.

На данный момент в соответствии с трендами развития технологий рекультивации необходимо создать техническое решение, которое позволит растительным сообществам успешно закрепиться на территории техногенных нарушений, при этом технология должна изменять физико-химические свойства субстрата, способствовать созданию экологически устойчивого каркаса из естественных для данной территории видов растений и быть экономически целесообразной.

1.3. Оценка состояния нарушенных земель Белгородской области

В соответствии с монографией департамента агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды Белгородской области на данный момент на территории региона в структуре земель промышленности выделяют 14,1% нарушенных земель, что составляет 5,2 тыс. га. В эту категорию выделяют карьеры предприятий черной металлургии и строительных материалов.

Однако, стоит учесть то, что при своей оценке нарушенных земель департамент агропромышленного комплекса опирается на официальные места добычи ОПИ, которые учтены в Госбалансе. По данным на 2016 год, количество карьеров общераспространенных полезных ископаемых составило 151 месторождение [15].

По проведенным в 1992 году исследованиям НИИ КМА [28], в области количество мест разработки составило 328, что в 2 раза больше, чем

количество учтенных в государственном балансе общераспространенных полезных ископаемых.

Учитывая, то, что исследование НИИ КМА проводилось в 1992 году, можно утверждать, что количество карьеров ОПИ существенно увеличилось, что соответственно влечет за собой и увеличение количества нарушенных земель.

В процессе горных работ не только нарушается почвенный покров, естественное биоразнообразие, экологический каркас территории, но так же могут быть затронуты и участки произрастания реликтовых растений и краснокнижных видов. Так в Шебекинском районе при разработке меловых месторождений были затронуты участки произрастания сосны меловой (*Pinus sylvestris var. cretace*) [28].

У процессов разработки месторождений ОПИ так же есть еще один фактор экологического риска, который увеличивает количество нарушенных земель – складирование вскрышных пород в отвалы, которые могут занимать площади не меньшие, чем сама площадь разработки.

Зачастую ни при размещении отвалов, ни при проектировании самого места добычи плодородный слой почвы не снимается и огромные запасы плодородных земель оказываются либо погребенными под отвалами вскрыши, либо сильно перемешиваются с большим количеством материнской породы, что делает их в последствии непригодными для хозяйственного использования.

Учитывая вышеперечисленные факторы образования нарушенных земель при добыче общераспространенных полезных ископаемых, можно предположить, что на данный момент количество нарушенных земель области намного больше, чем приводится в статистических данных. Так же возможно сделать вывод о том, что привести точное количество всех нарушенных земель региона не представляется возможным.

Глава 2. Характеристика объектов исследования в техногенно нарушенных ландшафтах

Для изучения методов стимулирования естественного зарастания и почвообразования на техногенных отвалах были созданы экспериментальные площадки на месторождениях писчего мела и отвалах ОАО «Лебединский ГОК».

На нарушенных почвах меловых месторождений было заложено две экспериментальные площадки: экспериментальная площадка в с. Стрелецкое и экспериментальная площадка в с. Безлюдовка.

Климатическая характеристика на территории Белгородской области

Климат Белгородской области умеренно континентальный с мягкой зимой и частыми засухами в летний период. Интенсивные засухи наблюдаются раз в несколько лет [18]. Продолжительность вегетации растений в теплое время года – 180-190 дней. Среднегодовое количество осадков на территории области составляет около 420-590 мм.

Холмистый рельеф области обеспечивает неравномерное распределение осадков по территории области.

Около 80% осадков выпадает в виде дождя, остальная часть годовых осадков выпадает на территории области в виде снега в зимнее время.

Продолжительность зимы около 130-140 дней.

Самый холодный месяц в году – январь, самый теплый – июль [2].

2.1. Геологическая характеристика

Экспериментальные площадки на месторождениях писчего мела в с. Стрелецкое и с. Безлюдовка.

Территория г. Белгорода и Белгородского района располагается на юго-западе Воронежской антеклизы. Под действием горообразования и вулканизма сложилась эта платформа. Фундамент платформы был подвержен разломам и прогибам, в соответствии с этим были образованы впадины и выступы.

Исследуемые площадки находятся в пределах Воронежского выступа, который прикрит осадочными породами. Кристаллический фундамент в среднем находится на глубине 100 метров и постепенно опускается в сторону юго-запада.

Месторождения мела принадлежат к осадочному чехлу платформы. С девонского периода происходило постепенное накопление морских отложений и, как следствие, осадочного чехла.

Меловые отложения исследуемых площадок принадлежат к кампан-маастрихитским отложениям и данный тип отложений весьма распространен в южной части области. Мощность представленных отложений увеличивается в направлении на юго-запад и составляют на месторождении в с. Стрелецкое около 45 м., на эксперименте в с.Безлюдовка около 60 м. Литологически они представлены мелом. Он отличается от мелов туронского и коньякского ярусов более тонкой структурой; он нежный, мягкий, однородный [28]. Перекрываются на экспериментальных площадках отложения писчего мела отложениями голоцена.

Грунтовые воды под экспериментальной площадкой в с. Безлюдовка залегают на глубине 38 метров, в соответствии с водоносным горизонтом, подпираемым зеркалом Белгородского водохранилища.

Залегание грунтовых вод на эксперименте в с. Стрелецкое происходит на глубине 35 метров, в соответствии с базисом эрозии от р. Везелка.

На исследуемой территории экспериментальных площадок палеогеновые слои представлены алевритистыми глинами; неогеновые отложения представлены слабым присутствием песчанно-глинистых минералов.

Экспериментальная площадка на отвалах ОАО «Лебединский ГОК».

Территориально место проведения опыта принадлежит Южно-Лебединскому участку месторождения.

Лебединское месторождение железных руд находится в центральной части полосы Курских магнитных аномалий, что является центральной частью Орловско-Оскольской зоны [8]. Месторождение Лебединской так же, как и другие места добычи Курской магнитной аномалии, имеет двухъярусное строение. Нижний ярус представляет собой докембрийский фундамент, сформированный осадочными и магматическими породами архея и протерозоя. Верхний ярус образован молодыми осадочными породами палеозоя и мезокайнозоя, почти горизонтально расположенными на поверхности докембрийского кристаллического фундамента. По составу, осадочные породы представлены песком, мелом, мергелем и глинами. Наблюдается обводнение пород осадочного чехла.

Железистые руды месторождения располагаются на нижнем структурном ярусе, в среднем на глубине 86,6 м [8]. Железные руды нижнего яруса состоят из железистых кварцитов и их разновидностей. По времени образования они приравниваются к протерозойской эпохе. Наиболее ценные железные руды месторождения были образованы в досреднедевонское время за счет латеритного выветривания железистых кварцитов. В структуре коры выветривания кварцитов присутствуют так же промежуточные зоны окисленных железистых кварцитов. Они состоят в основном из маргита с

вкраплениями магнетита. Окисленные кварциты извлекаются попутно при добыче неокисленных руд и транспортируются на отвалы ЛГОКа [8].

Залегание грунтовых вод на экспериментальной площадке на отвалах Лебединского ГОКа происходит на глубине около 70 м, что обусловлено депрессионной воронкой вокруг месторождения «Лебединское» и оттоком грунтовых вод в сторону места разработки карьера.

2.2. Геоморфологическая характеристика

Экспериментальная площадка в с. Безлюдовка.

В ноябре 2016 года в с. Безлюдовка была поставлена экспериментальная площадка, на которой проверяется действие различных вариантов ренатурационных смесей для ускорения процессов естественного формирования почвенно-растительного покрова на посттехногенных отвалах. Объект расположен на южной окраине с. Графовка на границе с с. Безлюдовка (координаты 50.39' с.ш., 36.76' в.д.). Представляет собой заброшенный карьер по добыче мела общей площадью около 0,25 га.

Высота месторождения составляет 137 м над уровнем моря на третьей надпойменной террасе р. Северский Донец, на склоне юго-западной экспозиции.

На площадке наблюдается денудационный холмистый рельеф. На дне выработки наблюдается пологое дно с небольшой воронкой, диаметром до 3 метров и глубиной до 1,5 метров.

Размеры площадки 1x4 м. Микроформы ландшафта образованы техногенными нарушениями в связи с процессом горной выработки открытым способом.



Рис. 2.1. Общий вид на экспериментальную площадку на момент 2018 года



Рис. 2.2. Картосхема расположения экспериментального участка в с. Безлюдовка (получено с помощью базы геоданных GoogleEarth)

Экспериментальная площадка в с. Стрелецкое.

Объект расположен на северо-западной окраине г. Белгорода, на границе с селом Стрелецкое, на склоне юго-западной экспозиции балки

Палкин Яр (координаты: 50° 38,475' с.ш.; 36° 29,645' в.д.). Представляет собой заброшенный карьер по добыче мела общей площадью около 0,8 га.

Дно карьера относительно пологое, с единичной воронкой диаметром около 11 м, глубиной 3 м.

Высота над уровнем моря составляет 159 метров. Характер рельефа – холмистый. Микроформы рельефа представлены техногенными нарушениями и процессами денудации.



Рис. 2.3. Общий вид на экспериментальную площадку в с. Стрелецкое на момент 2018 года

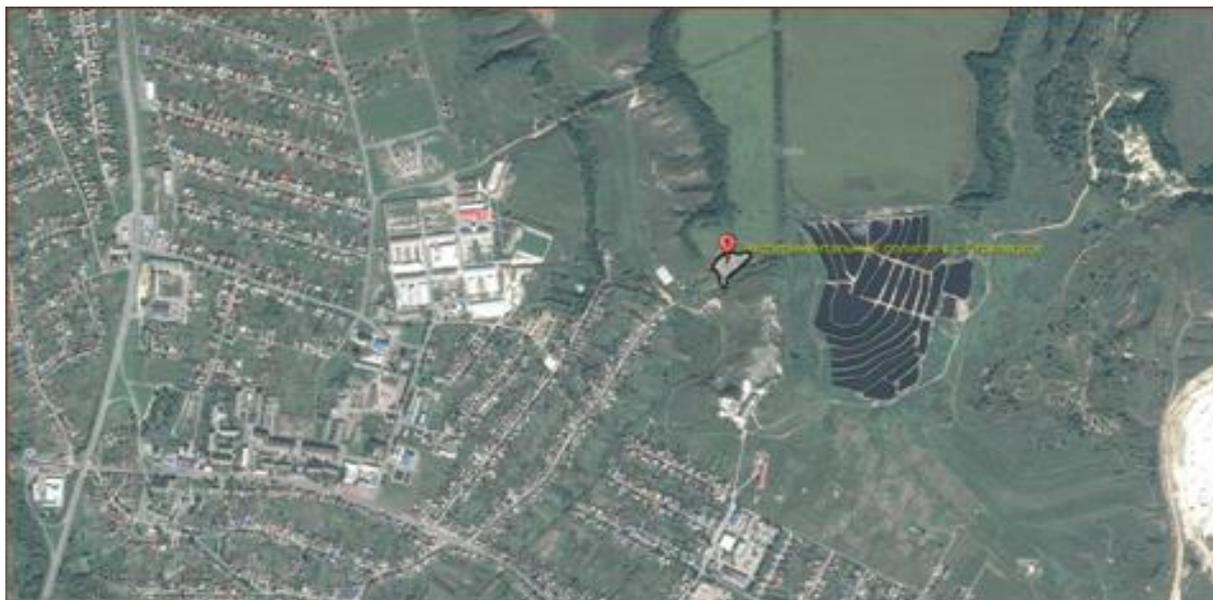


Рис. 2.4. Картосхема расположения экспериментального участка в с. Стрелецкое (получено с помощью базы геоданных GoogleEarth)

Экспериментальная площадка на отвалах ОАО «Лебединский ГОК».

Опытная площадка расположена на восточной экспозиции отвалов Лебединского ГОКа в 5 км к юго-востоку от г. Губкин ($51^{\circ}13'48,34$ с. ш.; $37^{\circ}34'24,27$ в. д.). Породы представлены элювием железистых кварцитов.

Макрорельеф ландшафта: холмисто-рядовый, техногенный.

Отвал с восточной стороны образован тремя уступами с высотой 15 м.

Микрорельеф ландшафта: микросклон южной экспозиции с небольшой экспозицией и буграми. Растительность на опытной площадке отличается большим запасом ветоши, также более развитой подстилкой, а количество всходов выше по сравнению с фоновыми сообществами.

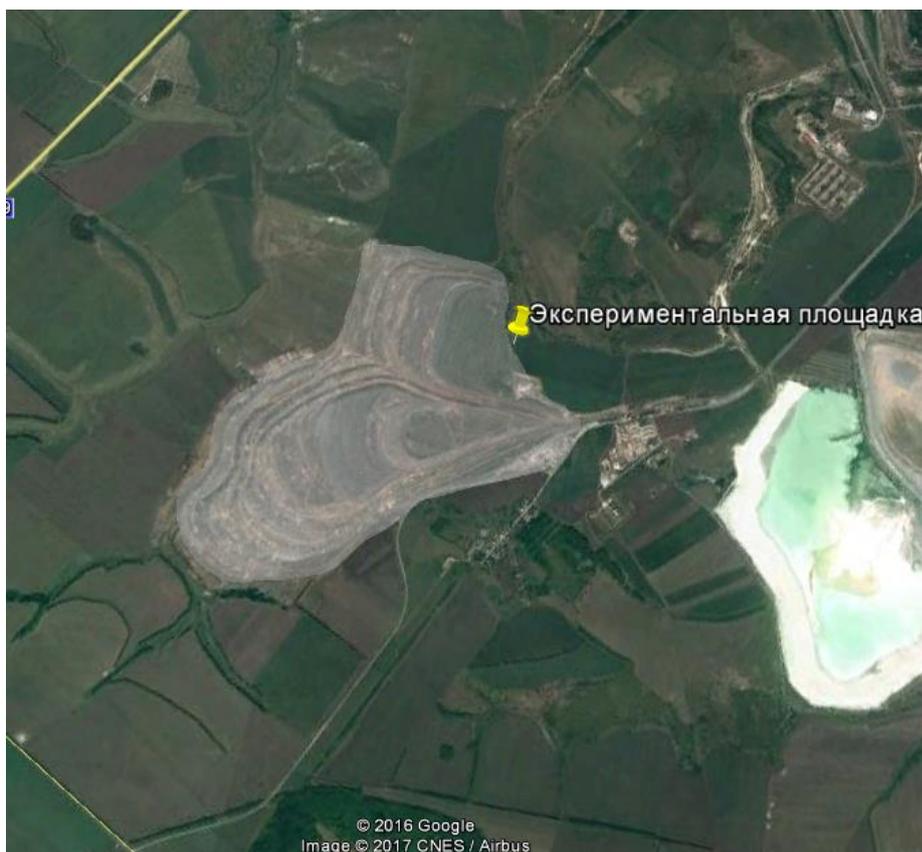


Рис. 2.5. Расположение экспериментальной площадки на карте (получено с помощью базы геоданных GoogleEarth)



Рис. 2.6. Общий вид на экспериментальную площадку на отвалах ОАО «Лебединский ГОК»

2.3. Ботаническая характеристика

Экспериментальные площадки на карьерах по добыче писчего мела.

На отложениях меловых пород зачастую формируется уникальная растительность и эндемичные фитоценозы. Связано это, в первую очередь, с тем, что на данной местности почвенный покров либо отсутствует, либо нарушен, либо присутствует, но незначителен по мощности.

Меловые отложения накладывают определенные лимитирующие факторы (химические и физические факторы субстрата) для произрастания большого видового разнообразия растительности и формирования устойчивого фитоценоза. По данной причине на подобных территориях особенно распространены кальцефитные растительные группировки.

Зачастую они представлены кустарниковыми и травянистыми сообществами в составе иссопов, злаковых. А так же нижняя часть меловых отложений не редко представлена луговыми сообществами: истода, клевер, кардария крупковатая, пырей и др. [14]. На меловых отложения так же не редко можно встретить и растения-космополиты, такие как тысячелистник, подорожник, костер кровельный, молочай, цикорий [29].

Многие меловые растения Белгородской области так же занесены в Красную книгу в связи с тем, что данные растения являются кальцефитными эндемиками: иссоп меловой, адонис весенний, ковыль перистый, астрагал белостебельный.

Период цветения для кальцефитных сообществ на территории Белгородской области май-июнь [14].

Экспериментальная площадка в с. Безлюдовка.

На экспериментальной площадке в с. Безлюдовка фоновыми растительными сообществами являются злаковые и растения-космополиты.

На местах новообразованных почв голоцена проективное покрытие растительностью составляет около 80%.

За время, прошедшее с момента разработки карьера по добыче мела, на данной местности успел сформироваться устойчивый фитоценоз с высотой травостоя 15-20 см.

Сукцессия происходит с преобладанием на первых стадиях растений, которые толерантны к условиям среды и рудеральных видов. Преобладают латук компасный и пижма.

На следующей стадии, накопления органического вещества и формирования новообразованных почв, происходит формирование степных группировок растений: костер кровельный, тысячелистник, цикорий, пырей, житняк гребенчатый и др.

Экспериментальная площадка в с. Безлюдовка, для проверки различных методик стимулирования естественного зарастания, была поделена на три участка по 1,5х1 м:

- участок с нанесенными на поверхность мела компостированными бытовыми отходами (1-2 см.);
- участок с нанесением гумата калия марки «ЭкоОрганика»;
- контрольный участок.

На каждый участок впоследствии была нанесена сено-семенная смесь из фоновых кальцефитных сообществ (что соответствует формирования подстилки мощностью 1-1,5 см), чтобы проанализировать условия для произрастания и закрепления на данной территории кальцефитных группировок, а так же для имитации процесса естественного зарастания местности.

По прошествии полутора лет с момента закладки экспериментальной площадки на контрольных участках растительный состав следующий:

- 1) Участок с нанесенными на поверхность мела компостированными бытовыми отходами: проективное покрытие площадки растительность составило около 45%. Представлены виды: латук компасный,

одуванчик поздний, крестовник, пижма, дымянка лекарственная [17]. Вид-доминант сообщества: латук компасный. Высота травостоя 15 см.



Рис. 2.7. Общий вид на участок с нанесенными на поверхность мела компостируемыми бытовыми отходами

2) Участок с нанесением гумата калия марки «ЭкоОрганика»: проективное покрытие площадки растительностью составило около 25%. Представлены виды: одуванчик поздний, латук компасный, цикорий [17]. Вид-доминант сообщества: одуванчик поздний. Высота травостоя 15 см.



Рис. 2.8. Общий вид на участок с нанесением на поверхность мела гумата калия марки «ЭкоОрганика»

3) Контрольный участок: проективное покрытие растительностью составило около 3-5%. Представлены виды: латук компасный, левкой [17]. Вид-доминант сообщества: одуванчик поздний. Высота травостоя 5-10 см.



Рис. 2.9. Общий вид на контрольный участок

Стоит заметить, что на участках экспериментальной площадки отношения между видов еще не сформированы и по данной причине есть присутствие рудеральных видов.



Рис. 2.10. Общий вид на экспериментальную площадку в с. Безлюдовка

Экспериментальная площадка в с. Стрелецкое.

На экспериментальной площадке в с. Стрелецкое фоновыми растительными сообществами являются злаковые. На местах активной сукцессии растительности на меловых обнажениях проективное покрытие составляет около 70%.

За время, прошедшее с момента разработки месторождения мела, на данной местности успел сформироваться фитоценоз с высотой травостоя 20 см.

Сукцессия происходит с преобладанием на первых стадиях растений, которые толерантны к условиям среды и рудеральных видов. Преобладает дымянка.

На следующей стадии, формирования устойчивого фитоценоза, происходит замещение преимущественно на злаковые растения.

Экспериментальная площадка заложена 11 октября 2015 г. на выположенном участке днища карьера, с низким проективным покрытием. Размеры площадки 3х5 м. Новообразованный почвенно-растительный покров зачищен на глубину 5 см. Эксперимент заложен в 3-х вариантах:

Вариант 1. С нанесением 5 см лёссовидного суглинка, сено-семенной смеси и жидкого навозного стока.

Вариант 2. С внесением жидкого навозного стока и сено-семенной смеси;

Вариант 3. С внесением сено-семенной смеси, без стимулирующих добавок (контроль).

Норма внесения жидкого навозного стока 0,8 л/м². Внесение сено-семенной смеси соответствует формированию подстилки мощностью 1-1,5 см. Сено-семенная смесь заготовлена в фоновых кальцефитных сообществах и остепнённых участках склонов балки «Палкин Яр».

Химические свойства жидкого навозного стока определяются наличием большого количества элементов почвенного плодородия: азот, фосфор,

калий. Так же содержание тяжелых металлов остается на незначительном уровне.



Рис. 2.11. Экспериментальная площадка в с. Стрелецкое. 2016 г.

По прошествии полугода на площадке в с. Стрелецкое был произведен учет всхожести растений. Результаты представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Учет всхожести растений на экспериментальной площадке в с. Стрелецкое на 15 мая 2016

№ участка	Количество всходов на 1м ²	Количество растений по группам
1	168	Пырей – 23 Латук – 30 Остальные - 115
2	136	Другие - 136
3	51	Другие - 51

Наибольшее количество ростков приходится на участок №1 с нанесением лёссовидного суглинка и жидким навозным стоком.

Достигнуто это было путем активации почвенных процессов, увеличения запасов органического вещества с помощью субстрата и общего улучшения физико-химических свойств субстрата.

На момент 2018 года растительный состав на экспериментальной площадке в с. Стрелецкое следующий:

1) Участок с нанесением 5 см лёссовидного суглинка, сено-семенной смеси и жидкого навозного стока: проективное покрытие растительностью составило около 65%. Представлены виды: костер безостый, остролодочник волосистый, одуванчик поздний, полынь горькая, иссоп меловой [17]. Вид-доминант сообщества: иссоп меловой. Высота травостоя: 15-20 см.



Рис. 2.12. Общий вид участка с нанесением 5 см лёссовидного суглинка, сено-семенной смеси и жидкого навозного стока

2) Участок с нанесением жидкого навозного стока и сено-семенной смеси: проективное покрытие растительностью составило около 60%. Представлены виды: латук компасный, осот желтый, дымянка [17]. Вид-доминант сообщества: дымянка. Высота травостоя: 10 см.



Рис. 2.13. Общий вид участка с нанесением жидкого навозного стока и сено-семенной смеси

3) Контрольный участок: проективное покрытие менее 5%. Представлены виды: дымянка [17]. Вид-доминант сообщества: дымянка. Высота травостоя: 5 см.



Рис. 2.14. Контрольный участок



Рис. 2.15. Общий вид на экспериментальную площадку в с. Стрелецкое
на момент июня 2018 года

Замечено, что на участке, на котором вносился суглинок идет быстрое остепнение и видовой состав постепенно начинает соответствовать степным группировкам [4].

На участке с минеральным субстратом, который так же был полит навозным стоком, но без внесения суглинка, начинается постепенная деградация по краям и остается только ядро фитоценоза, которое образовалось в первые годы сукцессии.

Экспериментальная площадка на отвалах ОАО «Лебединский ГОК».

В 2012 году сотрудниками кафедры природопользования и земельного кадастра был заложен долгосрочный эксперимент по стимулированию процесса естественного зарастания карьерно-отвальных геоконплексов путем использования осадка коммунальных сточных вод.



Рис. 2.16. Создание экспериментальной площадки на отвалах ОАО «Лебединский ГОК» (Автор фото: Макасева Е.И)

Ренатурационная смесь наносилась на элювий окисленных кварцитов мощностью 5-7 см. Далее на смесь наносился слой сено-семенной смеси из фоновых сообществ. Спустя год растительное сообщество было представлено следующими видами [23]: донник, костер кровельный, крестовник Якова, полынь обыкновенная амброзия полыннолистная, осот розовый.

Спустя два года видовой состав существенно изменился в сторону увеличения растительного биоразнообразия и состоял из следующих видов: донник лекарственный, костер кровельный, крестовник Якова, короставник полевой, донник белый, молокан татарский, качим метельчатый, цикорий обыкновенный, осот полевой, клевер красный, пижма обыкновенная, люцерна посевная, вейник наземный, репешок обыкновенный и др. [19].



Рис. 2.17. Общий вид на экспериментальную площадку на отвалах окисленных кварцитов ОАО «Лебединский ГОК» в 2017 году

2.4. Лимитирующие факторы естественного зарастания и формирования устойчивых растительных сообществ

В сукцессионном процессе можно выявить ряд закономерностей. В первую очередь это относительно небольшое видовое разнообразие на начальных стадиях, постепенное замещение видов в данной экосистеме, постепенное совершенствование круговорота биогенных веществ. Весь процесс можно разделить на два этапа: деятельность автотрофных организмов и развитие гетеротрофных за счет накопленного органического вещества.

Во время любого сукцессионного процесса наступает стадия климакса – период когда вся первичная продукция расходуется на питание и дыхание гетеротрофов, без накопления органического вещества при максимальном количестве биомассы. В этот момент экосистема считается достигшей своей зрелости и сукцессионный процесс останавливается.

В данном случае климаксная стадия является основным ограничением для сукцессионного процесса

Однако на скорость протекания сукцессии как лимитирующие факторы влияют так же: эдафические условия, климатические условия, техногенное вмешательство.

Условия подстиляющей породы являются одним из важнейших факторов для развития сукцессии. Наличие минеральных веществ, органического вещества почвы и физических свойств субстрата определяют скорость развития сукцессии в качестве ограничительного фактора среды.

Климатические условия обуславливают активность фотосинтетических процессов и как следствие, деятельность автотрофов, которые обеспечивают накопление первичного органического вещества.

Техногенное вмешательство выступает в данном случае как деструктивный фактор, который может помешать сукцессионному процессу только при его проявлении. Может быть постоянным или кратковременным.

Для мело-мергельных пород имеется несколько факторов, которые влияют на скорость зарастания поверхности субстрата и на заселение среды почвенной фауной:

- водородный показатель pH;
- плотность;
- твердость;
- влагоемкость;
- преобладание определенных химических веществ;
- пористость.

Физические факторы среды мело-мергельных пород.

Влагоемкость, пористость, плотность, твердость – данные факторы регулируют гидро-термический режим для данного субстрата. Физический фактор среды напрямую влияет на скорость гумификации органических остатков и как следствие, на накопление питательных веществ для автотрофов.

В свою очередь, чрезмерная плотность породы создает неблагоприятные условия для развития корневой системы первичных продуцентов. Лимитируется режим питания для фитомассы данного сообщества, что ингибирует процесс накопления гуминовых веществ в период вегетации.

Для почвенной фауны так же большое значение имеют физические характеристики породы. Вследствие низкой пористости, повышенной твердости, плотности, фауне создаются условия, которые находятся на границе предела выносливости данных видов.



Рис. 2.18. Уплотненный мел на месторождении мела
в с. Стрелецкое

Химические факторы среды мело-мергельных пород.

Преобладание определенных химических веществ и водородный показатель рН оказывают значительное влияние на флору среды. Слабо-щелочная среда мело-мергельных пород ограничивает развитие инвазивных видов на субстрате. В данной среде удовлетворительными показателями адаптации к условиям демонстрируют кальцефитные сообщества.

Возможно резкое отклонение химического состава от фоновой среды на определенных субстратах. Связано это может быть как с антропогенным, так и с природным загрязнением среды. Присутствие карбонатов и слабо-щелочной среды оказывают негативное влияние на миграцию химических веществ по почвенному профилю. Наличие поллютантов в среде приводит к увеличению концентрации установленных химических веществ, что может превысить пороговое значение, для произрастающих на данной местности фитоценозов.

Ограничение сукцессионных процессов на отвалах окисленных кварцитов вызвано несколькими факторами:

- водородный показатель рН;
- твердость;
- сцементированность;
- преобладание железа, повышенное содержание никеля, меди [22];
- низкие показатели гумусированности.

Так же необходимо заметить, что на процесс естественного зарастания так же влияет и высокое альbedo субстрата (нарушенных карьерными разработками месторождения мелов), что существенно препятствует произрастанию фоновых видов из-за высокого коэффициента отражения солнечной радиации.

Физические факторы для вскрышных пород окисленных кварцитов.

Вскрышные породы карьеров открытой разработки железных руд Курской магнитной аномалии представлены четвертичными суглинками, песками разного происхождения, песчано-меловыми и мело-мергельными смесями. Высокая плотность, твердость, и сцементированность горных пород выступают как жесткий лимитирующий фактор для проживания почвенной фауны на данной территории.

Ограничением для зарастания данной территории фоновыми растительными сообществами так же выступает и высокое содержание тяжелых металлов в отвальных геоконплексах.



Рис. 2.19. Отвал окисленных кварцитов ОАО «Лебединский ГОК»

Таким образом, зачастую ренатурирование техногенных отвалов сильно затруднено из-за эдафических условий. В последствии техногенного вмешательства нарушенные земли становятся малопригодными для биологической рекультивации в связи с гранулометрическим составом и агрохимическими свойствами. Решением проблемы низкой продуктивности агроземов является изменение почвенных условий при использовании различных субстратов. Использование их позволит улучшить физико-химические характеристики рекультиваруемых техногенных нарушений.

По результатам полевых выездов и лабораторного анализа образцов с мело-мергельных отвалов (май 2018 года) и отвалов окисленных кварцитов (сентябрь 2017 года) ОАО «Лебединский ГОК» были получены следующие данные рентгенофлуоресцентного анализа (табл. 2.2):

Таблица 2.2

Среднее содержание химических элементов в мелкозёме отвалов окисленных кварцитов и отвалов мело-мергельных пород ОАО «Лебединский ГОК»

Показатели химического состава	Отвалы окисленных кварцитов	Отвалы мело-мергельных пород
Zn	66,89	52,47
Cr	120,69	96,19
Ni	45,34	30,45
Cu	25,13	42,01
Pb	11,45	51,53

В среднем отвалы окисленных кварцитов имеют более высокое содержание Zn, Cr и Ni, чем мело-мергельные отвалы, что вполне закономерно, так как в вскрышных породах окисленных кварцитов железо зачастую сопровождается комплекс других тяжелых металлов, образованных попутно в процессе метаморфизации.

По данным полевых наблюдений установлено, что зарастание свежих отвалов скальной вскрыши происходит медленнее, чем отвалов рыхлой вскрыши. В соответствии с ГОСТ 17.5.1.03-86 данные отвалы вскрышных пород относятся к группам малопригодных и непригодных для проведения биологической рекультивации. Таким образом, оба типа вскрышных пород Лебединского ГОКа нуждаются в стимулировании зарастания и естественного почвообразования при ренатурировании.

Глава 3. Результаты экспериментов по ренатурированию поверхности техногенных отвалов

В данной главе описаны мероприятия по ренатурированию техногенных нарушений на отвалах ОАО «Лебединский ГОК» и отвалах мело-мергельных пород. Так же предложена технология ренатурирования и описан принцип данного метода.

3.1. Результаты экспериментов по ренатурированию на меловых отвалах

Для проверки различных методик ренатурирования техногенных нарушений на меловых отвалах были заложены экспериментальные площадки в с. Стрелецкое и с. Безлюдовка. Проверялись различные субстраты и органические стимуляторы естественного зарастания, такие как: суглинок, компостированные отходы, жидкий навозный сток, гумат калия марки «ЭкоОрганика».

Экспериментальная площадка в с. Безлюдовка.

Экспериментальная площадка была поделена на три контрольных участка. Проводилась апробация двух методов изменения эдафических свойств субстрата и ускорения естественного зарастания:

- использование компостированных бытовых отходов;
- использование гумата калия марки «ЭкоОрганика».

Использование компостированных бытовых отходов обусловлено большим содержанием органических веществ на основе минеральной матрицы, что позволит биоценозу на контрольном участке продолжительное время использовать запас гумусовых веществ субстрата. Так же применение отходов в качестве ренатурационной смеси позволит выявить возможность использования их в целях утилизации органических бытовых отходов.

Использование гумата калия марки «ЭкоОрганика» позволит сопоставить эффект от внесения различных видов стимуляторов в качестве ренатурационной смеси: минеральные субстраты и жидкие стимуляторы зарастания и формирования фитоценоза.

Гумат калия – вещество, полученное с низинного торфа путем выщелачивания. За счет природного технологического подхода при приготовлении данного препарата (окисление озоном и газами воздуха) происходит сохранение и накопление природных биологически активных веществ в высоком титре, которые стабилизируются за счет отрицательно заряженной гумусовой кислоты. Помимо гумусовых кислот стабилизирующим, а так же хелатирующим веществом в препарате выступает лимонная кислота и две других. «ЭКООРГАНИКА» содержит в себе 20 аминокислот, 11 витаминов, практически весь спектр известных микро и макроэлементов [13]. Кроме того, выбор данного стимулятора связан с распространённостью в научной литературе рекомендаций об использовании гумусовых препаратов для экологической реабилитации почв и грунтов. Наконец, разработчики данного препарата сами обратились к нам с просьбой испытать данный препарат на отвалах.

На каждый контрольный участок наносилась сено-семенная смесь из фоновых кальцефитных сообществ. Почвозащитные мероприятия заключались в формировании 1-2 см. слоя дернины, для защиты нанесенного на поверхность субстрата от ветровой и водной эрозии.

Данные по результатам изменения почвенных свойств на экспериментальной площадке были получены в результате полевых выездов и лабораторного анализа образцов. Результаты представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

**Результаты использования ренатурационных смесей на
экспериментальной площадке в с. Безлюдовка**

Год	Контрольный участок	pH _{вод.}	Плотность сложения почвы, г/см ³	Содержание CO ₂ %	Общее содержание гумуса, %
2017	Компостированные бытовые отходы	7,58	-	10,59	6,971
	Гумат калия	7,68	-	39,88	1,304
	Контрольный участок	7,93	-	40,72	0,955
2018	Компостированные бытовые отходы	7,50	0,77	18,80	3,933
	Гумат калия	7,81	1,02	40,03	0,815
	Контрольный участок	7,85	1,03	39,78	0,768

Определение показаний производилось по следующим методикам:

- pH - из водной вытяжки почвенной суспензии потенциометрическим методом при помощи pH-метра-иономера серии «Экотест»;
- плотность сложения почвы – определялось посредством отбора проб при помощи почвенных колец с последующей сушкой в термостате;
- содержание CO₂ % – производилось по методике определения содержания карбонатов ацидиметрическим методом;
- общее содержание гумуса – производилось по методике определения общего содержания гумуса в почве методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова.

В результате проведенных мероприятий удалось достичь:

1. Водородный показатель pH на участке с внесением компостированных бытовых отходов сократился на 0,35 через год при

внесении субстрата на контрольную площадку, что способствует изменению реакции среды со слабощелочной в сторону нейтральной. Это является положительным фактором для процесса естественного зарастания и создания благоприятной среды для сукцессионных процессов.

На второй год проведения эксперимента данный показатель снизился еще на 0,35 по сравнению с состоянием на 2017 год и составил 7,5 единиц. Есть предположение, что водородный показатель будет и дальше снижаться в сторону нейтрализации реакции среды.

По сравнению с контрольной площадкой на момент 2018 года водородный показатель на площадке с внесением компостированных отходов снизился на 0,35. Так же продолжает наблюдаться динамика постепенной нейтрализации среды.

Эффективность применения гуматов представляется мало перспективной в связи с тем, что улучшение ситуации в сторону нейтрализации среды наблюдается лишь в первый год после нанесения на поверхность. Снижение по сравнению с контрольной площадкой составило 4 % и на второй год использования водородный показатель на площадке с нанесением гумата практически сравнялся с контрольной площадкой. Возможно, это связано с тем, что жидкие биоудобрения не обладают способностью закрепления на ренатурируемом субстрате и постепенно запас органических веществ либо смывается под воздействием водной эрозии, либо полностью исчерпывается фитоценозом на ранних стадиях развития.

2. Плотность сложения почвы в 2018 году снизилась на 26 % на участке с внесением компостированных отходов по сравнению с площадками с нанесением гумата калия и контрольной площадкой.

Данные показания напрямую влияют на плотность и твердость рекультивируемой породы. В результате проведенных мероприятий и снижения плотности сложения можно утверждать, что увеличилась степень аэрации ризосферы и газовый обмен между почвенной средой и газами атмосферы протекает намного эффективнее, нежели на участках с

применением гуматов или же участков, на которых не проводились другие мероприятия по ренатурации, кроме внесения сено-семенной смеси.

Так же в процессе полевых выездов и лабораторного анализа не проводились измерения альбедо почвенного покрова, однако можно утверждать, что после нанесения субстрата на поверхность меловых отложений альбедо резко снизилось, что улучшило прогрев субстрата на начало периода вегетации фитоценоза.

3. Содержание CO_2 карбонатов %: в первый сезон после нанесения компостированных отходов содержание карбонатов снизилось на 76 %, что плодотворно влияет на процесс естественного зарастания и позволит в дальнейшем развиваться динамике снижения уровня водородного показателя. Так же с уменьшением содержания карбонатов в почвенном покрове увеличивается подвижность многих веществ, что ускоряет процессы обмена и накопления органического вещества.

На следующий год эксперимента, во время лабораторного анализа 2018 года, было выявлено, что общее содержание карбонатов на участке с внесением компостированных отходов увеличилось на 8 %. Связано это с постепенным контактом материнской породы с нанесенным субстратом и проникновением карбонатов вверх по почвенному профилю.

На участках с применением гумата калия в первый год проведения эксперимента суммарный процент содержания карбонатов по сравнению с контрольной площадкой сократился не существенно (на второй год проведения эксперимента практически сравнялся с показаниями контроля) и утверждать, что данный метод применим для снижения количества карбонатов на меловых отвалах нельзя.

4. Общее содержание гумуса на площадке с применением компоста за сезон составило 6,971 %, что составило прирост органического вещества в 7,5 раз по сравнению с контрольной площадкой. Однако, за счет развития фитоценоза и постоянного роста биомассы на контрольном участке общее содержание гумуса за сезон сократилось почти вдвое до 3,933 % в 2018 году.

Данное явление вполне закономерно, по причине того, что сообщество на данный момент не прошло свою климаксную стадию и сейчас оно активно потребляет запасы органических и минеральных веществ чтобы создать устойчивые видовые взаимоотношения на контрольной площадке.

Относительно участка с применением гумата калия, в первый год развития эксперимента процент содержания гумуса увеличился на 27 % по сравнению с контрольной площадкой. На второй год (по состоянию на 2018 год) процент содержания гумуса практически сравнялся с контрольной площадкой, что дает возможность сделать вывод о том, что использование гуматов не является эффективной мерой по стимулированию процессов накопления органического вещества в экосистеме.



Рис. 3.1. Динамика зарастания экспериментальной площадки в с. Безлюдовка (А- май 2018 года; Б – 2016)

В итоге результаты эксперимента в с. Безлюдовка показали, что наиболее оптимальным вариантом для ренатурации антропогенно-нарушенных ландшафтов является использование различных субстратов, которые необходимо наносить непосредственно на места техногенных нарушений. Использование жидких органических удобрений не позволяет снизить или существенно изменить физико-химические факторы ренатурируемого ландшафта, что в свою очередь является серьезным

ограничением для процессов естественного зарастания и формирования устойчивого фитоценоза на данной местности.

Экспериментальная площадка в с. Стрелецкое.

На территории экспериментальной площадки в с. Стрелецкое были проверены два варианта ренатурационных смесей:

- использование суглинка, как субстрата, улучшающие эдафические характеристики;

- использование жидкого навозного стока, как активатора естественного зарастания.

Участок эксперимента так же был поделен на три контрольных участка:

Вариант № 1: участок с нанесением суглинка и жидкого навозного стока;

Вариант № 2: участок с нанесением жидкого навозного стока;

Вариант № 3: контрольный участок.

Так же, как и в ранее описанном эксперименте, на контрольные участки была нанесена сено-семенная смесь и мульчирующие компоненты в виде дернины, которая так же выполняла и почвозащитную функцию.

Результаты по использованию данных вариантов ренатурационной смеси в двухгодичном цикле представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

**Результаты использования ренатурационных смесей на
экспериментальном участке в с. Стрелецкое**

Год	Контрольный участок	pH _{вод}	Плотность сложения почвы, г/см ³	Содержание CO ₂ %	Общее содержание гумуса, %
2016	Суглинок и жидкий навозный сток	8,06	0,92	11,99	1,53
	Жидкий навозный сток	7,95	0,92	94,53	1,31
	Контроль	8,09	0,96	97,44	0,26
2018	Суглинок и жидкий навозный сток	7,78	0,92	12,63	1,38
	Жидкий навозный сток	7,95	1,03	41,76	0,59
	Контроль	7,70	1,09	41,86	0,44

В результате, при помощи полученных данных можно заключить следующие выводы:

1. Показания pH: при внесении суглинка и жидкого навозного стока в первый год изменения не значительны при сопоставлении с контрольным участком. Однако при внесении жидкого навозного стока наблюдается уменьшение водородного показателя на 0,14 в сторону более нейтральной среды. На второй год наблюдения эксперимент субстрат в виде нанесенного на поверхность суглинка заметно снижает уровень щелочности среды. На 0,31 в соответствии с первым годом наблюдения. Возможно предположить, что под влиянием внешних факторов среды субстрат постепенно вступает в

реакцию с меловыми отложениями и постепенно снижает уровень щелочности. Так же вероятно предположить, что снижение водородного показателя продолжится и в дальнейшем.

Жидкий навозный сток, нанесенный на поверхность мела, снизил показания рН лишь только в первый год наблюдения эксперимента. На второй год наблюдения контрольный участок с нанесением жидкого навозного стока начал проявлять щелочную реакцию среды. Связано это с тем, что жидкие компоненты не могут закрепиться на поверхности и постепенно смываются в результате водной эрозии.

2. Плотность сложения почвы. В результате нанесения субстрата на поверхность удалось снизить плотность породы на 5 % по сравнению с контрольным участком, что позволило снизить плотность и твердость породы и увеличить аэрацию почвенного покрова. На момент 2018 года плотность сложения так же снизилась по сравнению с контрольным участком на 17 %. Связано это с тем, что мелкодисперсные частицы субстрата влияют как деструктивный фактор на плотные и твердые меловые отложения и под воздействием климатических факторов постепенно разрыхляют поверхность меловых агрегатов постепенно заполняя образовавшиеся трещины и пустоты.

При внесении жидкого навозного стока на поверхность по прошествии двух лет с момента начала эксперимента плотность сложения почвы существенно не изменилась, что позволяет сделать вывод, что внесение жидких органических удобрений не позволит существенно снизить плотность породы.

3. Общее содержание CO_2 %: при внесении суглинка с жидким навозным стоком на первом контрольном участке в первый год резко снизилось содержание CO_2 в породе. Снижение произошло с 97 % до 11 %, что составило снижение содержания CO_2 в 8 раз по сравнению с контрольным участком. Связано это с низким содержанием карбонатов в наносимом на поверхность суглинистом субстрате. На второй год наблюдения общее содержание карбонатов в почвенном профиле

увеличилось на 1 % и составило 12 %. Связано это с контактом ренатурируемой поверхности и нанесенным субстратом в процессе постоянного воздействия климатического фактора. Можно предполагать, что в следующие года наблюдения содержание карбонатов на первом контрольном участке увеличится, но не значительно.

При внесении жидкого навозного стока процентное содержание карбонатов сократилось не значительно, и снижение составило около 3 %. Снижение общего содержания CO_2 , возможно, произошло за счет того, что жидкий навозный сток, являясь продуктом ферментизации животноводческих стоков в момент нанесения обладал слабокислой средой, что и обусловило снижение уровня карбонатов. На второй год наблюдения содержание карбонатов на площадке с нанесенным жидким навозным стоком и на контрольном участке оказалось практически равным. Связано это с тем, что жидкие органические удобрения подобного типа не могут существенно снизить общее содержание карбонатов за счет постепенного смыва в процессе водной эрозии.

4. Общее содержание гумуса: в первый год после нанесения суглинка и жидкого навозного стока содержание гумуса в почве повысилось на 83 % по сравнению с контрольным участком и составило 1,53 %. На следующий год наблюдения количество гумуса на контрольной площадке сократилось до 1,375 %, что связано с тем, что активизированный на данной площадке биоценоз активно потребляет органические и минеральные вещества субстрата для поддержания своей жизнеспособности. Климаксная стадия для несформированного сообщества еще не пройдена и по данной причине на контрольной площадке пока наблюдается процесс расходования органического вещества, а не накопления.

На площадке с внесением жидкого навозного стока общее количество гумуса по сравнению с контрольной площадкой возросло на 80 %. Объясняется это причиной того, что жидкий навозный сток является органическим удобрением и при лабораторной оценке общего содержания

гумуса, органическое вещество раствора принимается за гумус. По прошествии второго года существования экспериментальной площадки, на контрольном участке с нанесением жидкого навозного стока общее содержание гумуса сократилось более чем на 66 % и составило 0,586 %. Такие резкие изменения общего содержания гумуса объясняются спецификой применения жидких органических стимуляторов.



А)

Б)

Рис. 3.1. Динамика зарастания экспериментальной площадки в с. Стрелецкое (А – 2016 год; Б – 2018 год)

В итоге, по результатам двухлетних наблюдений на экспериментальной площадке в с. Стрелецкое можно сделать вывод о том, что жидкие варианты ренатурационных смесей не являются эффективными и перспективными. Оптимальным представляется использование твёрдых субстратов, поскольку они могут выступать не только как источник органических и минеральных веществ, но и буферной зоной, в которой возможно постепенное накопление органического вещества. Они так же эффективны для улучшения эдафических характеристик ренатурируемых поверхностей, что позволит создать условия для ускорения процессов растительной сукцессии.

Отвалы мело-мергельных пород ОАО «Лебединский ГОК».

В процессе добычи железистых кварцитов на карьере ОАО «Лебединский ГОК» при прохождении пород юрского периода в процессе разработки образовывается значительное количество вскрышных мело-мергельных пород. Данные отложения транспортируются железнодорожным способом и складированы в отвалы. Описываемый отвал, общей площадью около 4 км², находится по правому берегу реки Осколец в 10 км. к востоку от города Губкин и 9 км. к западу от города Старый Оскол (51° .28' с.ш. и 37° .69' в.д.).

Общий вид отвалов: гребневидные с террасированными склонами.



Рис. 3.2. Картограмма расположения отвалов мело-мергельных пород ОАО «Лебединский ГОК» (получено с помощью базы геоданных GoogleEarth)

Субстратная характеристика отвалов мело-мергельных пород заключается в том, что данные отвалы сформированы не только из мело-мергельных пород, но так же из вмещающих четвертичных отложений глин и

суглинков, что делает их пригодными для проведения мероприятий по ренатурированию.

В случае ренатурирования склонов отвалов предполагается нанести на поверхность отвалов субстрат из глин или суглинков, что позволит снизить альбедо породы и повысить влагозадерживающую способность обрабатываемых грунтов, собрать сено-семенную смесь травянистых кальцефитных сообществ и внести данную смесь на поверхность подготовленных отвалов вместе с мульчирующими компонентами, для защиты субстрата от водной и ветровой эрозии в первый цикл становления фитоценоза на отвалах.

3.2. Результаты эксперимента по ренатурированию на отвалах окисленных кварцитов ОАО «Лебединский ГОК»

На площадке, на отвалах окисленных кварцитов ОАО «Лебединский ГОК» проводилась апробация пригодности осадка сточных вод для проведения ренатурации сотрудниками кафедры природопользования и земельного кадастра.

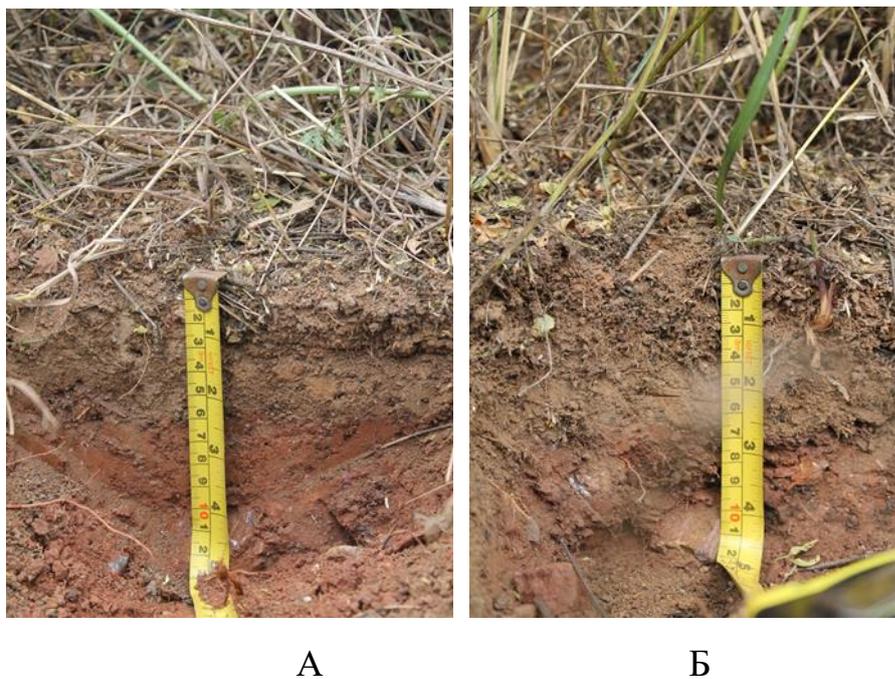
Участок был поделен на три варианта:

- участок с применением субстрата из ОСВ на возвышении микрорельефа;
- участок с применением субстрата на понижении микрорельефа;
- контрольный участок.

После одного сезона на участке был сформирован плотный растительный покров и за один сезон, экосистема смогла накопить первичный растительный опад. Вид-доминант в растительном сообществе: костер безостый, донник [20].

На второй год проведения эксперимента растительный покров участка уже имел высоту около 90 см. Общее проективное покрытие составило 75-80 % [20].

Мощность образованной подстилки составила около 3 мм, местами отсутствовала. Мощность оструктуренного слоя субстрата равнялась около 12 мм, был морфологически хорошо отделен от остальной массы субстрата. Ризосфера густо пронизана корнями [21].



*Рис. 3.3. Субстрат двух лет экспозиции
(А – низина; Б – возвышенность)
(автор фото – Макаеева Е.И.)*

В результате использования ОСВ в качестве ренатурационной смеси за два года прибавка в гумусе составила 1,3 % на участке на возвышении микрорельефа и 1,7 % на участке понижения микрорельефа относительно контрольной площадки. За два года среднее содержание углерода составило 1,72 % на возвышении микрорельефа, 1,96 % на участке понижения микрорельефа и 0,98 на контрольном участке [20].

В итоге на экспериментальной площадке был сформирован устойчивый фитоценоз и был образован эмбриозем с первичным накоплением гумуса.

3.3. Технология ренатурирования

На данный момент в технологиях рекультивации нарушенных земель есть существенный недостаток – главными показателями успешной рекультивации считаются такие показатели как: количество органического вещества, создание устойчивой растительной группировки, закрепление поверхности растительным покровом.

В традиционном рекультивационном подходе имеется ряд случаев, когда проведенные мероприятия не привели к должному результату. Растительная группировка доходила до климаксовой стадии и далее наблюдался резкий спад активности аллогенного для данной территории фитоценоза. Сукцессия постепенно затухала и начиналась ускоренная деградация сообщества, начиная от периферийной части активного зарастания и постепенно добираясь до ядра искусственного насаждения. Примером подобной неудачи традиционного рекультивационного подхода можно считать ситуацию на отвалах ОАО «Лебединский ГОК», где для мероприятий по восстановлению среды использовался чужеродный для данной экосистемы вид – сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) [22].

Причиной является то, что не ведется учет того, что на данной местности уже был когда-то сформирован естественный ландшафт с соответствующими ему растительными группировками. Сукцессионный процесс развивается десятками лет и впоследствии он приходит к состоянию динамического равновесия со средой обитания. Фитоценоз в данной экологической нише приспособлен к климатическим, эдафическим и конкурентным условиям существования.

Ввиду вышеперечисленных факторов предполагается ренатурирование антропогенно-нарушенных земель.

Ренатурация – совокупность процессов естественного воспроизводства компонентов и функционирования (самоорганизации, автопоэзиса) природной геосистемы, нарушенной (разрушенной) в результате антропогенного воздействия, а также природную эволюцию антропогенной (природно-технической) геосистемы, в которой была прекращена хозяйственная деятельность [7].

Главной целью ренатурационного подхода является идея возврата нарушенных ландшафтов в их естественное состояние с помощью уцелевшей фоновой растительности.

Для достижения этой цели необходимо не только добиться начала стадии активного зарастания поверхности, но и прохождения растительной группировкой климаксной стадии – момента, когда фитоценоз начнет не только потреблять органические и минеральные вещества для поддержания своей жизнеспособности, но и постепенно накапливать, трансформировать условия среды под наиболее благоприятные. Это момент, когда вся первичная продукция гетеротрофов расходуется на питание и дыхание, без накопления органического вещества при максимальном количестве биомассы.

В методиках нетрадиционного рекультивационного подхода часто можно встретить упоминание метода агростепей, который был разработан Дзыбовым Д.С. [16]. Методика предполагает так же использование фоновых или эталонных растительных сообществ, для восстановления нарушенных ландшафтов. Однако этот метод может оказаться весьма не эффективным, если техногенные нарушения критичны и от почвенного покрова среды не осталось ничего, что помогло бы закрепиться на поверхности молодой растительной группировке на первых этапах зарастания.

Существует ряд ограничений, которые являются лимитирующим фактором для зарастания нарушенных ландшафтов. Удачно, если нарушения не фатальны и еще существует возможность использования метода

агростепей, однако зачастую приходится сталкиваться с противоположной ситуацией.

Условия подстилающей породы являются одним из важнейших факторов развития сукцессии. Наличие минеральных веществ, органического вещества почвы и физических свойств субстрата определяют скорость развития сукцессии в качестве ограничительного фактора среды.

Нарушения могут затрагивать весь почвенный профиль и делать непригодными для использования А и В горизонты почвы. Не редко можно встретить случай, когда весь корнеобитаемый слой был нарушен до уровня материнской породы. Это довольно распространено для техногенных ландшафтов карьерно-отвалных геоконплексов.

Вследствие этого формируются крайне неблагоприятные условия не только для естественного зарастания, но и для специализированных мероприятий по рекультивации.

Далее приведен лишь небольшой перечень физико-химических факторов субстрата, которые могут быть деструктивными для сукцессии:

- водородный показатель рН;
- плотность;
- твердость;
- влагоемкость;
- пористость;
- отсутствие органических веществ породы;
- цементированность.

Впоследствии техногенного вмешательства нарушенные земли становятся малопродуктивными для биологической рекультивации в связи с гранулометрическим составом и агрохимическими свойствами. Решением проблемы низкой продуктивности агроземов является изменение почвенных условий при использовании различных субстратов. Использование их позволит улучшить физико-химические характеристики рекультивируемых техногенных нарушений.

Технология ренатурирования заключается в том, что прежде, чем проводить мероприятия по рекультивации антропогенных нарушений, необходимо подготовить среду для проведения биологической части мероприятий.

Для начала предполагается изменение эдафических факторов среды в сторону более благоприятных с целью создания более благоприятных условий для зарастания территории.

Субстратом для проведения ренатурирования может выступать обширный перечень различных дополнительных стимуляторов, которые позволят изменить условия. Это может быть: ОСВ, суглинок, песок, древесные опилки, компостированные отходы, глины и др.

Большое разнообразие решений так же является экономически целесообразным, потому что не требуется использование и закупка дорогостоящих добавок и технических решений, таких как биоматы, биотекстиль и жидкие органические удобрения.

Примерная стоимость ренатурирования 1 га нарушенных земель составит около 11 тыс. рублей без учета транспортных расходов, что намного меньше, чем при использовании различных вариантов покрытий поверхности, таких как биоматы и биотекстиль.

Однако основным и ключевым положительным аспектом проведения ренатурационных работ является то, что в процессе рекультивации ландшафта не происходит замещения естественной растительностью видами-аллогенами, происходит поддержание естественного биоразнообразия местности, что является важным фактором для создания экологического каркаса данной территории.

Общая технология проведения ренатурирования сводится к следующей схеме (рис 3.4):

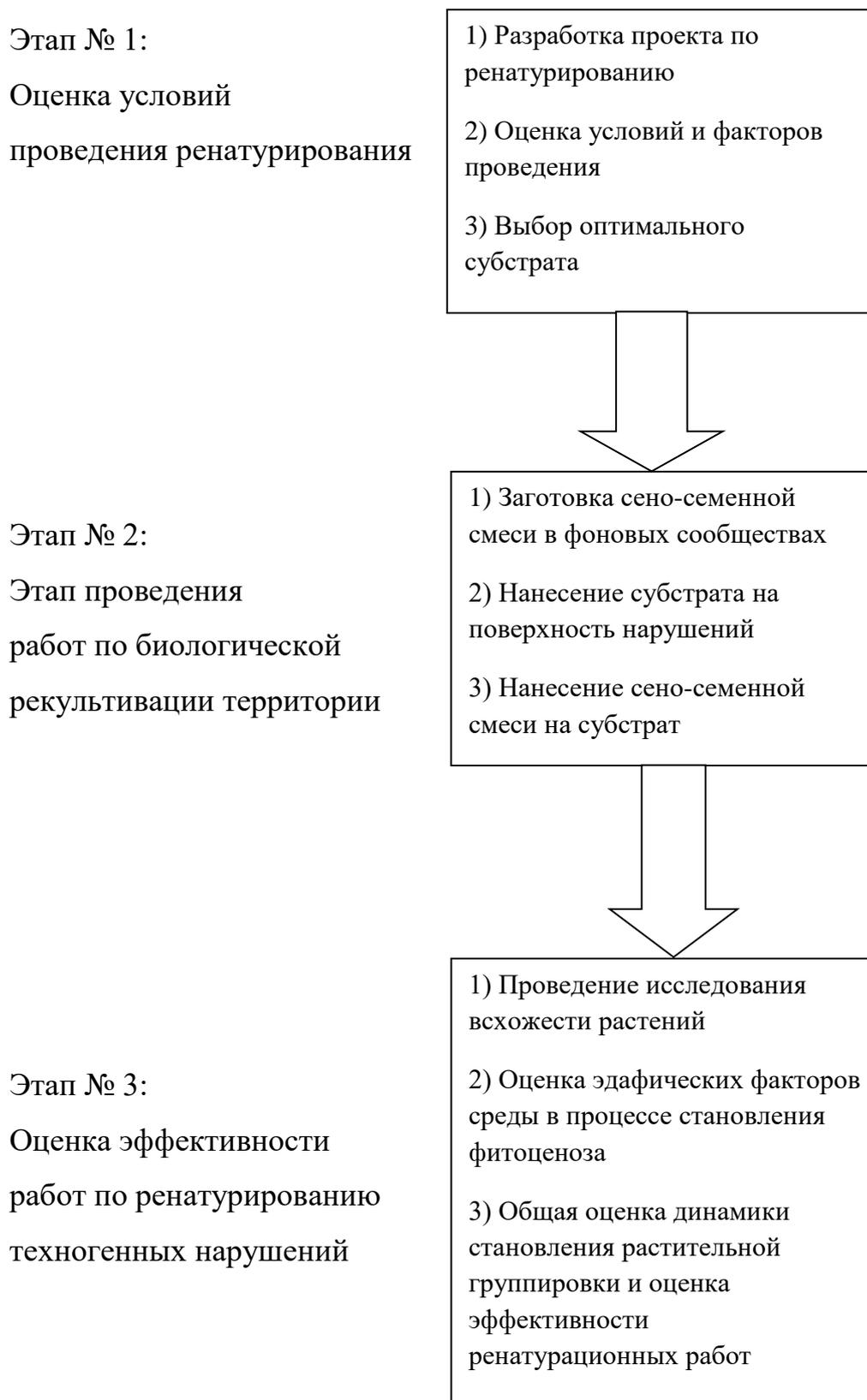


Рис 3.4. Блок-схема этапов проведения работ по ренатурированию техногенных нарушений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология ренатурирования техногенных нарушений является довольно перспективным и экономически целесообразным способом возврата нарушенных земель в экологический каркас территории.

Использование различных субстратов позволяет снизить агрессивность рекультивируемой поверхности и провести соответствующую первичную подготовку к биологическому этапу рекультивации.

Использование растительности из фоновых сообществ позволит не только создать наиболее адаптированный к условиям среды фитоценоз, но и поддержать биоразнообразие региона.

Создание буферной зоны за счет использования субстратов позволит не только закрепиться растительным сообществам на первых стадиях сукцессии, но и послужит определенным запасом органических и минеральных веществ, которые являются жизненно необходимыми для новообразованного сообщества. В ходе проведенных нами экспериментов установлено, что процесс накопления органического вещества протекает довольно медленно, если он происходит в агрессивных условиях среды.

Проведенные исследования различных субстратов и стимуляторов формирования фитоценоза так же показали, что использование жидких стимуляторов формирования фитоценоза и стимулирования почвенной активности не является приоритетным направлением ввиду краткосрочного периода действия. Нанесенный на поверхность жидкий стимулятор подвергается сильному выносу за пределы активной зоны корнеобитания и формирования дернового горизонта, использование мульчирующей подстилки мало способствует закреплению эффекта первичной стимуляции сукцессии.

Перед проведением биологического этапа ренатурации необходимо подготовить ренатурируемую породу к нанесению сено-семенной смеси, для

этого требуется снизить действие негативных физико-химических факторов среды.

Ввиду вышеперечисленного, дальнейшим и приоритетным направлением развития ренатурационного подхода является использование различных твёрдых субстратов, наносимых на нарушенные поверхности, с определением наиболее подходящего под различные эдафические условия состава смеси. В качестве таких стимуляторов могут выступить осадок сточных вод, компост, отходы сахарного производства и другой перерабатывающей промышленности. При этом в составе ренатурационных смесей целесообразно использовать минеральный компонент (в лучшем случае – лёссовидные суглинки), который выполняет роль матрицы для гумусообразования и улучшает эдафические свойства неблагоприятных субстратов.

Тем не менее, учитывая первичный эффект от применения жидких стимуляторов, возможно их использование в качестве дополнительных стимуляторов сукцессий и почвообразования неоднократного применения, что позволит фитоценозам быстрее пройти начальные стадии накопления органического вещества. Однако это предположение требует дальнейшего экспериментального обоснования. Отметим также, что при использовании жидкого навозного стока для стимулирования зарастания и почвообразования возможно решение проблемы утилизации данного распространённого вида отхода животноводства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Белгородской области – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 91 с.
2. Агроклиматический справочник Белгородской области. Под ред. А.П. Говорухина. Л., Гидрометеиздат, 1959 г., 124 с.
3. Агротех – Режим доступа: <http://www.agrotehcom.ru/retailment/organic>
4. Алехин В.В. Растительный покров степей Центрально-Черноземной области. - Воронеж: Изд- во Союза общества и организаций по изуч. ЦЧО, 1925.- 102 с., 1-4 с.
5. Альbedo почвы – Режим доступа: <https://pochvovedenie.academic.ru/1378>.
6. Голеусов, П.В. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П.В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
7. Голеусов, П.В. Ренатурация техногенно нарушенных земель / П.В. Голеусов // Экология ЦЧО РФ. – 2002. – №2 (9). – С. 121-124.
8. Голибкин, Н. И. Железные руда КМА / Н. И. Голибкин, Н. Д. Кононов, В. П. Орлов. – М. : Геоинформмарк, 2001. – 615 с.
9. ГОСТ 17.4.3.02-85 - 1985 Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ; Введ.1987-01-01. М., 1987.
10. ГОСТ 17.5.1.01-83 – 1984 Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. Взамен ГОСТ 17.5.1.01-78; введ.1984-07-01. М., 1984
11. ГОСТ 17.5.1.02-85 – 1985 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. Взамен ГОСТ 17.5.1.02-78; введ. 1986-01-01. М., 1986

12. ГОСТ 17.5.1.03-86 – 1986 Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. Взамен ГОСТ 17.5.1.03-78; введ. 1988-01-01. М., 1986

13. Гумат калия «ЭкоОрганика» [Электронный ресурс]. — 1 электрон. опт. диск (CD- ROM) : зв., цв. ; 12 см + прил.

14. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флористические находки в Восточных и Юго-восточных районах Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013. Материалы межрегион. научн. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). – Курск, 2013. – С. 16-20.

15. Дегтярь, А. В. Экология Белогорья в цифрах / А. В. Дегтярь, О. И. Григорьева, Р. Ю. Татаринцев. – Белгород : Константа, 2016. – 122 с.

16. Дзыбов, Д.С. Агростепи /Д.С. Дзыбов. – Ставрополь: Агрус, 2010. – 256 с.

17. Жизнь на мелу – Режим доступа : <http://chalksteppe.org/ru/flora-and-fauna/photo-guide/typical-chalk-plants.html>

18. Климат Белгородской области – Режим доступа : http://www.ecorodinki.ru/belgorodskaya_oblast/klimat

19. Макаеева, Е.И. Стимулирование почвообразования на отвалах Лебединского ГОКа / Е.И. Макаеева // Вестник СНО: сб. студ. науч. работ / отв. ред. М.В. Беняш, К.А. Данилова. НИУ «БелГУ», 2014. Вып. XVIII. – С. 711-715. – Режим доступа: <http://unid.bsu.edu.ru/unid/res/sno/>.

20. Макаеева, Е.И. Использование осадка сточных вод в качестве стимулятора почвообразования на посттехногенных отвалах/ Е.И. Макаеева // Материалы по изучению русских почв. Вып. 8 (35): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2014. – С. 263 -266.

21. Макаеева, Е.И. Использование осадка сточных вод в качестве стимулятора почвообразования на посттехногенных отвалах/ Е.И. Макаеева // Материалы научной конференции XVII Докучаевские молодежные чтения «Новые вехи в развитии почвоведения: современные технологии как средства

познания» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб.: Издательский дом С.-Петербургского государственного университета, 2014. – С. 240-241.

22. Панков, Я.В. Опыт использования сосны обыкновенной при рекультивации промышленных отвалов Курской магнитной аномалии/ Я.В.Панков, Э.И.Трещевская, С.В.Трещевская // Научный журнал КубГАУ – 2012 - №76 (02) – С.12

23. Растительный мир Белгородской области/ В.И. Чернявских, О.В. Дегтярь, А.В. Дегтярь, Е.В. Думачева– Белгород, Белгородская областная типография, 2010. – 472 с.

24. Словарь экологических терминов и определений – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/1232/Агростепь>

25. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель/ В.И. Сметанин. -М.: Колосс, 2000. – 96с.

26. Содержание карбонатов в почве. - Режим доступа : <http://biofile.ru/geo/8064.html>.

27. Трещевская, Э.И. Характеристика субстратов в промышленных отвалах Курской магнитной аномалии после землевания / Э.И. Трещевская, Е.Н Тихонова, С.В. Трещевская // Научный журнал КубГАУ – 2012 -№83(09) – С.12

28. Хрисанов, В. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Белгородской области / В. А. Хрисанов, А. Н. Петин, М. М. Яковчук. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2000. – 245 с.

29. Электронная библиотека Красногвардейского района – Режим доступа: <http://www.librari-biruch.ru/index.php/krasnaya-kniga-zhivotnye-i-rasteniya/1248-rasteniya-melovykh-obnazhenij.html>

30. Andy, Moffat. Reclaiming Disturbed Land for Forestry / Moffat. Andy, McNeill. John. – London : HMSO, 1994. – 112 с.

31. Goodnet – Режим доступа: <https://www.goodnet.org/articles/these-drones-plant-100000-new-trees-per-day>

32. GeoSM – Режим доступа: <http://geo-sm.ru/blog/2015/chto-takoe-biotekstil-geotkan-s-semenami-trav/>

33. Research Development Sales – Режим доступа: <http://stroygrad.ru/video.html?id=26>

34. Seedbombing [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://definithing.com/seedbombing/>

35. Wikimedia Foundation – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1464321>