

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

А. В. Васильченко

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Часть 2

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 06.03.02 Почвоведение

Оренбург
2017

УДК 631.6:504(075.8)
ББК 40.6я73+20.18я73
В 19

Рецензент – кандидат биологических наук Д. Г. Поляков

Васильченко, А. В.
В 19 Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие : в 2-х частях/
А. В. Васильченко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2017.
– Ч. 2. – 158 с.
ISBN 978-5-7410-1817-0

В учебном пособии даются общие сведения о рекультивации нарушенных агрогеосистемах, выработанных площадей торфяных месторождений. Представлены методы и способы борьбы с торфяными пожарами. В пособии приведены основные требования к рекультивации земель, нарушенных при подземных горных работах, строительстве и эксплуатации линейных сооружений. Изложены методы очистки загрязненных земель.

Учебное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов по курсу «Эрозия, деградация и рекультивация почв», вариативной части блока 1, очной формы обучения по направлению подготовки 06.03.02 Почвоведение.

УДК 631.6:504(075.8)
ББК 40.6я73+20.18я73

ISBN 978-5-7410-1817-0

© Васильченко А. В., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение.....	4
1 Рекультивация земель, нарушенных при подземных горных работах...	6
2 Общие требования к рекультивации земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений	14
3 Рекультивация выработанных площадей торфяных месторождений...	23
3.1 Торф.....	23
3.2 Способы добычи и характерные особенности нарушенных земель при торфоразработках.....	28
3.3 Основные положения технической рекультивации выработанных месторождений торфа.....	33
3.4 Основные положения биологической рекультивации выработанных месторождений торфа.....	37
3.5 Методы и способы обнаружения и тушения торфяных пожаров.....	41
4 Восстановление нарушенных агрогеосистем.....	66
4.1 Методы и способы рекультивации нарушенной агрогеосистемы	66
4.2 Рекультивация земель, образовавшихся в результате опустынивания.....	68
4.3 Биологическая рекультивация засоленных земель с помощью галофитов.....	77
4.4 Рекультивация земель, загрязненных пестицидами.....	79
5 Рекультивация загрязненных земель.....	89
5.1 Химическое загрязнение геосистем и принцип рекультивации загрязненных земель.....	89
5.2 Барьерные свойства компонентов геосистем.....	106
5.3 Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами.....	111
5.4 Рекультивация земель, загрязненных радионуклидами.....	119
5.5 Рекультивация земель, загрязненных нефтепродуктами.....	124
6 Эффективность рекультивации земель.....	152
Список использованных источников	157

Введение

В результате антропогенной деятельности человека под угрозой полного уничтожения оказываются сотни гектаров плодородных земель с полями, лесами и другими полезными угодьями. Природные ландшафты гибнут после масштабного техногенного воздействия. Чтобы снова вернуть их к жизни, необходимо провести целый комплекс рекультивационных работ по восстановлению нарушенных почв.

Негативное антропогенное воздействие на почвы можно подразделить на:

- деградацию почв – устойчивое негативное изменение состава, строения и свойств почв, включая частичное и ли полное их разрушение. В результате ухудшается или утрачивается способность почвы выполнять свои функции. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова;

- загрязнение почв – поступление и накопление в почвах химических, радиоактивных, биологических веществ и микроорганизмов, а также отходов производства и потребления в количествах, которые могут представлять или представляют угрозу здоровью и жизни человека, животных и растений, жизнедеятельности почвенных организмов, приводящее к ухудшению или утрате способности почв выполнять свои функции. Техногенные вредные вещества аккумулируются в почвах, создавая очаги высокой концентрации и являясь источником загрязнения для сопредельных сред. Особую опасность представляют мобильные формы экотоксикантов, которые характеризуются высокой биохимической активностью, способностью к миграции и поступлению в пищевые цепи. Состояние экотоксикантов, а также свойства и состояние почв и грунтов определяют соответствующие мероприятия по санации загрязненных и нарушенных территорий.

Для преодоления негативного антропогенного воздействия на почвогрунты и экосистемы антропогенных ландшафтов используют метод рекультивации.

Рекультивация – комплекс работ, проводимый с целью восстановления нарушенных территорий и приведения земельных участков и экологически безопасное состояние. Сегодня уже нельзя ограничиваться только восстановлением нарушенного массива, плодородия земель, созданием растительного покрова, а важно восстанавливать и все другие компоненты природной среды. Необходима комплексная рекультивация, а точнее, рекультивация природной среды и настоящий уровень научно-технического прогресса позволяет эффективно восстанавливать нарушенные земли и возвращать их в сельско-, лесохозяйственное и др. использование.

1 Рекультивация земель, нарушенных при подземных горных работах

При добыче полезных ископаемых земли нарушаются не только за счет создания на них породных отвалов, шламохранилищ и хвостохранилищ, но и образования вследствие подземной разработки месторождения отрицательных форм рельефа земной поверхности в виде провалов, прогибов, воронок, углубления рельефа и т.д. При разработке крутопадающих (свыше 45°) штокообразных залежей с обрушением кровли образуются кольцевые провалы, пластовых залежей средней и большой мощности (более 1,5 м) крутого падения – каньонообразные провалы, а при разработке пластовых залежей при горизонтальном и пологом (до 27°) залегании пластов – котловинные провалы.

Кольцевые и каньонообразные провалы достигают от 5 до 15 м глубины, котловинные – от 1,5 до 5 м.

При разработке пластовых залежей малой и средней мощности горизонтального и волнистого залегания пологого падения с обрушением кровли образуются западинные прогибы глубиной до 1,5 м.

Восстанавливают отрицательные формы рельефа засыпкой образовавшихся понижений с проведением комплекса планировочных работ.

Для засылки понижений могут быть использованы рыхлые отложения, коренные породы, добытые в специальных карьерах или полученные при вскрышных работах, а также выдаваемая из шахт порода.

Технологию засыпки понижений земной поверхности и оформление рельефа выполняют для каждого конкретного случая отдельно в зависимости от используемого материала. При засыпке провалов породами в качестве средств механизации используют бульдозеры, которые разрабатывают породы и транспортируют их на расстояние до 80 – 100 м. При больших расстояниях применяют прицепные или самоходные скреперы [1].

При засыпке провалов привозными материалами для погрузки пород используют экскаваторы, а для их доставки к месту укладки – автомобильный транспорт. Засыпают провалы послойно, а доставляемый материал на картах отсыпки разравнивают бульдозерами.

При заполнении провалов выдаваемой из шахт горной породой и другими материалами, склонными к самовозгоранию, необходимо укладывать их, соблюдая правила противопожарной безопасности, принятые в горнодобывающей промышленности.

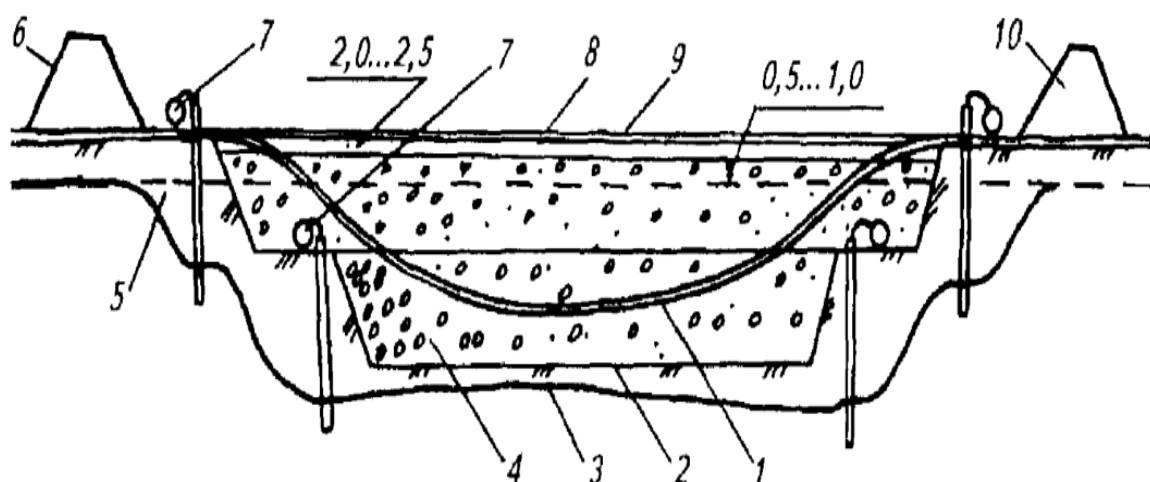
При заполнении образовавшихся вследствие подземной разработки отрицательных форм рельефа земной поверхности горными породами следует также учитывать их химические свойства. Породы, обладающие фитотоксичными свойствами, укладывают в нижнюю часть провалов с последующим перекрытием их потенциально плодородными породами мощностью не менее 2 – 2,5 м. При глубине провалов (прогибов) менее 2 м засыпка их непригодными для биологической рекультивации по химическому составу (токсичными) породами допускается только с проведением работ по коренной химической мелиорации засыпаемых пород и обязательным их перекрытием потенциально плодородными породами мощностью не менее 0,5 м.

Для предотвращения заболачивания рекультивируемых поверхностей при выполнении планировочных работ необходимо придавать им уклон в сторону логов, речек или ручьев с целью равномерного распределения поверхностных вод по площади и отвода их в пониженные места. При опускании земной поверхности за счет подработки земель в процессе производства горных работ возможны случаи их затопления, вызываемые подъемом уровня грунтовых вод [1].

В зависимости от гидрогеологического и гидрохимического режимов грунтовых вод, а также с учетом физико-химических, минералогических, агрохимических и агрофизических показателей горных пород, используемых для засыпки понижений рельефа, возможно предварительное осушение

рекультивируемого участка или использование его в качестве водоема, предназначенного для аккумуляции паводковых вод и последующего использования их для орошения или технических нужд самого горнодобывающего предприятия.

Устройство вертикального дренажа для понижения уровня грунтовых вод как одного из возможных вариантов показано на рисунке 1.



1, 2 – формы провала до рекультивации и после его доработки с целью изъятия плодородного слоя почвы и потенциально плодородного грунта; 3 – положение депрессионной кривой в процессе поддержания провала в осушительном состоянии; 4 – засыпка горной породой; 5 – уровень грунтовых вод до откачки; 6 – временный отвал потенциально плодородного грунта; 7 – легкие иглофильтровые установки; 8 – потенциально плодородный слой грунта; 9 – плодородный слой почвы; 10 – временный отвал плодородного грунта.

Рисунок 1 – Схема рекультивации глубокого провала засыпкой горной породой (размеры в м)

При незначительных глубинах затопляемых участков их осушают подсыпкой слоем шахтной породы или другими материалами, превышающими слой воды на 0,5 – 1 м, с последующим покрытием слоем потенциально плодородных пород и плодородным почвенным слоем для последующего биологического освоения территории.

Рекультивация незатопленных, незаболоченных и неглубоких (до 5 – 6 м), но значительных по площади провалов, прогибов или мульд¹ оседания включает следующий состав строительных работ. В начале производства планировочных работ с рекультивируемой поверхности снимают плодородный слой почвы и складывают его во временный отвал, располагаемый на ненарушенном участке поверхности. В необходимых случаях устраивают съезды (выезды) в провал, обеспечивающие движение транспортных средств. Завозимую транспортными средствами (в основном самосвалами) горную массу укладывают в провал послойно (толщиной до 1 м), уплотняя каждый слой катками.

При использовании для заполнения провала непригодных для биологической рекультивации пород после завершения планировочных работ уложенную горную массу перекрывают вначале слоем потенциально плодородных пород, а затем плодородным слоем почвы.

В случае использования для планировочных работ перегоревшей шахтной породы ее покрывают глинистыми породами слоем от 0,25 до 0,3 м с уплотнением катками или попутными проходами бульдозером в целях профилактики самовозгорания и создания искусственного водоупора. Затем наносят плодородный слой почвы [1].

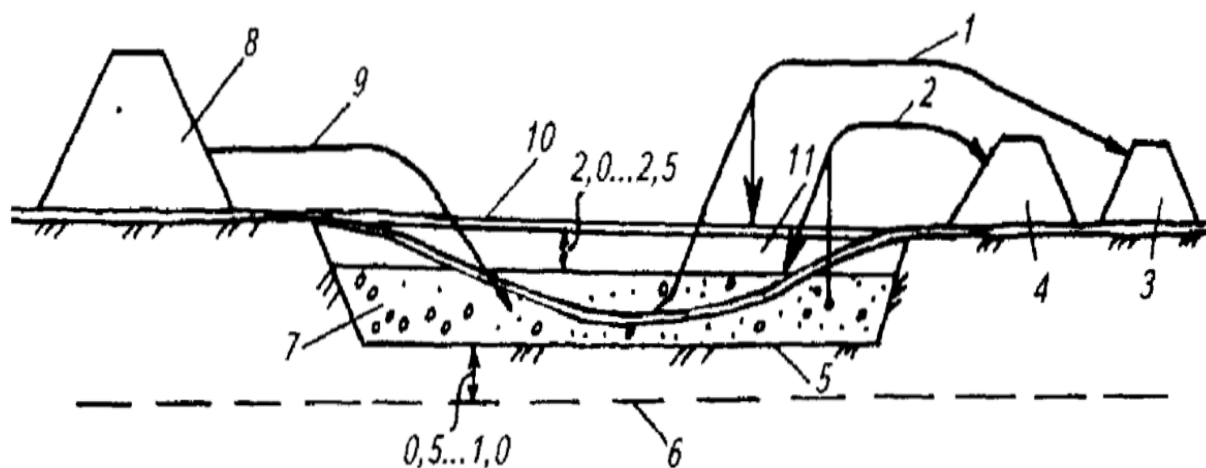
Рекультивация нарушенных земель, обводненных или заболоченных в результате оседания земной поверхности, включает работы по предварительному их осушению. Для этого вначале строят осушительную систему открытого или закрытого дренажа с целью отвода избыточных вод с

¹ Мульда (нем. Mulde — корыто) — форма залегания слоёв горных пород в виде чаши или корытообразного прогиба, общее название изометрических или овальных пологих тектонических прогибов, или их частей в виде синклинали.

рекультивируемой территории. В качестве водоприемников в таких случаях могут служить естественные или искусственные водоемы и водотоки. Далее с поверхности осушенной территории снимают вначале плодородный слой почвы и перемещают его во временный отвал, а затем слой потенциально плодородной почвы и также перемешают его во временный отвал. После этого проводят капитальную планировку нарушенной территории с послойной засыпкой отрицательных форм рельефа шахтной породой, доставляемой из породных отвалов. По верху спланированной поверхности шахтной породой отсыпают слой потенциально плодородного грунта, а затем наносят слой плодородной почвы с равномерным распределением ее по всей площади.

Достаточно часто в местах добычи полезных ископаемых подземным способом на поверхности шахтного поля остаются небольшие (по размерам) породные отвалы после проходки разведочных шурфов, фланговых сбоек и т.п. В таких случаях восстанавливают нарушенную поверхность в следующей последовательности. Вначале выбирают участок ненарушенной поверхности под резерв вблизи породного отвала. При этом место под резерв предпочтительно отводить в понижениях рельефа местности (рисунок 2).

Далее с отведенной под резерв поверхности снимают плодородный слой почвы и складывают во временный отвал, затем выбирают слой потенциально плодородных пород и также перемещают во временный отвал. В образовавшуюся выемку из породного отвала перемещают горную массу и разравнивают ее бульдозером. После этого на выровненную поверхность заполненного резерва наносят слой потенциально плодородной породы, забираемой из временного отвала, а затем плодородный слой почвы с последующей планировкой [1].



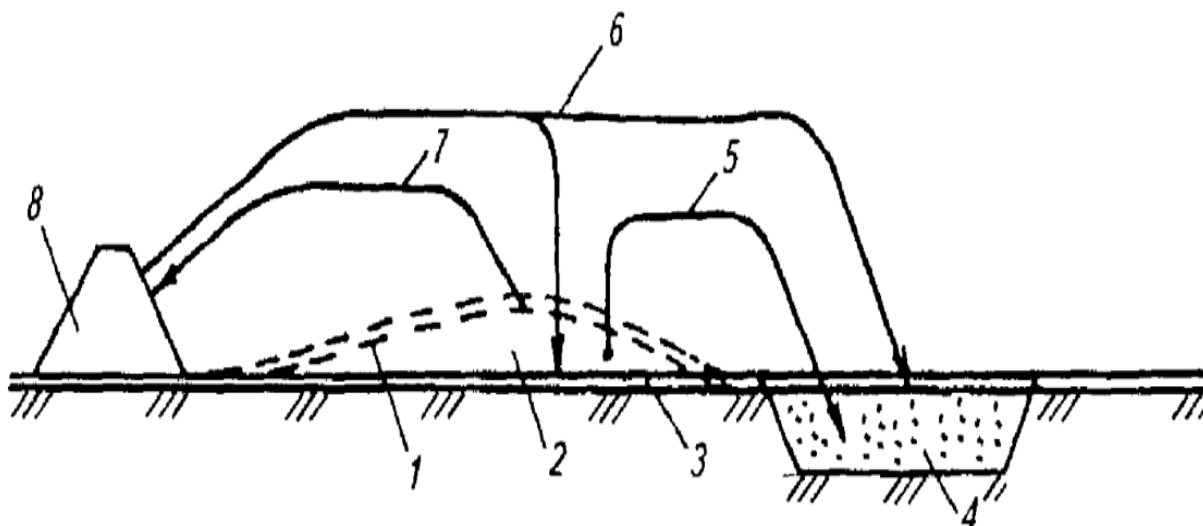
1, 2, 9 – направления перемещений соответственно плодородного слоя почвы, потенциально плодородного слоя грунта, породы; 3, 4 – временные отвалы соответственно плодородного и потенциально плодородного грунтов; 5 – проектное сечение резерва; 6 – граница потенциально плодородного грунта; 7 – засыпка резерва горной массой из плодородного отвала; 8 – породный отвал; 10 – слой плодородного грунта; 11 – слой потенциально плодородного грунта.

Рисунок 2 – Схема рекультивации нарушенных земель небольшими породными отвалами

Далее с отведенной под резерв поверхности снимают плодородный слой почвы и складировывают во временный отвал, затем выбирают слой потенциально плодородных пород и также перемещают во временный отвал. В образовавшуюся выемку из породного отвала перемещают горную массу и разравнивают ее бульдозером. После этого на выровненную поверхность заполненного резерва наносят слой потенциально плодородной породы, забираемой из временного отвала, а затем плодородный слой почвы с последующей планировкой.

Для ликвидации незначительных нарушений поверхности вследствие устройства котлованов для приготовления заиловочного материала,

используемого для пожаротушения, и других незначительных по размерам выемок при отсутствии в непосредственной близости источников горной массы для их заполнения используют грунт, забираемый из резервов, с выполнением работ в такой последовательности (рисунок 3).



1 – плодородный слой почвы; 2 – потенциально плодородный грунт;
3 – положение плодородного слоя почвы после выполнения планировочных работ; 4 – заиловочный карьер; 5 – направление перемещения потенциально плодородного грунта; 6, 7 – направления перемещения плодородного грунта;
8 – временный отвал плодородного грунта.

Рисунок 3 – Схема рекультивации нарушенных земель при устройстве котлованов, карьеров и других незначительных по размерам выемок

Вначале выбирают место резерва, располагаемое на возвышенном участке рельефа местности. Далее с площади резерва снимают плодородный слой почвы и перемещают во временный отвал, находящийся вне площади резерва. Затем из резерва выбирают слой потенциально плодородного грунта и перемещают его для заполнения нарушенного пространства. При дальности транспортирования до 80 – 100 м применяют бульдозеры, свыше 100 м –

скрелеры. После перемещения и заполнения грунтом нарушенного пространства и его разравнивания наносят слой плодородной почвы, частично забираемой из временного отвала. Оставшимся почвенным грунтом покрывают место резерва.

После завершения работ по рекультивации земель, нарушенных при подземных горных работах, появляется возможность их использования под сенокосы, пашни, многолетние насаждения, лесонасаждения с задерновкой участков природоохранного назначения [1].

Контрольные вопросы

1 Какие формы рельефа земной поверхности образуются при добыче полезных ископаемых земли?

2 Что необходимо делать для предотвращения заболачивания рекультивируемых поверхностей при выполнении планировочных работ?

3 Опишите устройство вертикального дренажа для понижения уровня грунтовых вод.

4 Опишите схему рекультивации незатопленных, незаболоченных и неглубоких (до 5 – 6 м), но значительных по площади провалов, прогибов или мульд оседания.

5 Опишите схему рекультивации нарушенных земель небольшими породными отвалами.

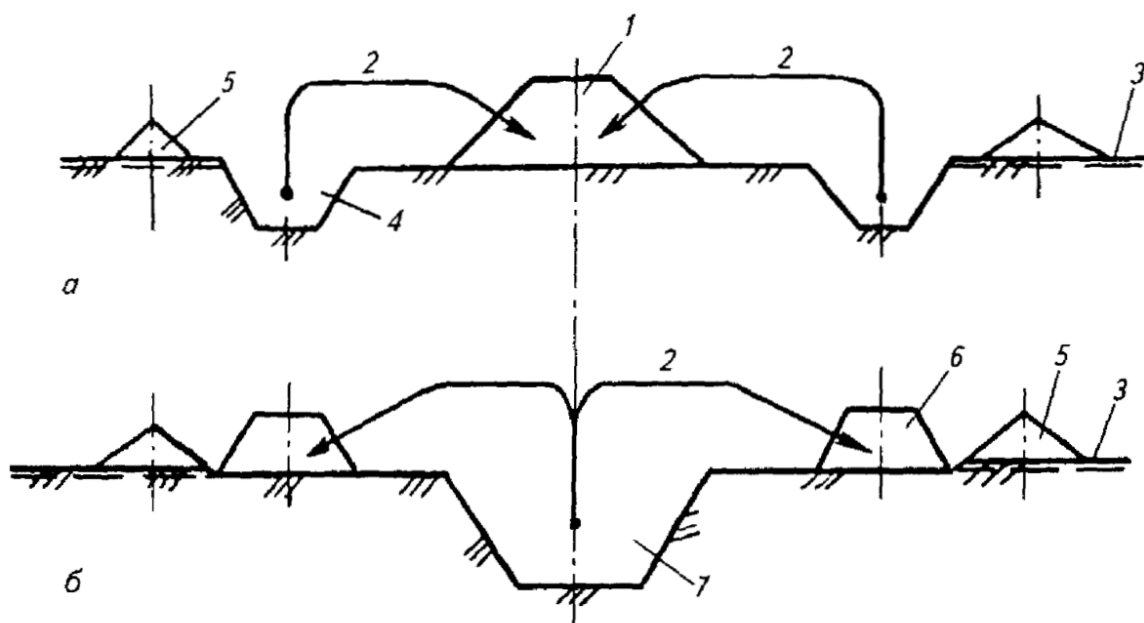
6 Опишите схему рекультивации нарушенных земель при устройстве катлованов, карьеров и других незначительных по размерам выемок.

2 Общие требования к рекультивации земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений

Магистральные трубопроводы и отводы от них, железные и автомобильные дороги, каналы относят к так называемым линейным сооружениям.

Строительство и эксплуатация линейных сооружений оказывают значительное воздействие на состояние окружающей среды. Повреждая или разрушая естественные элементы ландшафта, а, следовательно, нарушая равновесие в природе, строительство линейных сооружений отрицательно сказывается на состоянии естественного ландшафта. В качестве примеров подобного вмешательства в природу могут служить расчленение лесных массивов, нарушение режимов движения грунтовых вод, разрушение мест обитания и отсечение путей миграции животных, ухудшение микроклимата. При строительстве, реконструкции и эксплуатации линейных сооружений происходит нарушение земель главным образом за счет устройства выемок и насыпей. Характерные элементы нарушенных земель по форме рельефа при строительстве линейных сооружений показаны на рисунке 4 [1].

Земли, нарушенные при строительстве линейных сооружений, характеризуются по форме рельефа как резервы, канавы, кюветы, кавальеры или дамбы. Фактором, обуславливающим формирование техногенного рельефа, служат извлечение горных пород для сооружения насыпей, строительство водоулавливающих или водоотводящих сооружений, а также строительство гидротехнических сооружений и складирование избыточного объема горных пород, удаляемых из выемок.



а – насыпи; б – выемки; 1 – насыпная часть линейного сооружения;
 2 – направление перемещения грунта; 3 – слой почвенного грунта; 4 – резерв;
 5 – кавальеры плодородного грунта; 6 – кавальеры минерального грунта;
 7 – часть линейного сооружения, расположенная в выемке.

Рисунок 4 – Элементы нарушенных земель по форме рельефа

Морфологическая характеристика рельефа нарушенных земель характеризуется высотным положением выемок или насыпей относительно естественной поверхности и заложением образующихся при этом откосов. Как показывает практика строительства линейных сооружений, глубина устраиваемых резервов достигает от 5 до 10 м с заложением откосов $m = 1$, канав и кюветов – до 5 м с заложением откосов $m = 2$ и более. Кавальеры и дамбы устраивают высотой до 15 м с заложением откосов $m = 2$ и более.

Работы по рекультивации земельных участков, занятых сельскохозяйственными или лесными угодьями, предназначенных под строительство или реконструкцию действующих линейных сооружений, включают в общий комплекс строительно-монтажных работ, и они должны

обеспечивать восстановление плодородия земель. Поэтому набор работ по рекультивации будет зависеть от возможных видов последующего использования нарушенных земель. Обводненные резервы, например, можно использовать под водоемы природоохранного назначения или для целей орошения и рыбоводства; сухие – под сенокосы и пастбища или лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения; обводненные каналы и кюветы – под водоемы природоохранного назначения; сухие – под лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения. Поверхности насыпных кавальеров и дамб можно использовать под лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения.

Перед началом строительства линейных сооружений снимают плодородный слой почвы и перемещают его во временные отвалы, располагаемые вдоль строительной полосы. После окончания строительных и планировочных работ почвенный грунт используют для рекультивации или землевания [1, 2]. При снятии, складировании и хранении плодородного слоя почвы принимают меры, исключающие ухудшение его качества, а при длительном хранении – меры, предотвращающие размыв и выдувание складированного плодородного слоя почвы. Поверхности отвалов закрепляют посевом трав или другими способами.

Снятие плодородного слоя почвы производят в теплый и сухой период года; на участках, занятых сельскохозяйственными культурами – после уборки урожая.

Перед снятием плодородного слоя почвы проводят подготовительные работы по удалению пней, кустарников, валунов и т.д.

Высота отвала плодородного слоя почвы должна определяться с учетом исключения развития эрозионных процессов; основание отвала должно иметь правильную геометрическую форму, близкую к кругу или квадрату.

Участки, предназначенные для складирования плодородного слоя почвы, должны быть расположены по возможности на ровных, возвышенных и сухих местах [3].

На техническом этапе рекультивации земель после строительства магистральных трубопроводов, транспортных коммуникаций и каналов проводят следующие работы: убирают строительный мусор, разбирают все временные сооружения и устройства, удаляют отвалы за пределы строительной полосы; выполняют обратную засыпку траншей трубопроводов грунтом с образованием валика, обеспечивающего ровную поверхность после самоуплотнения грунта. Оставшийся избыточный грунт разравнивают равномерным слоем по рекультивируемой площади или вывозят в специально отведенные места, указанные в проекте; планируют откосы кавальеров, насыпей и выемок, для чего используют автогрейдеры, бульдозеры и экскаваторы, оборудованные ковшом-планировщиком, и другие строительные и мелиоративные машины; засыпают грунт рытвины и ямы, а затем выполняют общую планировку территории; проводят мероприятия по предотвращению эрозионных процессов; наносят плодородный слой почвы по всей рекультивируемой площади.

При строительстве магистральных трубопроводов на землях, занятых лесными угодьями, рекультивация заключается в засыпке траншей и ям, общей планировке полосы отвода, уборке строительного мусора, в задернении поверхности посевом трав [1, 2].

Биологическая рекультивация является завершающим этапом восстановления нарушенных земель. Цель биологической рекультивации – восстановление плодородия рекультивируемых земель.

Восстановление плодородия осуществляется путем внесения органических и минеральных удобрений, проведения необходимых мелиоративных мероприятий, посева различных сельскохозяйственных культур, применения специальных севооборотов и приемов агротехники.

Выбор способов биологической рекультивации определяется климатической зоной, экономической целесообразностью, условиями распределения почв, их свойствами и составом.

Пригодность нарушенных земель для использования в сельском и лесном хозяйстве определяется на основании:

- лабораторных исследований;
- проведения полевых и вегетационных опытов;
- наблюдений за самозарастанием.

Период биологического этапа рекультивации нарушенных земель устанавливается с учетом:

- мощности и качества нанесенного плодородного слоя почвы и потенциально-плодородных пород;
- биологических особенностей возделываемых культур и последующего хозяйственного использования рекультивируемых земель;
- условий увлажнения.

Продолжительность биологического этапа рекультивации составляет на землях: с нанесенным плодородным слоем под пашню – от 4 до 6 лет; с лесовидными и покровными суглинками под пашню – от 6 до 8 лет; с плодородным слоем мощностью от 10 до 20 см под кормовые угодья – от 5 до 6 лет.

При сельскохозяйственном освоении под пашню многолетние травы сеют в первый и третий годы. В целях активизации микробиологических процессов в почве на второй год возделывания бобовых трав их прикатывают, проводят дискование и запашку в качестве сидератов. В последний год биологического этапа проводится дискование и зябловая вспашка плугом с предплужником.

При сельскохозяйственном освоении под кормовые угодья в качестве мелиоративной культуры в первый год предусматривается посев многолетних бобовых трав в чистом виде (люпин, донник белый, люцерна

синегибридная, эспарцет песчаный, клевер красный, лядвенец рогатый и др.) и запашка их в конце второго года.

В последующие годы посев производят злаково-бобовыми травосмесями, состоящими из двух-трех видов злаковых (ежа сборная, овсяница луговая, костер безостый, полевица, пырей бескорневищный, райграс) и двух-трех видов бобовых трав. Смесь трав и их процентное содержание устанавливают с расчетом последующего хозяйственного использования участка (сенокос, пастбища).

Для улучшения всхожести семян и кустистости растений нормы высева увеличиваются в 1,5 – 2 раза выше зональных в зависимости от биологических особенностей возделываемых растений, сроков сева, качества поверхностного слоя, условий увлажнения, глубины грунтовых вод.

Перед посевом многолетних трав вносится полный комплекс минеральных удобрений, в 1,5 – 2 раза превышающий зональные нормы. При внесении под весеннюю вспашку органических удобрений (от 40 до 60 т/га) дозы минеральных удобрений снижаются до зональных.

Лесохозяйственное направление рекультивации осуществляется с целью создания лесных насаждений, имеющих противоэрозионное или водоохранное назначение. Лесонасаждения могут быть крупномассивные, полосные или куртинные в зависимости от местных условий.

Период лесохозяйственной рекультивации принимают равным периоду развития лесных культур до смыкания крон. В этот период подготавливают почву по системе сидерального или черного пара.

Ассортимент древесных и кустарниковых пород подбирается отдельно для каждого типа грунтов:

– для суглинистых грунтов (легких и средних) лесной и лесостепной зон рекомендуются: береза бородавчатая, тополь, ясень зеленый, ива белая, яблоня лесная, груша дикая и т.д.;

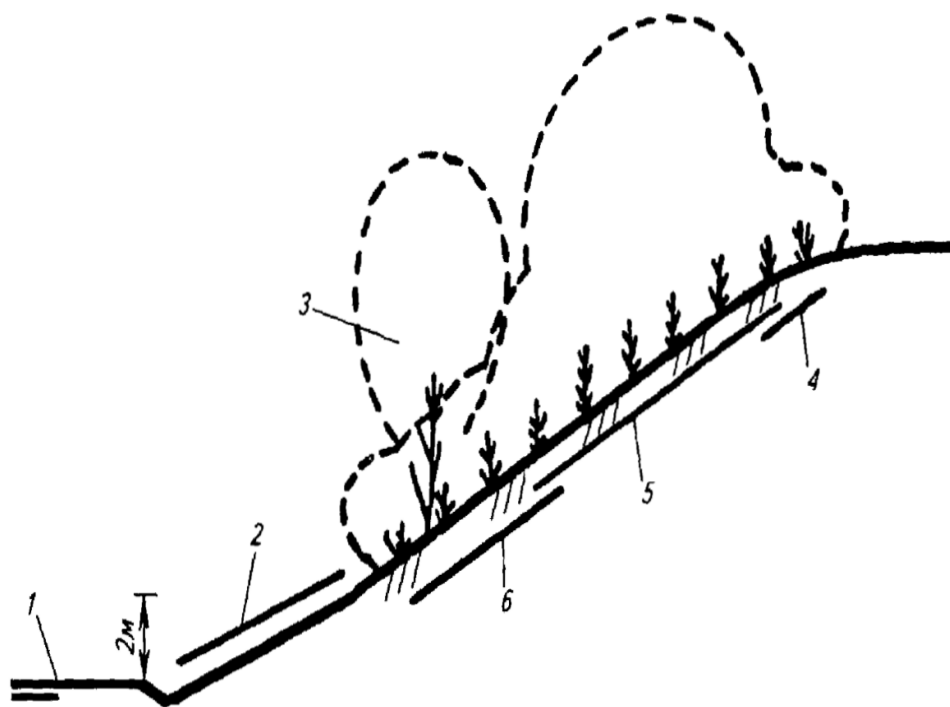
– на бедных песках – сосновые насаждения почвозащитного и озеленительного назначения;

– на рыхлопесчаных смесях пород мелко- и среднезернистых песках – сосна обыкновенная;

– на глинистых породах в лесостепных и степных районах – акация белая, лох узколистный;

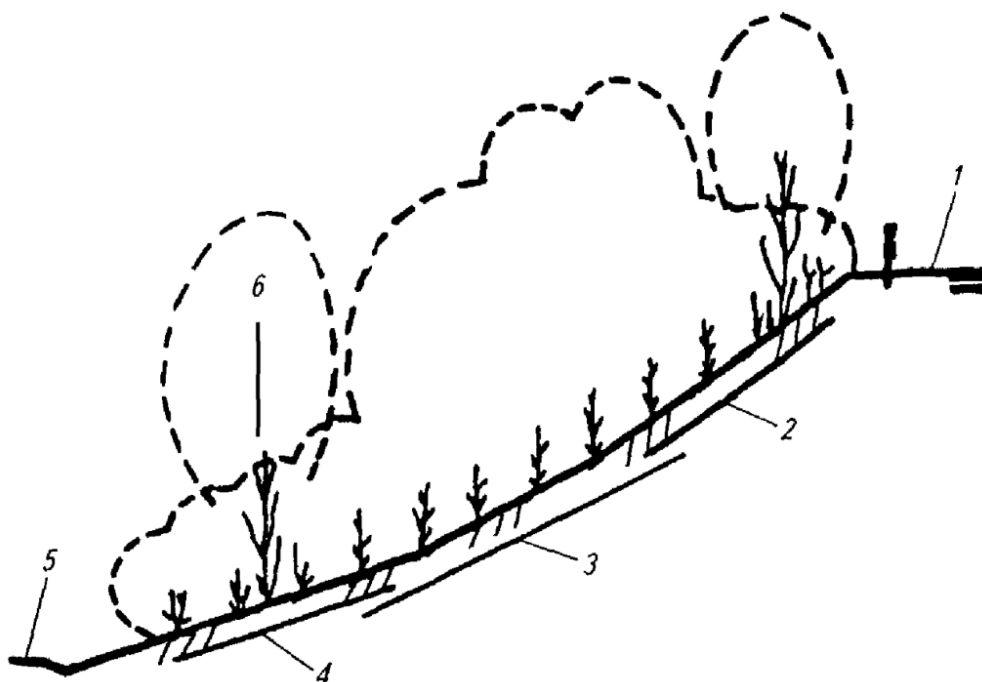
– на тяжелых карбонатных глинах – акация белая, ольха черная, дуб красный, тополь.

Примеры озеленения склонов выемок и насыпей при строительстве некоторых линейно протяженных сооружений показаны на рисунках 5 и 6.



1 – дорожное полотно; 2 – залужение нижней зоны склона посевом трав; 3 – посадка саженцев крупных растений (высокоствольные деревья, высаженные группами в целях защиты склона); 4 – верхний край посадки (1 – 2 ряда кустарника); 5 – средняя зона склона (посадка деревьев 1-й и 2-й величины и немного кустарника); 6 – нижний край посадки (3 – 5 рядов кустарника и немного деревьев 2-й величины).

Рисунок 5 – Озеленение протяженных склонов выемок



1 – дорожное полотно; 2 – верхняя зона посадки (3 – 5 рядов кустарника и немного деревьев 2-й величины); 3 – средняя зона склона (посадка саженцев деревьев 1-й и 2-й величины и немного кустарника); 4 – нижний край посадки (3 – 5 рядов кустарника и немного деревьев 2-й величины); 5 – пашня; 6 – посадка саженцев высокоствольных деревьев группами по опушке в целях защиты и расчленения склона.

Рисунок 6 – Озеленение протяженных склонов насыпей

При залужении откосов посевом трав после их высева желательно откосы укрывать тканым материалом, например мешковиной, чтобы исключить смыв почвы и семян дождевыми потоками или при поливах, до их прорастания и образования корневой системы [1, 2].

Агротехнику предпосадочной обработки, посадку и уход за лесными культурами увязывают с существующими нормами, изложенными в лесомелиоративных инструкциях [3].

Восстановление древесной и кустарниковой растительности в полосе отвода под строительство трубопровода не допускается из-за затруднений, возникающих в процессе его эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Что относят к линейным сооружениям?
- 2 В чем заключается опасность строительства линейных сооружений?
- 3 Назовите основные элементы нарушенных земель по форме рельефа при строительстве линейных сооружений.
- 4 Перечислите факторы, обуславливающие формирование техногенного рельефа.
- 5 Опишите схему рекультивации земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений.
- 6 Чем определяется выбор способов биологической рекультивации земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений.
- 7 На основании чего определяется пригодность нарушенных земель для использования в сельском и лесном хозяйстве?
- 8 От чего зависит период биологического этапа рекультивации нарушенных земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений. Приведите примеры.
- 9 Опишите схему проведения биологического этапа рекультивации земель при сельскохозяйственном направлении.
- 10 Опишите схему проведения биологического этапа рекультивации земель при лесохозяйственном направлении.
- 11 Каким образом подбирается ассортимент древесных и кустарниковых пород?

3 Рекультивация выработанных площадей торфяных месторождений

3.1 Торф

Торф – это относительно молодое геологическое образование, образующееся в результате отмирания болотной растительности при избыточном количестве влаги и недостаточном доступе кислорода. Торф представляет собой волокнистую (при малой степени разложения) или пластичную (при высокой степени разложения) массу. Конечный продукт распада растений в условиях повышенной влажности – гумус. Торф в естественном состоянии содержит большое количество воды, чем он и отличается от других видов твердых ископаемых топлива – бурого и каменного углей.

Торфяная залежь – скопление торфа на определенной площади в виде однородных или различных по генезису и мощности слоев.

Она в неосушенном состоянии имеет глубину более 0,7 м, образуя геологические запасы торфа. Отложения меньшей глубины, примыкающие непосредственно к границам геологических запасов, называют **окрайками**.

Торфяное месторождение – участок земной поверхности с торфяной залежью по нулевой глубине ее залегания.

Торф имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений.

Элементарный состав торфа, %: углерода от 50 до 60, водорода от 5 до 6,5, кислорода от 30 – 40, азота от 1 до 3, серы от 0,5 до 2,5.

В органической массе торфа содержатся (в процентах): водорастворимые вещества – от 1 до 5, битумы — от 2 до 10, целлюлоза — от 4 до 10, гуминовые кислоты — от 15 до 50, лигнин — от 5 до 20.

Химический состав древесины и торфа практически идентичен, отличается только процентным содержанием кислорода и азота. Присутствие в торфе серы дает в результате взаимодействия с кислородом сернистый газ (SO_2), который раздражающе действует на верхние дыхательные пути человека и глаза, и сероводород (H_2S) – токсичное газообразное вещество [4].

В зависимости от условий образования торфяного болота выделяют два основных типа торфа:

1 *Низинный торф* – накапливается в пониженных местах, обводненных грунтовыми и поверхностными водами. После отмирания растений и их разложения, образуется слабокислая, высокозольная, коричнево-черная масса, похожая на чернозем, которая обладает богатым содержанием питательных веществ. Здесь преобладают осоки, тростник, рогоз, а из древесных растений – ольха, береза, ель, реже сосна и лиственница. Низинные торфяные почвы обладают благоприятными физическими свойствами – значительными коэффициентами фильтрации и водоотдачи, повышенной плотностью.

2 *Верховой торф* – откладывается в повышенных местах болота, при увлажнении, в основном атмосферными осадками. Верховой торф сильнокислый, малозольный, волокнистый желто-коричневого цвета, формируется преимущественно из сфагновых мхов. Такой торф длительное время осушали для последующего использования в качестве топлива, для приготовления подстилок и компостов, для нужд химической, медицинской и строительной индустрии.

Однако существует еще и переходный торф по своим свойствам близкий к верховым. Преимущественно это тоже моховые торфа, но в состав их растений-торфообразователей входят виды с повышенными требованиями к условиям минерального питания. Они обладают менее кислой реакцией, по сравнению с верховыми торфами. Переходные торфяные болота встречаются, главным образом, в Карелии и на Камчатке, где они обычно используются в сельскохозяйственном производстве. Однако обычно

верховые и переходные торфяные почвы целесообразно сохранять в естественном, неосушенном состоянии. Их значение особенно велико для поддержания оптимального биоразнообразия. Значительна и их гидрологическая роль. Эти болота в естественном состоянии важные водоохранные территории, накопители и регуляторы пресной воды, ценные охотничьи угодья, ягодники, плантации лекарственных растений.

Классификация видов торфов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация видов торфа

Тип	Подтип	Группа	Вид
Низинный	Лесной	Древесная	Ольховый, березовый, еловый, сосновый низинный, ивовый
	Лесотопяной	Древесно-травяная, древесно-моховая	Древесно-осоковый, древесно-тростниковый, древесно-гипновый, древесно-сфагновый низинный
	Топяной	Травяная	Хвощовый, тростниковый, вахтовый, осоковый, шейхцериевый низинный
		Травяно-моховая	Осоково-гипновый низинный, осоково-сфагновый низинный
		Моховая	Гипновый низинный, сфагновый низинный
Переходный	Лесной	Древесная	Древесный переходный
	Лесотопяной	Древесно-травяная, древесно-моховая	Древесно-осоковый переходный, древесно-сфагновый переходный
	Топяной	Травяная	Шейхцериевый переходный, осоковый переходный
		Травяно-моховая	Осоково-сфагновый переходный
		Моховая	Гипновый переходный, сфагновый переходный
Верховой	Лесной	Древесная	Сосновый верховой
	Лесотопяной	Древесно-травяная Древесно-моховая	Сосново-пушицевый, сосново-сфагновый
	Топяной	Травяная	Пушицево-сфагновый, шейхцериевый верховой
		Травяно-моховая	Пушицево-сфагновый, шейхцерицево-сфагновый
		Моховая	Фускум-торф, медиум-торф, комплексный верховой, сфагнуво-мочажинный

Основные показатели, характеризующие торфяное сырье как торфяное топливо, – степень разложения, влажность, зольность, теплота сгорания и плотность объемной массы торфа.

Влажностью торфа называют отношение количества влаги, содержащейся в образце, к массе влажного образца (относительная влажность) или к массе сухого (абсолютная влажность), выраженное в процентах.

В естественной залежи торф имеет влажность от 85 % до 94 %, т.е. в 1 т содержится от 850 до 940 кг воды и лишь 60 – 150 кг торфа.

Торф является мощным водопоглотителем — 1 кг торфа может удерживать до 15 кг воды.

Теплотой сгорания торфа называют количество тепла, выделяемое одной весовой единицей топлива при полном его сгорании (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения теплоты сгорания различных видов торфяного топлива, кДж

Топливо	Торфяной кокс	Торфяные брикеты	Торф кусковой	Торф фрезерный
Значение	30500	17600	12600	10900

На свойства торфа сильное влияние оказывает *степень разложения* – показатель, выражающий содержание в массе торфа разложившейся гумусовой части. Торф высокой степени разложения более ценный и по цвету темнее.

Степенью разложения торфа, или его гумификацией, называют содержание в нем бесструктурной массы – гумуса в процентах по отношению ко всей массе торфа:

- залежь низкой степени разложения – до 20 %,
- залежь средней степени разложения – 20 % – 35 %;
- залежь высокой степени разложения – более 35 %.

Средние значения степени разложения, зольности и естественной влажности для разных групп торфа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние значения степени разложения, зольности и влажности группы торфа

Тип торфа	Группа	Средний показатель, %		
		Степень разложения	Зольность	Влажность
Низинный	Древесная	50	12	87
	Древесно-травяная	45	9	88
	Древесно-моховая	40	7	90
	Травяная	30	7	91
	Травяно-моховая	30	6	91
	Моховая	20	6	92
Переходный	Древесная	50	5	88
	Древесно-травяная	40	4	89
	Древесно-моховая	35	55	90
	Травяная	35	5	92
	Травяно-моховая	35	4,3	91
	Моховая	50	4,5	91,5
Верховой	Древесная	55	3,5	87
	Древесно-травяная	50	3,4	88
	Древесно-моховая	40	3	88
	Травяная	45	3	90
	Травяно-моховая	30	2,5	92
	Моховая	15	2,5	93

Пористость торфа составляет 0,70 – 0,95, а *плотность* – 80 – 500 кг/м³.

Зольностью торфа называют отношение массы минеральных составных частей к массе абсолютно сухого торфа, выраженное в процентах. Зольность торфа обычно находится в следующих пределах: для верхового — 5 % – 15 % и для низинного – 10 % – 25 %.

По материалам Государственного доклада «О состоянии ОС РФ в 1996 г.» общая площадь нарушенных земель при добыче полезных ископаемых и геологоразведочных работах составила 697,6 тыс. га, нарушенных при торфоразработках – 300,5 тыс. га.

За последние десятилетия наиболее актуальной в России становится проблема лесных и торфяных пожаров [4].

3.2 Способы добычи и характерные особенности нарушенных земель при торфоразработках

Рекультивация выработанных торфяников зависит от направления возможного последующего использования нарушенных земель, способа добычи торфа, водного режима, возраста выработки, степени задернения и т.д.

При расположении месторождения на склонах надпойменных террас или староречий предпочтительнее сельскохозяйственное использование. Выработанное месторождение, находящееся в бессточных котловинах на поймах или в бессточных межморенных котловинах, как правило, используют как водохозяйственное, а при расположении в неглубоких междуречных впадинах – как лесохозяйственное.

Способы добычи торфа:

- фрезерный;
- гидравлический;
- машиноформовочный (экскаваторный);
- резной (ручной).

При послойно-поверхностном фрезеровании¹ (рисунки 7 – 9) залежей торфа образуются участки с выровненной поверхностью дна забоев, заключенные между валовыми каналами, располагаемыми друг от друга через 500 м, которые называют фрезерными полями. Длина валовых каналов 3 км. Внутри каждое фрезерное поле поделено регулирующей сетью каналов на прямоугольные карты шириной по 20 м в залежах верхового и переходного типов торфа и по 40 м – в залежах низинного торфа. Картовые каналы имеют глубину от 0,5 до 1 м, а ширину по верху – от 1,5 до 3 м.

Недавно выбывшие из эксплуатации фрезерные поля практически не покрыты растительностью. Осушительная сеть имеет удовлетворительное состояние [1, 4, 5].

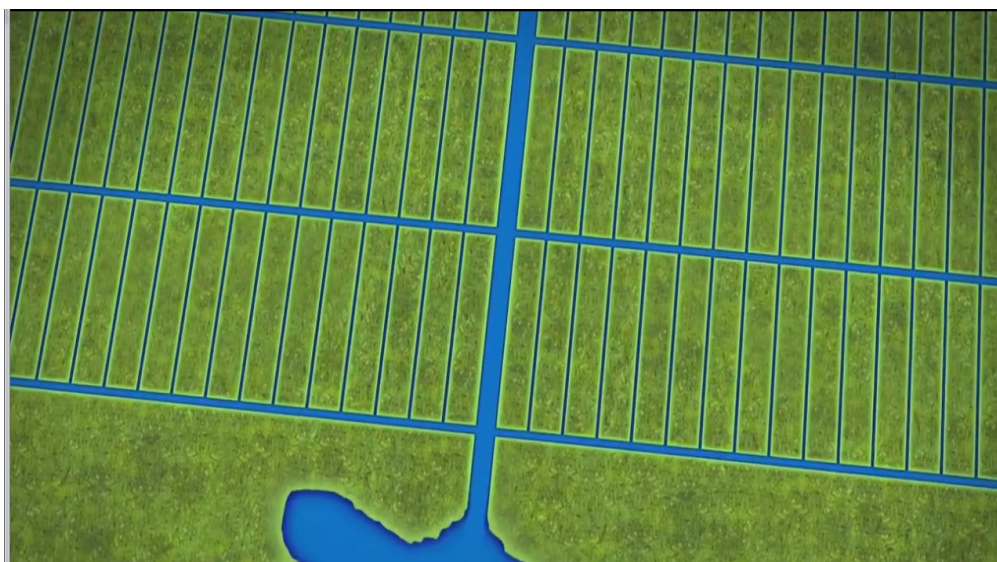


Рисунок 7 – Фрезерные поля

¹ Фрезерование — процесс, при котором происходит крошение и перемешивание почвы почвообрабатывающей фрезой (машина для рыхления и перемешивания почвы без оборачивания пласта) на глубину 20–25 см; получается ровная, хорошо разрыхленная поверхность.



Рисунок 8 – Валовые каналы фрезерных полей



Рисунок 9 – Магистральный канал фрезерных полей

Карьеры гидроторфа (рисунок 10) – выработанное пространство, оставшееся после добычи торфа гидравлическим способом и представляющее собой чередующиеся котлованы, разделенные на рабочие карты перемычками, имеющие сравнительно правильную, обычно прямоугольную, форму: ширина до 60 м и длина до 200 м. Максимальная глубина выработки до 5 м.

В заброшенных карьерах гидроторфа перемычки разрушены, заросли кустарником и мелколесьем, а мелководные участки карьера – тростником и рогозом. Эти карьеры заполнены водой, оставшимся торфом и замусорены древесными остатками.



Рисунок 10 – Карьеры гидроторфа

Карьеры машиноформовочной добычи торфа образуются после выработки торфяного месторождения экскаваторным способом и представляют собой выемки в виде чередующихся траншей и перемычек. Траншеи имеют ширину от 4 до 10 м и достигают длины, равной 2 км.

Траншеи по длине через каждые 10 – 80 м разделены перемычками шириной от 0,5 до 2,5 м. Глубина траншей зависит от первоначальной мощности залежи торфа, возможной глубины его экскавации и обычно не превышает 4 м. После прекращения добычи торфа машиноформовочным способом перемычки и дно траншей заполнены водой, завалены пнями и покрыты древесной растительностью. На мелководных участках зарастают тростником, рогозом и осокой.

Карьеры резной добычи торфа – участки торфяных месторождений, изрытые отдельными ямами при ручной добыче торфа на топливо, для внесения в почву на садово-огородных участках и для других непромышленных целей. Они чаще всего имеют неправильную форму со сложной конфигурацией границ. Глубина их 2 м. Ширина перемычки между ними зависит от густоты ям.

Неэксплуатируемые участки, противопожарные зоны, поля сушки, окрайки¹, дамбы, поверхность которых выше выработанных площадей, часто захламлены, заросли кустарником и сорной травой [1, 4].

¹ Окрайки - края, углы, полосы канав, остающиеся не вспаханными при пахоте узких, извилистых и неправильной формы участков, которые нельзя при вспашке загона захватить трактором, и приходится нарочно оставлять их, чтобы сделать ровный загон. Все окрайки надо дополнительно запахать одноконным плугом или специальными проходами трактора. Не вспаханные окрайки являются очагами засорения поля, т.к. на них развиваются сорняки, быстро перебирающиеся на соседние, обработанные участки.

3.3 Основные положения технической рекультивации выработанных месторождений торфа

Техническую рекультивацию выработанных месторождений выполняют в три этапа:

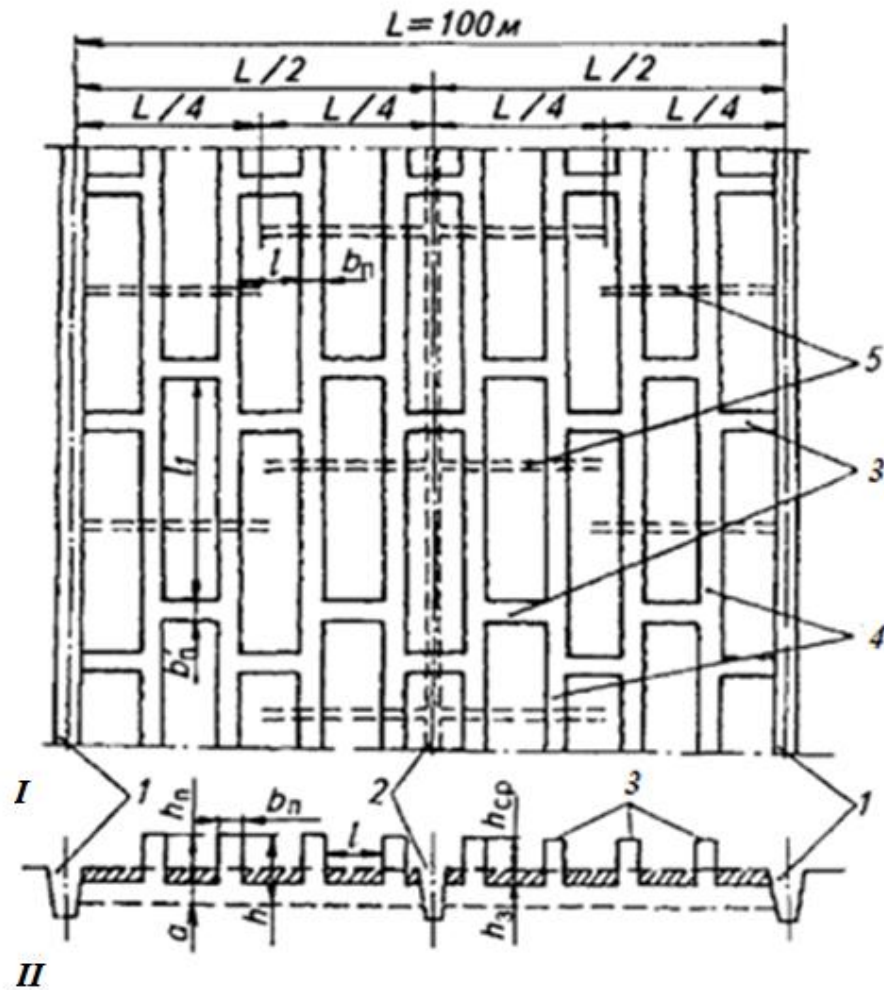
- подготовительный;
- создание осушительно-увлажнительной системы, обеспечивающей быстрый отвод воды с площадей во влажные периоды и увлажнение корнеобитаемого слоя почвы в засушливые периоды;
- технической рекультивации – проведение культуртехнических и планировочных работ.

К рекультивации желательно приступать не позднее чем через год после окончания добычи торфа.

В *подготовительный период* отлавливают и переселяют в специальные места обитания ценные породы животных (бобров, ондатру и т.д.).

Создание осушительно-увлажнительной системы включает переустройство существующей осушительной сети. Магистральные, валовые каналы или коллекторы, как правило, не переустраивают. Каналы-осушители при необходимости углубляют и расширяют, а ненужные засыпают. При сельскохозяйственном направлении рекультивации расстояние между осушителями в залежах низинного торфа принимают 80, 120, 160, 200 м, в залежах верхового торфа – 60, 80, 100, 120 м, а при лесохозяйственном – 100 и 200 м. При углублении существующих каналов ширину по дну принимают равной полуторной длине ковша экскаватора. Устойчивое состояние откосов каналов зависит от вида грунтов и глубины канала.

Схема устройства временной осушительной сети на площадях выработанных торфяных карьеров машиноформовочным способом показана на рисунке 11.



I – план карьера; II – поперечное сечение карьера; 1 и 2 – постоянный и временный осушители; 3 и 4 – поперечные и продольные перемычки; 5 – временные прокопы; l и l_1 – расстояния между продольными и поперечными перемычками; b'_n и h_n – ширина и высота продольной перемычки; h – глубина временного прокопа в продольной перемычке; a – заглубление временного прокопа ниже дна карьера; h_{cp} – глубина срезки перемычек при разравнивании по поверхности карьера; b_n – ширина поперечной перемычки; h_3 – глубина засыпки временных прокопов; L – расстояние между постоянными каналами-осушителями, построенными в период добычи торфа.

Рисунок 11 – Схема расположения временной осушительной сети в карьере экскаваторного способа добычи торфа

В процессе рекультивации стараются сохранить существующие проводящую и ограждающую сети. Учитывая, как правило, неудовлетворительное состояние этих сетей, их расчищают от завалов и обрушений, планируют откосы и углубляют каналы [1, 4, 5].

Все проезды и временные гидротехнические сооружения разбирают. Взамен их строят постоянные. Затем вручную или специальными машинами сводят древесно-кустарниковую растительность вдоль водоприемника и магистрального канала. Бульдозером разравнивают отвалы грунта, расположенные вдоль каналов.

Переустройство осушительной сети при рекультивации выработанных фрезерных полей особых затруднений не вызывает. Площади уже осушены, проходимость землеройной техники обеспечена. Обычно земляные работы начинают с углубления или расчистки водоприемника и магистрального канала. Затем углубляют или прочищают проводящую сеть второго порядка – валовые каналы или коллекторы. И в последнюю очередь нарезают регулирующую сеть – осушители.

Культуртехнические работы включают расчистку площадей от древесно-кустарниковой растительности, которая заключается в ее срезке, корчевании, фрезеровании и запашке.

Корчевание состоит из очистки участков от кустарников и пней вместе с корнями корчевателями, экскаваторами и бульдозерами. При корчевании вместе с корнями удаляется большое количество торфа, что является недостатком корчевания. Чтобы избежать потерь торфа, выкорчеванную массу 2 – 3 нед. подсушивают, а затем отряхивают от торфа. Выкорчеванный древесный материал собирают в валы, а затем вывозят за пределы рекультивируемой площадки на уничтожение или на дрова. Образовавшиеся при отряхивании кучи торфа разравнивают или подсыпают в места выклинивания минерального грунта и там разравнивают [1, 4].

При расчистке площадей от древесно-кустарниковой растительности, состоящей из неивовых пород, деревья диаметром стволов до 0,2 м срезают

кусторежами или бульдозерами, а корневую систему выкорчевывают корчевателями или запахивают кустарниково-болотными плугами. В этом случае увеличивается производительность, сохраняются торф и гумусовый горизонт и можно работать в зимний период по снежному покрову слоем до 0,3 м.

Сведенную древесно-кустарниковую растительность при корчевании или срезке сгребают кустарниковыми граблями в валы, размещаемые параллельно на расстоянии от 100 до 150 м друг от друга. При сгребании допускаются потери (от 3 % до 4 %) мелких остатков древесины.

Площади от древесно-кустарниковой растительности расчищают машиной МТП-42, предназначенной для глубокого фрезерования торфяной залежи и измельчения растительности с заделкой ее в почву на глубину до 0,4 м. После фрезерования площади вспахивают с целью заделки оставшихся древесных остатков.

Преимущество фрезерования заключается в том, что после него получают готовое поле для сельскохозяйственного использования.

После фрезерования поверхность торфяного поля прикатывают водоналивными катками с целью предотвращения ветровой эрозии и создания лучшего водного режима.

При зарастании рекультивируемых площадей кустарником высотой до 6 м и диаметром стволов у корневой шейки до 0,09 м расчистку выполняют запашкой кустарника кустарниково-болотными плугами под пласт. Количество незаделанных древесных остатков на поверхности не должно превышать 1 %. Требуется от 3 до 4 лет для перегнивания запаханной древесины, в течение которых ее нельзя перепахивать. При этом способе исключены такие операции, как сбор древесины в валы, вывоз и уничтожение ее [1, 4].

Древесину, извлеченную из залежи в процессе добычи торфа, а также порубочные остатки древесины и пни из валов используют в качестве твердого топлива. В противном случае древесину сжигают на месте или

вывозят на минеральные земли и там сжигают в период с ноября по март, соблюдая правила пожарной безопасности.

При рекультивации площадей под залесение по согласованию с лесхозами сведенную древесную растительность оставляют на месте, предварительно утрамбовав ее тракторами.

Наиболее дорогостоящая и трудоемкая работа – выравнивание (планировка) рекультивируемой поверхности. Ее выполняют в два этапа:

1 Грубое выравнивание, включающее засыпку старой осушительной сети на фрезерных полях, разравнивание продольных и поперечных перемычек и дамб торфяных карьеров, засыпку ям, старых пожарных водоемов, западин и глубоких понижений. Грубое выравнивание выполняют бульдозерами после проведения осушительных работ.

2 Качественное выравнивание поверхности, способствующее улучшению организации поверхностного стока, обеспечению равномерности увлажнения верхнего слоя почвы, улучшению условий применения широкозахватной и скоростной сельскохозяйственной техники.

3.4 Основные положения биологической рекультивации выработанных месторождений торфа

Биологическая рекультивация выработанных торфяников при их использовании в сельскохозяйственных целях направлена на активизацию микробиологических процессов и регулирование скорости минерализации органического вещества. Для этого применяют агротехнику и сбалансированное органическое и минеральное питание [1, 4].

Продолжительность биологической рекультивации зависит от мощности и свойств оставшегося после разработки слоя торфа, а также от эффективности выращиваемых культур (таблица 4).

Таблица 4 – Продолжительность биологической рекультивации в зависимости от мощности и свойств оставшегося после разработки слоя торфа

Торф	Степень разложения	Мощность, м	Продолжительность биологической рекультивации, лет
Низинных болот	Высокая	более 3	1
		0,3 – 0,5	2
	Средняя	более 0,5	2
	Слабая	–	3
Верховых и переходных болот	–	–	3

В качестве предварительных культур используют однолетние травы на зеленые удобрения, семена, зеленый корм, сено и травяную муку. Для этого выполняют первичную обработку почвы, выбирают культуры для посева, вносят химические мелиоранты и удобрения.

Первичная обработка способствует сохранению и накоплению влаги, очищению почвы от сорной растительности, регулированию водного и питательного режимов, повышению в ней процессов аэрации, активации биологических процессов, разложению вредных соединений.

В состав операций первичной обработки входят вспашка, дискование, фрезерование и прикатывание. Вначале проводят плужную вспашку с последующей разделкой пласта дисковой бороной.

В случае неглубокой вспашки пласт разделяют под небольшим (от 8° до 11°) углом атаки дисковых борон, а дискование проводят сначала вдоль пласта, чтобы исключить извлечение древесных остатков и дернины на поверхность, а затем под некоторым углом.

При глубокой вспашке пласт разделяют под большим (до 90°) углом. Дискование начинают спустя 3 – 5 сут. после вспашки.

На мелкозалежных торфяных почвах более рациональный способ первичной обработки – фрезерование. Оно способствует сохранению органического вещества торфяной залежи, не нарушает естественного распределения биологической активности по слоям торфа.

После первичной обработки почвы рекультивируемые площади прикатывают до посева или после посева с целью уплотнения и выравнивания поверхности для равномерной заделки семян по глубине. Также, прикатывание способствует увлажнению пахотного слоя торфа.

В качестве предварительных культур рекомендуют возделывать овес, корнеплоды, картофель, озимую рожь, горохоовсяную смесь, люпин. Выбор культур определяется потребностью в них хозяйств, почвенно-климатическими условиями района, степенью разложения торфа.

При возделывании культур происходят усадка и уплотнение торфа, усиливаются микробиологические процессы и минерализация его.

Придонный слой торфа многие столетия находился в анаэробных условиях, поэтому процессы разложения органического вещества и накопление подвижных форм элементов питания в первые годы освоения протекают медленно. Источником питания в этот период для растений служат в основном удобрения. Дозы минеральных удобрений зависят от сроков и способов их внесения, планируемой урожайности, обеспеченности почвы элементами питания, биологических особенностей культур. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в качестве минеральных рекомендуют вносить калийные удобрения. Минеральные удобрения вносят в почву как осенью под озимые, так и ранней весной как подкормку или при посеве (таблица 5) [4].

Таблица 5 – Средние нормы калийных удобрений при окультуривании 1 га выработанных торфяных месторождений

Культура	Травы однолетние и многолетние	Корнеплоды и клубнеплоды	Зерновые и бобовые
Доза, кг	180 – 240	200 – 240	150 – 180

Органические удобрения вносят в зависимости от мощности остаточного торфа, но не менее 30 – 40 т/га рекультивируемой площади.

Наибольшей эффективности достигают при выращивании культур в таком порядке:

– первый год: викоовсяная травосмесь; горохоовсяная травосмесь; люпиноовсяная травосмесь;

– второй год: люпин на зеленый корм; райграс однолетний на зеленый корм; овес на зеленый корм; ячмень на зерно; рожь плюс вика озимая на зеленый корм;

– третий год: зерновые яровые (овес, ячмень) на зерно; рожь озимая на зерно; люпин на зеленый корм.

При выборе культур следует учитывать, что озимые выращивают только на участках, незатопляемых в половодье.

При лесоразведении используют районированные породы деревьев, предварительную посадку пионерных культур не проводят.

Затопленные карьеры можно использовать для регулирования поверхностного стока, в качестве источников орошения, рыбоводных предприятий, зон отдыха, звероводческих хозяйств и охотничьих угодий.

Рекультивируемые земли и прилегающая к ним территория после завершения всего комплекса работ должны представлять собой оптимально организованный и экологически сбалансированный устойчивый ландшафт.

3.5 Методы и способы обнаружения и тушения торфяных пожаров

Своевременно нерекультивированные торфяные выработки по тем или иным причинам возгорают, нанося соответствующий ущерб окружающей среде. Борьба с лесоторфяными пожарами включает в себя профилактические мероприятия, направленные на ограничение возможности возникновения и распространения пожаров, а также мероприятия по своевременному обнаружению возникающих пожаров и собственно тушение лесоторфяных пожаров.

Защита лесов от пожаров, своевременная их локализация и тушение – актуальные государственные проблемы. Лесные пожары чрезвычайно опасны, поскольку, как правило, быстро развиваются, охватывают большие территории, сопровождаются плотным задымлением и интенсивным тепловым излучением. Они наносят огромный ущерб национальной экономике, нередко приводят к гибели людей (рисунок 12) [4].



Рисунок 12 – Торфяной пожар в Подмосковье

Мероприятия по обнаружению и тушению лесоторфяных пожаров проводят:

- специализированная служба авиационной охраны лесов (авиалесоохрана);
- лесопожарные подразделения;
- персонал и технические средства лесхозов (лесная наземная охрана);
- персонал и технические средства других предприятий и организаций, привлекаемых для борьбы с огнем в условиях высокой и чрезвычайной степени горения лесов.

Специализированная служба авиационной охраны лесов представляет собой сеть, состоящую из региональных авиабаз и отделений с приданными им воздушными судами, средствами пожаротушения, связи и транспорта.

Борьба с пожарами и ликвидация пожара состоит из остановки пожара, его локализации, дотушивания и охраны.

Пожары возникают на всей территории страны (в обжитых регионах с развитой инфраструктурой; в глухих, недоступных в летний, самый пожароопасный период таежных массивах), будучи поистине катастрофическим явлением.

Ликвидация массовых лесных и торфяных пожаров часто осложняется труднодоступностью к очагам возгорания и удаленностью их от источников водоснабжения, нерациональностью, а порой и невозможностью привлечения автотранспорта для доставки воды. Торфяные пожары имеют свою особенность – горение происходит на глубине. Для локализаций очага пожара применяют бульдозеры, при помощи которых вскрывают землю до минерального слоя, что не всегда возможно, особенно в лесу. Для тушения торфяных пожаров используют воду из пожарных машин или водоемов. Для тушения необходимо не менее 500 – 600 л воды на 1 м². Тушат торф, поливая его из шланга или подавая воду в торф через стволы, заглубленные на 0,8 – 1 м.

Основные способы тушения лесных пожаров: захлестывание или забрасывание грунтом кромки пожара, устройство заградительных и минерализованных полос и канав, тушение пожара водой или растворами огнетушащих химикатов, отжиг (пуск встречного огня).

Тушение торфяных пожаров чрезвычайно сложно и трудно, когда горит слой торфа значительной толщины. Торф может гореть во всех направлениях независимо от направления и силы ветра, а под почвенным горизонтом он горит и во время умеренного дождя и снегопада.

Главный способ тушения подземного торфяного пожара – окапывание горячей территории торфа оградительными канавами шириной от 0,7 до 1 м и глубиной до минерального грунта или до уровня грунтовых вод. При проведении земляных работ используют мелиоративную и строительную технику: канавокопатели, экскаваторы, бульдозеры, грейдеры, другие машины, пригодные для этой работы. Окапывание начинают со стороны объектов и населенных пунктов, которые могут загореться от горящего торфа. Для тушения горящих штабелей торфа, а также подземных торфяных пожаров пользуются водой в виде мощных струй, заливая места горения торфа под землей и на поверхности земли [4].

При ликвидации горения необходимо:

- определить направление и скорость движения огня, толщину слоя торфа и его однородность, наиболее опасные участки, а также наличие строений и угрозы для них;
- наличие всех водоисточников, их объем и возможность использования для прекращения пожара;
- создать при необходимости запас воды путем строительства новых водоемов и поднятия уровня воды в каналах;
- наметить рубежи локализации и распределять по ним силы и средства;

– организовать круглосуточное несение постовой и дозорной службы силами населения в поселке, а также в местах, где возможен переход огня с торфяного предприятия или месторождения;

– руководствоваться заблаговременно разработанными планами эвакуации населения при эвакуации людей из населенных пунктов;

– организовывать защиту не горящих штабелей путем обильного их увлажнения распыленными струями, забрасывая сырой торфяной массой и выставляя посты;

– использовать стволы большой подачи при тушении горящих штабелей;

– пользоваться при тушении кускового торфа стволами с распыленными струями воды со смачивателями с одновременным удалением (очесыванием) сгоревшего слоя торфа;

– использовать технические средства для создания противопожарных разрывов и разборки штабелей имеющимися на торфопредприятии машинами;

– выставить после ликвидации пожара штабелей торфа постовых и установить общее наблюдение за территорией.

В целях профилактики торфяных пожаров необходимо развивать дорожную сеть с кюветами и пожарными водоемами, а на объектах осушения проектировать и строить противопожарные разрывы с каналами и отделять такими каналами суходолы от болот.

Наиболее эффективно при борьбе с крупными лесными пожарами создание противопожарных барьеров – участков территории, препятствующих распространению и развитию лесных пожаров. Действие противопожарных барьеров основано на том, что они или не содержат горючих материалов, или количество, состав и свойства их таковы, что первичные загорания на территории барьера маловероятны, а движущиеся фронты огня не находят на таких участках материала для поддержания горения.

Противопожарные барьеры разделяют на четыре основные группы:

– практически негорючие противопожарные барьеры, включающие участки земной поверхности, которые не содержат горючих материалов, это прежде всего водные преграды (реки, озера, водохранилища, каналы, не заросшие растительностью), дороги, вспаханные поля (не торфянистые), песчаные гряды, каменные россыпи;

– с ограниченным количеством горючих материалов, т.е. с недостаточным содержанием в почве материалов, способствующих поддержанию интенсивного горения. К ним относятся лесные дороги, тропы, минерализованные полосы, разрывы, просеки;

– с наличием в почве горючих материалов низкой пожарной опасности: участки с лиственным или смешанным древостоем, полосы из люпина, картофеля, полосы лесной территории, обработанные растворами замедлителей горения;

– комбинированные, включающие в различных сочетаниях барьеры указанных трех групп, например, противопожарные разрывы с дорогами и минерализованными полосами, лиственным древостоем (опушки), расчлененными минерализованными полосами и т.д.

Создание противопожарных барьеров третьего типа предусматривает применение специальных составов – замедлителей горения [4].

Для тушения лесоторфяных пожаров необходимо обеспечить следующие интенсивности подачи воды q (таблица 6).

Таблица 6 – Интенсивность подачи воды при тушении пожаров

Вид пожара	q , л/(м ² • с)	Время подачи $t_{\text{туш}}$
Низовой	0,1 – 0,15	30 – 60 с
Верховой	1	30 – 60 с
Торфяной	0,1 – 0,15	72 ч

Приведенные данные свидетельствуют о достаточно высоких значениях интенсивности подачи воды в сравнении с тушением пожаров в жилых домах, когда $q = 0,1 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Поэтому для тушения крупных лесоторфяных пожаров требуется использование специальной техники с высокой производительностью пожарных насосов.

Практика тушения очагов возгорания торфа показывает, что для их ликвидации требуются большие финансовые затраты, использование технических средств и трудовых ресурсов. Однако при наличии всего этого даже в достаточных объемах не всегда удастся добиться желаемого эффекта. Это объясняется физико-химическими свойствами торфа, так как торф, являясь мощным водопоглотителем, обладает большой поглотительной способностью по отношению ко многим химическим элементам и особенно к воде, что предопределяет большой расход воды и затрат огнетушащих растворов для его тушения.

Еще один неблагоприятный фактор, осложняющий борьбу с пожарами на торфяниках, – высокая теплопроводность торфа из-за содержания в нем битумов (до 25 %). Как уже отмечалось ранее, горение битумов сопровождается повышением температуры горения и выделением парообразного парафина, который при встрече с холодными частицами торфа обволакивает их водонепроницаемой пленкой. В связи с этим наблюдается устойчивое горение нижних слоев, а тушение поверхностных очагов водой или непродолжительными осадками не дает желаемого результата.

При тушении горящих штабелей, а также подземных торфяных пожаров используют воду, формируемую в виде мощных струй. Водой заливают места горения торфа под землей и на поверхности земли. Опыт показывает, что в тушении могут быть использованы полевые магистральные трубопроводы (ПМТ), состоящие на оснащении Вооруженных сил Российской Федерации.

Комплекты ПМТ оснащены трубопроводами с условными диаметрами труб 100 и 150 мм, предназначенными для транспортировки светлых нефтепродуктов (при необходимости – нефти и воды) в полевых условиях на большие расстояния.

Каждый комплект представляет собой инженерно-технический комплекс, состоящий из труб, средств перекачки и другого оборудования, с помощью которого можно развернуть магистральную линию или необходимое число локальных линий суммарной протяженностью до 150 км.

Для раннего обнаружения лесоторфяных пожаров и оперативного тушения выявленных очагов загораний разработан передвижной комплекс с соответствующими противопожарными средствами. В него входят: один грузо-пассажирский автомобиль УАЗ «Фермер», три разборные телескопические мачты с телеустановками «Балтика-3», системы автономного питания, средства связи и прибор спутниковой навигации. Для тушения обнаруженных очагов загораний в каждом автомобиле установлен бак для воды, бак для пенообразователя, мотопомпа с пенным насадком, катушка с рукавной линией, торфяные стволы ТС-1М, ранцевые огнетушители, зажигательный аппарат и шанцевый инструмент. Для размещения людей предусмотрены также один вагон-прицеп и две палатки. Лесная площадь, охраняемая комплексом, в среднем составляет 17 000 га [4].

Разработаны экономичные летательные аппараты и космические средства. Это пилотируемые мотопланеры, использующие в режиме планирования энергию воздушных потоков, мотодельтапланы, вертолеты, парапланы, аэростаты с гиросtabilизированной платформой и беспилотные летательные аппараты.

Для обнаружения мест вероятных лесных пожаров сразу на больших территориях разработано программное обеспечение, позволяющее в автоматическом или полуавтоматическом режиме обрабатывать спутниковую информацию, полученную с метеорологических спутников. Для обнаружения скрытых очагов горения по их тепловому излучению еще в

70-х годах прошлого столетия было предложено использовать в условиях задымления инфракрасную аппаратуру. Для обнаружения пожаров с воздуха были разработаны лесопожарный авиадетектор «Тайга» и тепловизор «Тайга-2», которые успешно прошли испытания на торфяных пожарах. Для обнаружения скрытых очагов горения при сравнительно небольшой площади торфяного пожара был разработан ручной ИК-прибор «Кромка».

Для тушения лесных низовых и торфяных пожаров разработан целый ряд лесопожарных мотопомп подачи от 1 до 12 л/с и давлением $(5,5 - 12) \times 10^5$ Па, атм. Для повышения эффективности тушения лесоторфяных пожаров наземными командами рекомендуется применять систему торфяных стволов-пик ТС-1М, в комплект которой входит высокой производительности мотопомпа, подающая универсальный огнетушащий раствор, обладающий хорошими смачивающими и пенообразующими свойствами.

Для тушения низовых пожаров, являющихся первопричиной многоочаговых торфяных пожаров, используют лесные ранцевые огнетушители. Для тушения лесоторфяных пожаров применяют ручной ранцевый огнетушитель тройного действия ОР-2 и ранцевый автоматический огнетушитель с газогенератором ОЛУ-16. Огнетушители могут работать компактной или распыленной струей. Для пуска отжига от опорных полос, проведения контролируемых профилактических выжиганий, сжигания порубочных остатков разработан зажигательный аппарат АЗ-4.

Большие трудности возникают при борьбе с пожарами в лесах и на болотах, непроходимых для наземной техники, и там, где вблизи от пожара нет водоисточников. В такой сложной обстановке существенную помощь при тушении пожара может оказать авиация. В 90-х годах прошлого века в России было разработано авиационное сливное оборудование для самолетов Ан-2, Бе-12 и Ил-76 с баками вместимостью соответственно 1,2; 6 и 42 м³. Более высокой огнетушащей эффективностью обладают вертолеты ВСУ-5А, оснащенные водосливными устройствами. Мягкая емкость этого устройства

расположена на внешней подвеске и управляют ей с борта вертолета. В зависимости от грузоподъемности вертолета вместимость мягкой емкости можно регулировать специальной манжетой в диапазоне от 1,3 до 2,5 м³ для вертолетов Ми-8Т, Ми-8МТ и от 3 до 4,5 м³ для вертолетов Ми-8МТВ, Ка-32.

Наряду с профилактикой пожаров важная часть успешной борьбы с ними – их раннее обнаружение и отслеживание динамики их развития, т.е. ведение пожарной разведки.

Наиболее перспективный способ, позволяющий осуществлять пожарную разведку в условиях сильной задымленности, – использование аппаратуры, работающей в инфракрасной области электромагнитного излучения, поскольку это излучение обладает большей проникающей способностью в аэродисперсных системах, чем видимое излучение. Для оценок предельных значений задымленности, при которых можно реально наблюдать очаг пожара, были выполнены лабораторные и натурные эксперименты с использованием лазера ЛГ-73 и комплектов тепловизионной аппаратуры отечественного производства КТА-1 и ТВ-03.

Также для тушения торфяных пожаров можно использовать устройство АСП-500, представляющее собой пластиковую цилиндрическую емкость вместимостью 450 л, диаметром 0,5 м, длиной около 3 м и заполненную огнетушащим составом. Внутри емкости, вдоль продольной ее оси, размещен линейный детонатор, генерирующий цилиндрическую волну сжатия, способную разрушать оболочку и распылять огнетушащий раствор в радиусе 15 м [4].

Высота волны разлета огнетушащего состава от 3,5 до 4 м. Мощность взрывного устройства в тротиловом эквиваленте составляет 5 % массы заряда, что позволяет считать разрушение АСП-500 безопасным в части осколочного и фугасного воздействия за пределами 15-метровой зоны.

Федеральным центром ВНИИ Гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций разработана система мониторинга и прогнозирования пожарной обстановки на территории Российской Федерации, складывающейся в

результате возникновения и развития лесных и торфяных пожаров. Эта система позволяет оценить риски воздействия поражающих факторов лесоторфяных пожаров на объекты антропогенной среды, оперативно выявить очаги возгорания и спрогнозировать динамику их развития с целью своевременного принятия решений, направленных на смягчение последствий и снижение экономического ущерба от воздействия поражающих факторов на окружающую среду. Ядром данной системы является ГИС «Экстремум».

С 1997 г. в МЧС России функционирует территориально-распределенная подсистема приема и обработки авиационно-космической информации, охватывающая большую часть Евроазиатского континента. Подсистема включает наземные станции приема и обработки получаемых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), находящихся в гг. Москва, Красноярск, Владивосток, Элиста с космических аппаратов: NOAA, «Метеор-ЗМ», «Terra». Подсистема включает также средства телекоммуникации и связи, позволяющие передавать информацию в оперативном режиме с географической привязкой к системе координат.

Территориально-распределенная подсистема приема и обработки авиационно-космической информации предназначена для оперативного выявления природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, мониторинга потенциально опасных территорий и объектов, а также обеспечения информацией органов управления федерального и территориального уровней.

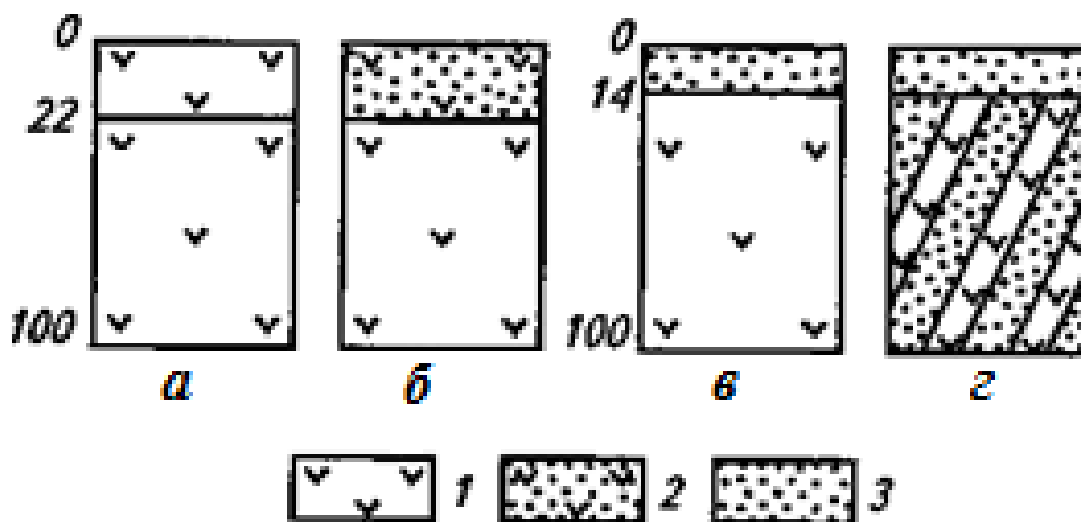
Для решения задачи мониторинга пожарной обстановки Центр приема и анализа авиационно-космической информации постоянно проводит мониторинг всей территории Российской Федерации. Видовая и аналитическая информация о местах возникновения пожаров и их параметрах по каналам связи в оперативном режиме передается в Центр управления, в кризисных ситуациях – МЧС России, МЧС Республик Российской Федерации, Региональным центрам по делам ГОЧС МЧС России, Главные управления по делам ГОЧС субъектов Российской Федерации,

Администрации субъектов Российской Федерации. Технология мониторинга лесных (степных, торфяных, крупных техногенных) пожаров позволяет МЧС России получать и анализировать пожарную обстановку от 3 до 4 раз в сутки с определенных территорий по всей территории Российской Федерации и приграничных районов.

Почвоохранные системы земледелия в снижении пожароопасных ситуаций на осушенных торфяниках

Одним из способов борьбы с лесоторфяными пожарами может служить правильно организованная культура земледелия.

На осушенных торфяных почвах используют четыре культуры земледелия – черную, смешанную (северную), покровную (римпаускую) и немецкую песчаную смешанослойную (рисунок 13). Три последние можно рассматривать как почвоохранные.



а – черная (обыкновенная); б – смешанная (северная); в – покровная (римпауская), или насыпная; г – немецкая песчаная смешанослойная культура земледелия; 1 – торф; 2 – торф, смешанный с песком; 3 – песок, супесь.

Рисунок 13 – Схема изменения строения почвенного профиля при применении разных культур земледелия на осушенных болотных массивах

Черная культура земледелия предполагает использование торфяных почв без внесения минеральных добавок.

Прямое использование торфяных почв в земледелии без дополнительных мероприятий по изменению зольности поверхностного слоя или его перекрытия минеральным субстратом получило название черной культуры земледелия на низинных осушенных болотах.

При черной культуре особенно на фоне использования почв для возделывания пропашных растений органическое вещество торфа интенсивно разлагается.

Черный (или обыкновенный) способ культуры торфяных почв наиболее широко применяют в России при освоении низинных болот. Выращивают растения на хорошо обработанном, удобренном торфянике при отрегулированном водно-воздушном режиме. Особый интерес представляют вопросы регулирования режима грунтовых вод, поскольку темпы сработки торфа резко замедляются, когда осушение болотных почв сопровождается поддержанием лугового типа водного режима, т.е. когда капиллярная кайма, поднимающаяся от грунтовых вод, устанавливается в поверхностных горизонтах почвенного профиля. Этим требованиям полнее всего отвечают мелиоративные системы с машинным водоподъемом (системы польдерного типа), в границах которых с помощью насосных станций можно активно регулировать уровни грунтовых вод. Однако даже регулирование уровней грунтовых вод не исключает самовозгорания торфяников.

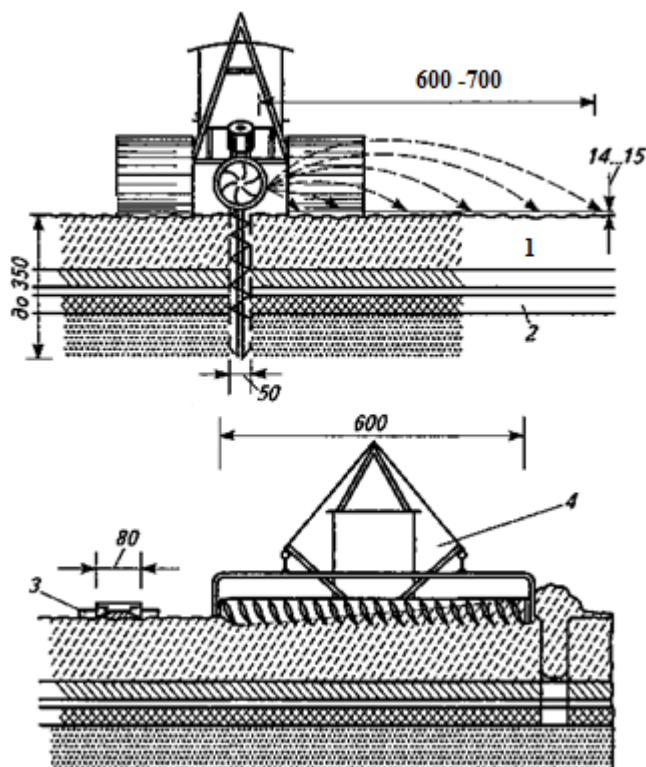
Наибольшего противопожарного эффекта можно достичь применением песчаной культуры земледелия. Песчаные культуры земледелия наиболее широко применяют в странах северной и средней Европы (Финляндии, Швеции, Норвегии, Дании, Германии). В России такие системы использования торфяных почв распространены ограниченно. Тем не менее они были достаточно широко известны еще в начале XX столетия как пескование торфяных почв [4].

Под пескованием (синонимы – северная, смешанная, шведская культуры земледелия на осушенных торфяных почвах) понимают внесение песка в пахотный горизонт. Пескование в Германии, где этот прием рассматривают как обязательный при освоении болотных органогенных почв, называют смешанно-песчаной культурой. Нормы внесения песка обычно от 300 до 600 т/га. Вначале песок распределяют с помощью тележек или автомобилей с автоматическими разбрасывателями, дискуют тяжелыми дисковыми боронами и затем тщательно перемешивают с торфом пахотного горизонта в процессе многолетней систематической пахоты. Этот способ агромелиорации способствует улучшению физических и химических свойств, водного, теплового и питательного режимов торфяных почв и в целом снижению пожароопасности.

При создании покровной культуры на поверхности торфяной почвы формируют пахотный песчаный горизонт мощностью 16 см с последующей припашкой от 2 до 3 см торфа для его обогащения органической массой. Этот прием получил название покровной, или римпауской, культуры (по фамилии землевладельца, впервые в 1887 г. предложившего такой способ использования осушенных торфяных почв). Для формирования песчаного пахотного слоя на поверхности осушенных торфяных почв необходимо разместить от 1800 до 2200 т/га песка. Бурты вывезенного на поле песка тщательно распределяют по спланированной территории грейдерами.

Процесс формирования песчаного горизонта дорог и трудоемок. Но он быстро (через 2 – 3 года) окупается значительным дополнительным урожаем (до 20 % – 30 % и более). Кроме того, продолжительность последствий этого эффективного агромелиоративного мероприятия остается неопределенно долгой. Покровная культура осушенных торфяных почв имеет и другие существенные преимущества. Резко повышается несущая способность почв, улучшаются условия работы сельскохозяйственной техники и транспортных средств, снижается или полностью исключается угроза пожаров и сокращается опасность эрозии. Наконец, покровная

культура существенно снижает вынос органической массы торфа с урожаем. Известен положительный опыт полной механизации этих работ. Так, в последние годы в Германии широко используют шнековое устройство, смонтированное на тракторе. Особенность такой машины заключается в том, что шнеком на поверхность извлекают песок, непосредственно подстилающий толщу торфа (рисунок 14).



1 – торф; 2 – песок; 3 – фреза; 4 – шнек-планировщик.

Рисунок 14 – Машина для извлечения на поверхность осушенных торфяных почв песка (супеси) и формирования насыпного минерального пахотного горизонта (размеры в см)

С помощью специального устройства песок выбрасывается на поверхность лентой шириной от 6 до 7 м за один проход машины. Затем глубокая борозда, образуемая после прохода шнека, заполняется торфом с помощью фрезы.

Следует отметить и то, что покровная культура расширяет возможность использования осушенных торфяных почв. После применения этой культуры земледелия можно возделывать не только многолетние травы, но и пропашные, а также зерновые культуры. В северных странах европейского континента (Швеции, Дании, Германии и др.) в условиях покровной культуры используют тысячи гектаров таких земель, на которых размещаются сенокосы, пастбища, пропашные (кукуруза, турнепс, свекла, картофель и др.), зерновые. Немецкая песчаная смешанослойная культура земледелия на осушенных торфяных почвах получила широкое распространение в Голландии, Дании и Германии на ранее осушенных массивах. Ее используют на болотных почвах с мощностью слоя торфа от 0,5 до 2,4 м, осушенных систематической сетью открытых каналов, врезанных в мощную толщу подстилающего песка [4].

Подобные болотные почвы глубоко вспахивают плугами специальной конструкции В. Оттомайера с удлиненным винтовым отвалом. Плуг позволяет производить глубокую вспашку с оборотом всего торфяного слоя. В результате такой обработки торфяные горизонты размещаются в почве в виде отдельных пластов под углом 45° , между которыми залегает мощная прослойка песка. На поверхности таких торфяных почв одновременно формируется так же, как и при римпауской культуре, песчаный пахотный горизонт мощностью от 14 до 16 см. В этот горизонт вносят органические и минеральные удобрения. Преимущество смешанослойной песчаной культуры торфяных почв заключается в том, что в этом случае тормозится разложение органики, погребенной под слоем песка, а в торфяных, косо поставленных слоях растения находят доступную влагу. Пограничные песчаные блоки обеспечивают быстрый дренаж избыточной влаги в открытую сеть каналов или в закрытый дренаж.

Такая обработка дает торфяным почвам все преимущества римпауской культуры и одновременно исключает ее существенную негативную особенность. Смешанослойная культура предотвращает возможность

вторичного переувлажнения почв в результате их переуплотнения при систематической обработке.

Пескование снижает опасность возгорания с поверхности осушенных торфяных почв, а покровная культура практически исключает эту угрозу.

Смешанную и покровную культуры земледелия на осушенных торфяных почвах рассматривают как активные способы их защиты от пирогенного воздействия.

Рекультивация торфяников после пирогенной их деградации

Пожары на осушенных торфяных почвах – широко распространенное явление, но по ряду причин недостаточно изученное. Вместе с тем площади таких пожарищ следует рассматривать как территории экстремального экологического бедствия из-за тотальной потери почвенного слоя. Осушенные торфяные почвы в этом случае преимущественно замещаются минеральными пирогенными образованиями, отличающимися полной или частичной потерей плодородия. Однако отрицательная роль пожаров этим не исчерпывается. Они ограничивают реальные ареалы местообитания и деятельности человека, снижают видовое разнообразие флоры и фауны, являются причиной огромных одномоментных выбросов в атмосферу диоксида и окислов азота, миграции нитратов в грунтовые воды, усиливают парниковый эффект, что подтверждает многофакторное отрицательное влияние пожаров на экологическое состояние значительных территорий. Процесс уничтожения осушенных торфяных почв имеет явную тенденцию быстрого роста.

Опасность пожаров осушенных торфяных почв велика еще и потому, что уровни грунтовых вод, особенно на самотечных осушительных системах или нестабильно управляемых польдерах, подвержены значительным колебаниям. В период летней межени нередко происходит отрыв капиллярной каймы грунтовых вод от нижних горизонтов торфяных почв и

их сгорание. При этом на поверхность выходит бесплодный оглееный кварцевый песок.

Территория, охваченная пожаром, полностью лишается плодородного почвенного органогенного слоя мощностью от 0,5 до 1,2 м. Поверхность пожарища почти не занята растительностью и подвержена активной ветровой эрозии. Она обычно покрыта слоем желто-охристой золы, легко развеваемой в сухом состоянии. Ее мощность колеблется от 1 – 2 до 10 – 16 см, в зависимости от типа пирогенных образований.

На месте плодородных осушенных почв возникают вторичные пирогенные образования. Вторичный пирогенный покров массива после пожара весьма неоднороден по своим свойствам. На сгоревшем торфяном массиве могут быть следующие виды вторичных пирогенных образований, с которыми может быть связана дифференциация способов восстановления их плодородия. Их морфологическое строение характеризуется следующими особенностями [4].

Пирогенно-перегнойные образования образуют значительную (до 4 %) площадь территории сгоревшего массива. Их верхний горизонт мощностью от 6 до 10 см образован массой желто-охристой золы, содержащей значительное количество гидроокиси железа. Ниже залегает темноокрашенный слой супеси, мощность которого варьирует от 10 до 20 см. глубже залегает светло-серый оглееный песок.

Пирогенно-песчаные образования (от 15 % до 20 % площади) отличаются от предыдущего отсутствием углистого и перегнойного слоев. Последний в некоторых случаях может присутствовать в профиле, но его мощность при этом не превышает 3 – 5 см. По всем другим признакам морфология пирогенно-песчаных образований совпадает с морфологией пирогенно-перегнойных.

Поверхностный ярко-охристый слой золы обязан своим происхождением полностью сгоревшему слою торфа. Чем мощнее был слой торфа в исходном состоянии, тем больший образуется на поверхности слой

зола. Находящийся непосредственно под слоем золы материал – углистая масса не полностью сгоревшего торфа. Перегнойный горизонт унаследован вторичными пирогенными образованиями от исходных торфяных почв.

Песчаные образования генетически связаны с подъемами минерального дна болотного массива. Они приподняты на 0,3 – 0,5 м над окружающей поверхностью. Песчаные образования занимают около 30 % территории пожарища. Морфологическое строение профиля следующее: 0 – 8 см – смесь песчаных зерен кварца и углистого крупитчатого материала темно-серого цвета, уплотнена. Верхние 5 см более рыхлые и несколько темнее за счет большей концентрации углистой массы в его составе, 8 (12) – 87 см – плотный белесый однородный песок с ржавыми пятнами.

Пирогенно-древесно-песчаные образования на участках исходного торфа с массой погребенной древесины, перекрытые с поверхности слоем плотной спекшейся ствольной древесины, мощностью от 0,1 до 0,3 м. древесные остатки образуют своеобразный панцирь на поверхности оглеенного минерального субстрата. Отличие этих образований от остальных – присутствие в верхней части пирогенно преобразованной древесины, сохранившей свою структуру.

Необходимо отметить неоднородность сгораний торфяной толщи подобных образований. В итоге формируется специфический рельеф, представляющий собой сочетание повышенных участков, вертикально обрывающихся и переходящих в понижения, поверхность которых покрыта слоем золы (от 3 до 5 см), сходной с золой пирогенно-перегнойных образований. Причина неоднородности связана с локальным скоплением погребенной древесины в исходном торфе, а также с дефляцией золы с повышенных участков микрорельефа в понижения. В профиле таких почв возможен активный капиллярный переток влаги от зеркала грунтовых вод к поверхностным слоям профиля.

Пирогенно измененные торфяные почвы имеют определенное локальное распространение на осушенных массивах польдеров. Они строго

приурочены к трассам открытых каналов и простираются по всей длине открытых дренажных линий узкой лентой шириной от 5 до 8 м. их органические горизонты могут иметь мощность от 0,7 до 0,8 м. Особенность этих образований – интенсивное иссушение поверхностных слоев торфа (мощностью от 20 до 25 см). В условиях высоких температур происходит необратимая коагуляция органических коллоидов. Торф приобретает высокую гранулометрическую прочность и утрачивает способность к набуханию и смачиванию. Классификация пироженных образований полесий приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Пироженные образования после сгорания осушенных торфяных почв полесских ландшафтов

Вид вторичных пироженных образований и почв	Исходный вид осушенной торфяной почвы (до пожара)	Особенности морфологии профиля вторичных пироженных образований и почв		
		Мощность сохранившегося торфа	Мощность слоя золы, см	Минеральное дно болота
Пироженно-перегнойно-песчаная	Торфяные низинные мало- и среднечеткие	Нет	6 – 16 и более	Оглеенный песок
Пироженно-песчаная	Низинные торфяно-глеетые	-	3 – 6	То же
Песчаная	Низинные торфянисто- и торфяно-глеетые	-	Менее 3	Оглеенный песок
Пироженно-древесно-песчаная	Торфяные низинные мало- и среднечеткие с включением больших масс стволотой древесины	-	Рассеянная масса золы в верхней части профиля; самостоятельный горизонт золы не выражен	Оглеенная супесь, прослой суглинка, песок

Продолжение таблицы 7

Вид вторичных пирогенных образований и почв	Исходный вид осушенной торфяной почвы (до пожара)	Особенности морфологии профиля вторичных пирогенных образований и почв		
		Мощность сохранившегося торфа	Мощность слоя золы, см	Минеральное дно болота
Пирогенно измененная торфяная почва	Торфяные низинные среднемошные	70 % – 80 % исходной мощности в верхнем полуметре. Ниже – 100 %-я сохранность	1 – 2	Оглеенный песок

Пирогенные образования, в профиле которых произошло практически полное выгорание органогенных горизонтов или их сгорание до уровня грунтовых вод, подлежат рекультивации.

Возможны три формы использования пирогенных образований: без восстановления гипсометрического уровня сгоревшего торфяного массива; с восстановлением гипсометрического уровня сгоревшего торфяного массива; с созданием искусственной заболоченной территории.

По первой форме освоения территорий, нарушенных пирогенными образованиями, необходимо учитывать возможность их использования в естественном состоянии без восстановления первоначального гипсометрического уровня. Определенные виды пирогенных образований можно рассматривать как потенциальные луговые угодья. Однако в целом перспективы такого освоения для разных видов образований различны и ограничены [4].

Использование пирогенных образований в сложившемся состоянии в качестве земельных угодий следует рассматривать как экстенсивную форму их сельскохозяйственного использования, с учетом дифференцированного подхода к освоению в зависимости от конкретных свойств.

Поскольку пирогенные образования отличаются значительной аккумуляцией золы, их освоение целесообразно начинать на второй год после возникновения пожара, т.е. сразу после выноса основной массы углекислого калия (поташа) с паводковыми водами и атмосферными осадками.

Пирогенные образования отличаются относительно благоприятным водным режимом, но обладают низким плодородием по сравнению с другими минеральными образованиями. Их залужение возможно только после внесения значительных масс органических (до 100 – 150 т/га) и минеральных удобрений, а также выборочного известкования.

Несмотря на определенные различия в свойствах и плодородии все пирогенные образования при их вовлечении в сельскохозяйственный оборот находятся в неблагоприятных условиях. На большей части их площади применение обычной сельскохозяйственной техники затруднено, так как ее проходимость резко снижается из-за близкого расположения уровня грунтовых вод. Поэтому необходимо применение легких тракторов и малотоннажных транспортных средств. Также целесообразно быстро выполнять залужение пирогенных образований, так как плодородный слой золы будет не только смыт паводковыми водами и атмосферными осадками, но и активно эродирован ветром.

По второй форме освоения территорий, нарушенных пирогенными образованиями, предполагается интенсивное сельскохозяйственное использование пирогенных образований на сгоревших осушенных болотных массивах, для чего необходимо:

- восстановление исходного гипсометрического уровня сгоревшего торфяного массива до его исходных высотных отметок путем землевания территории почвогрунтовой массой, доставляемой на рекультивируемый массив;

- формирование поверхностного плодородного и влагоемкого пахотного горизонта. Мероприятия по его созданию заключаются не только

во внесении в поверхностные слои искусственно формируемого почвенного профиля органических и минеральных удобрений, заправки сидератов, но и в придании пахотному горизонту способности сорбировать катионы и удерживать влагу осадков. Последнее предполагает внесение в этот горизонт небольших масс суглинистого грунта. В этом случае такие минеральные вторичные антропогенные почвы можно будет использовать не только для размещения трав, но и широкого набора районированных сельскохозяйственных растений (зерновых, картофеля, овощных культур).

Третья форма освоения пирогенных образований заключается в искусственном заболачивании территории и создании на таких массивах плантаций по производству клюквы. В частности, так используют сработанные верховые и переходные торфяные массивы в Германии. Однако такое использование пирогенных образований на сгоревших низинных торфяных почвах неперспективно для территорий, приуроченных к поймам рек [4].

Работы по рекультивации пирогенных образований выполняют на основе проекта, для составления которого необходимо изучение рекультивируемого массива как в зоне пожарищ, так и прилегающих к нему уцелевших от пожаров территорий. Проект разрабатывают на основе материалов натурных изысканий, принятых для мелиоративного строительства. Для этого выполняют крупномасштабную топографическую съемку массива рекультивации в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 с горизонталями через 0,25 м и полугоризонталями через 0,125 м. Топографические материалы должны обеспечить возможность тщательного проектирования земляных работ, связанных с подъемом поверхности при землевании, а также планировочных работ по всей площади сгоревшего массива.

На основе полученных топографических материалов выполняют крупномасштабную почвенно-мелиоративную съемку (на несгоревших массивах) и съемку пирогенных образований (в зоне пожарищ).

В составе почвенно-мелиоративных изысканий предусматривают работы по составлению агрохимических картограмм, отражающих содержание доступных форм для растений фосфора и калия, а также картограмм рН пирогенных образований. Такие картограммы составляют с учетом границ пирогенных образований. Дополнительно к этому для пирогенно-перегнойных образований приводят расчет средневзвешенного содержания фосфора, калия и рН для верхнего горизонта (слой от 0 до 20 см).

Культуртехнические изыскания выполняют в контурах пирогенных образований, в профиле которых содержится погребенная древесина. С помощью этих изысканий оценивают каменистость подстирающих моренных отложений. В случаях, когда постпирогенный период не превышает 2 лет, а на территории массива отсутствуют отрицательные формы вторичного рельефа (ямы, крупные выемки, валы и др.), культуртехнические изыскания не выполняют. На объектах с постпирогенным периодом более 2 лет предусматривают полномасштабную культуртехническую съемку с составлением культуртехнической карты с поконтурной экспликацией, поскольку такие площади заселяются кустарником и древесной растительностью. Ботаническую съемку выполняют на массивах, постпирогенный период которых равен или превышает 4 года.

Для гидрогеологической оценки рассматриваемой территории обычно используют материалы изысканий, выполненных ранее для обоснования проекта осушения. При их отсутствии выполняют новую инженерно-геологическую съемку в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 25 000. Полученные материалы изысканий необходимы и достаточны для дифференциации территории по признакам заболачивания, генезису и составу почвообразующих пород.

Для проектирования мероприятий по рекультивации пирогенных образований последние объединяют в две группы:

- пирогенные образования на легководопроницаемых породах, заболоченные грунтовыми водами;

– пирогенные образования на тяжелых слабопроницаемых породах, заболоченные поверхностными водами [4].

Эти группы могут занимать значительные территории. Так, пирогенные образования первой группы в ареалах активного влияния грунтовых вод на легких породах занимают практически все территории пожарищ в полесских ландшафтах. Их отличительная особенность – все элементы ландшафта находятся в тесной гидрогеологической взаимосвязи. Локальное понижение уровня грунтовых вод немедленно распространяется здесь на значительные территории. Поэтому при мелкоконтурном распространении заболоченных пирогенных образований внутри крупных массивов полнопрофильных плодородных осушенных органогенных почв применение дополнительного дренажа усилит пирогенную опасность всего массива.

Вместе с тем использование дренажа для осушения пирогенных образований на тяжелых породах в условиях поверхностного заболачивания может оказаться целесообразным.

Общая принципиальная направленность мероприятий по рекультивации пирогенных образований первой формы заключается в подъеме их гипсометрического уровня до отметок, при которых обеспечивается нормальное физиологическое развитие проектируемых культур. Поскольку рекультивированные антропогенные почвы в этом случае будут иметь минеральный состав всех горизонтов профиля, то после завершения рекультивационных работ возможно размещение любых районированных культур. При этом в поймах возможно возделывание яровых культур и устойчивых к затоплению полами водами многолетних трав. В условиях внепойменных территорий на рекультивированных почвах возможно возделывание всех районированных в рассматриваемом регионе сельскохозяйственных растений.

При проектировании мероприятий по рекультивации пирогенных образований следует учитывать распространение ожелезненных и жестких карбонатных грунтовых вод. В условиях их близкого залегания к дневной

поверхности будет происходить постоянный процесс гидрогенной аккумуляции гидроксида железа и углекислого кальция в верхних горизонтах почвенного профиля. Даже при относительно невысоких концентрациях эти соединения будут оказывать отрицательное влияние на продуктивность сельскохозяйственных растений, гидрологический режим почв и работу дренажной сети. В этих случаях должны быть предприняты дополнительные мероприятия по защите почв и растений от негативного влияния этих факторов [4].

Вовлечения пирогенных образований в хозяйственное использование без проведения рекультивации актуально в тех случаях, когда для этого отсутствуют необходимые средства. В этой ситуации на территориях распространения пирогенных образований благодаря близкому залеганию грунтовых вод могут быть созданы фермы для разведения водоплавающей птицы, рыбохозяйственные пруды, организованы охотничьи угодья, зоны туристического рыболовства. Массивы пирогенных образований выборочно могут быть использованы для размещения плантаций ивы корзиночной и организации на этой базе кустарного производства мебели и других изделий.

Контрольные вопросы

1 Дайте определение понятиям: торф, торфяная залежь, торфяное месторождение.

2 Что представляет собой торф? Охарактеризуйте его полезность. Какими физико-химическими свойствами обладает торф?

3 Чем отличается низинный торф от верхового?

4 Охарактеризуйте способы добычи торфа: фрезерный, гидравлический, машиноформовочный, резной.

5 Дайте характеристику подготовительному этапу рекультивации выработанных месторождений торфа.

6 Что включает в себя этап создания осушительно-увлажнительной системы?

- 7 В чем заключаются культуртехнические работы?
- 8 Охарактеризуйте этап биологической рекультивации выработанных месторождений торфа.
- 9 Перечислите и охарактеризуйте основные методы и способы обнаружения и тушения торфяных пожаров.
- 10 Назовите основные группы противопожарных барьеров.
- 11 Какое свойство торфа осложняет борьбу с пожарами на торфяниках?
- 12 Каким образом правильно организованная культура земледелия может служить способом борьбы с лесоторфяными пожарами?
- 13 В чем заключается рекультивация торфяников после пирогенной их деградации?
- 14 Дайте характеристику пирогенным образованиям, образованным после сгорания осушенных торфяных почв.
- 15 Охарактеризуйте лесные и торфяные пожары по их опасности.
- 16 Какова роль систем земледелия в предупреждении пожаров на торфяниках?

4 Восстановление нарушенных агрогеосистем

4.1 Методы и способы рекультивации нарушенной агрогеосистемы

Нарушенные агрогеосистемы могут иметь следующие негативные последствия антропогенной деятельности: опустынивание, дегумификацию, переувлажнение, закисление, засоление, осолонцевание, загрязнение остаточным количеством пестицидов, тяжелыми металлами, нефтью, нефтепродуктами и другими токсичными веществами. Восстановления устойчивого функционирования нарушенной агрогеосистемы достигают, управляя круговоротами веществ и потоками энергии. Основу системы

управления такими круговоротами составляют принципы природообустройства, обеспечивающие поддержание основных свойств геосистемы. Главные методы создания требуемого рекультивационного режима при восстановлении почвенного слоя – управление водным, химическим, тепловым, газовым и питательным режимами, а также использование специальных растений, растительных сообществ и микроорганизмов.

Для борьбы с дегумификацией применяют восстановление содержания гумуса с помощью адаптивных и почвозащитных систем земледелия (внесение удобрений, культивирование специальных севооборотов, содержащих бобовые травы, поддержание благоприятного для биоты водно-воздушного режима почвы с помощью мелиоративной системы и др.).

Для рекультивации опустыненных земель применяют восстановление разрушенных эрозией почв путем организационно-хозяйственных мероприятий, применения восстанавливающих и почвозащитных приемов обработки, применения адаптивных систем земледелия, строительства оросительных и дренажных систем.

Для рекультивации переувлажненных земель – регулирование водного режима путем строительства осушительных и дренажных систем.

Для рекультивации кислых почв – снижение содержания ионов H^+ и Al^{3+} в ППК и растворе, известкование.

Для рекультивации засоленных почв – снижение содержания токсичных солей в почве ($NaCl$, Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaCl_2$) путем строительства оросительных и дренажных систем, которые обеспечивают соблюдение поливных режимов, проведение промывок, регулирование глубины грунтовых вод, посев солеустойчивых культур.

Для рекультивации солонцов – снижение содержания обменного натрия в ППК с помощью глубокой вспашки для обогащения солонцового горизонта нижележащим карбонатным слоем, глубокое рыхление, внесение гипса, посев фитомелиорантов (люцерна желтая, донник, горчица и др.).

При рекультивации земель, загрязненных пестицидами, используют специальную агротехнику, внесение биодеструкторов и посев фитомелиорантов.

Для рекультивации нарушенной агрогеосистемы строят инженерные системы природообустройства: инженерные мелиоративные системы, инженерно-экологические системы, инженерные природоохранные системы, инженерные противостихийные системы, инженерные системы регулирования водными ресурсами, инженерные системы водоснабжения, обводнения и водоотведения [4].

4.2 Рекультивация земель, образовавшихся в результате опустынивания

Стремление интенсивного использования территорий засушливых зон в сельскохозяйственных целях приводит к деградации экосистем и развитию процессов опустынивания, которое сопровождается нарушением теплового, химического и водного балансов территорий, изменением видового состава растительного покрова, снижением биопродуктивности, развитием процессов дефляции и водной эрозии.

Согласно принятому на международной консультативной встрече в Найроби (1990 г.) определению «опустынивание» – деградация земель в аридных, семиаридных и засушливых регионах в результате неблагоприятного антропогенного воздействия. При этом «земля» понимается как геосистема с присущими для нее компонентами, «деградация» – изменение ресурсного потенциала в результате нарушений (изменений) в компонентах геосистемы, а «аридность» – комплекс взаимосвязанных параметров (климата, геологии, почвы, рельефа, гидрологии, гидрогеологии и т. д.), в совокупности обуславливающих

недостаток влаги, необходимой для реализации термического потенциала фотосинтетической активности.

Для разработки проектов рекультивации, прежде всего, необходимо установить, что рассматриваемая территория – относится к нарушенным землям, образовавшимся в результате опустынивания. Поэтому в качестве определителей опустынивания можно использовать индикаторы.

Группы индикаторов, используемые для определения опустынивания:

1 Физические: количество пыльных и песчаных бурь; изменение дебита, глубины и качества грунтовых вод; степень и формы развития процессов эрозии и дефляции; изменение паводковых вод и объемов твердого стока; изменение мощности почвы в корнеобитаемом слое и содержание в ней гумуса; степень засоления и осолонцевания почвы; образование различных корковых и панцирных покровов почв;

2 Биологические:

а) растительность: соотношение «климаксных» и внедрившихся растительных видов; соотношение ксерофильных (растения засушливых мест обитания) и мезофильных (растения влажных мест обитания) видов в составе растительности; степень проективного покрытия поверхности почвы – густота растительного покрова; биологическая продуктивность (биомасса) и урожай кормов;

б) животные: основные виды; поголовье домашнего скота; численность животных; структура популяций; особенности размножения.

3 Социальные: системы землепользования (орошаемое и богарное земледелие¹, скотоводство, заготовка и вывоз растительного сырья, туризм);

¹ Богарá (Богарные поля, Богарное земледелие) – земли в зоне орошаемого земледелия, на которых сельскохозяйственные культуры возделывают без искусственного орошения. Чаще всего богарой заняты подгорные равнины и окраины оазисов. То есть используется главным образом влага, получаемая почвой весной. На богаре выращивают засухоустойчивые зерновые, кормовые и бахчевые растения.

структура расселения; биологические параметры населения¹; параметры социальных процессов².

Выделяют следующие типы опустынивания: деградация растительного покрова, ветровая и водная эрозия, разрушение почвенной структуры, сокращение содержания гумуса в почве, засоление и осолонцевание почв, заболачивание, увеличение содержаний токсических веществ. Приведенные типы опустынивания можно отнести и к причинам возникновения этого процесса, расширяя их нарушением мелиоративного режима на орошаемых – землях, высокой пастбищной нагрузкой, поиском полезных ископаемых, строительной деятельностью и др.

Поскольку антропогенная деятельность сопровождается нарушением почвообразовательных процессов, поэтому в первую очередь требуется оценить состояние и устойчивость почвенного покрова. В качестве параметров следует использовать: морфологические признаки, отражающие процесс образования пустынных почв (такыры, солончаки и др.), исчезновение генетических горизонтов почв (развеивание почв в результате эрозии), уменьшение признаков гидроморфности почвы; изменение содержания гумуса; изменение водно-физических свойств почвы; нарушение водного режима почв.

Опустынивание рассматривается как результат разрушения почвенно-растительного покрова, вызванного эрозионными процессами пахотных земель, выпасом скота с превышением допустимых норм, нарушением требований мелиоративного режима почв, последствиями изыскательской и строительной деятельности.

Таким образом, опустынивание характеризуется комплексом деградационных процессов, приводящих к снижению устойчивости агрогеосистем в результате разрушения растительного и почвенного покрова.

¹ Биологические параметры - численность популяции (населения), ареал обитания, средняя продолжительность жизни.

² Социальные процессы – это однородные серии явлений, возникающие в связи с взаимодействием людей; вызывающие изменение состояния и элементов социальной системы. Основные параметры социального процесса: масштаб, направленность, интенсивность, состав, характер стимуляции.

Опустынивание почв приводит к развитию сбитости пастбищ, выпадению ценных кормовых растений, увеличению доли рудеральных растений (живущих на замусоренных местах), эфемеров и однолетников, к полной или частичной потере сельскохозяйственных угодий (пастбищ, сенокосов, пашни), наступлению песков на объекты гражданского, сельскохозяйственного, промышленного и транспортного назначения [4, 6].

Рекультивация опустыненных земель направлена на прекращение процессов опустынивания и восстановление продуктивности пашни, пастбищных и сенокосных угодий.

В связи с глобальностью проблемы необходимо совместно с рекультивацией проводить организационные и правовые мероприятия, т.е. вводить адаптивные системы использования пастбищ, создавать программы, законы и специальные органы.

На подготовительном этапе эффективности рекультивации нарушенных земель достигают в результате проведения *организационно-хозяйственных мероприятий*:

- изменения структуры сельскохозяйственных угодий за счет перевода низкопродуктивной пашни (сильно эродированные, солонцовые, щебнистые и крутосклонные земли) в лугопастбищные и лесные угодья;
- создания в структуре пастбищных угодий охраняемых участков;
- внедрения адаптивных систем земледелия;
- создания организационно-технологической системы использования пастбищ: введение загонно-участковой системы выпаса¹, регулирование продолжительности стравливания и определение порядка использования пастбищ, запрещение или ограничение ранневесеннего выпаса скота, контроль за продолжительностью одновременного стравливания различными видами скота;

¹ Загонная система пастыбы - когда пастбищный участок делят на несколько загонov и стравливают их поочередно, чтобы дать возможность травам свободно отрастать после выпаса на них животных

– восстановления поголовья традиционных пород скота и структуры стада (например, оптимальное соотношение разных видов животных в стаде для условий Калмыкии, %: 15,5 – овцы, 15,5 – верблюды, 43,4 – лошади, 25,2 – крупный рогатый скот и 0,4 – козы);

– организации сети особо охраняемых природных территорий по изучению степного биоразнообразия, научных полигонов и научно-производственных хозяйств по разработке и реализации перспективных технологий и систем природопользования;

– организации экологического мониторинга и развития методов экологического контроля за использованием земель;

– окультуривания степных растений, обладающих повышенными кормовыми качествами;

– разработки и выпуска технологических машин и механизмов для сбора и посева семян степных растений;

– оценки продуктивности пастбищ и приведения в соответствие нормы выпаса с имеющейся продуктивностью.

Для условий сухостепной зоны норма выпаса овец на естественных пастбищах не должна превышать 1,5 гол/га [4].

Продуктивность пастбищ в многолетнем климатическом ряду предварительно можно оценить по формуле В. В. Шабанова

$$U_{\phi} = U_0 K_{\omega} K_{\theta} K_n K_s K_z, \quad (1)$$

где U_{ϕ} – фактическая урожайность при неблагоприятных условиях;

U_0 – потенциальная урожайность данной культуры при всех оптимальных условиях и агротехнике;

K_{ω} , K_{θ} , K_n , K_s , K_z – коэффициенты, учитывающие неоптимальное увлажнение почвы, обеспеченность теплом, питательными веществами, снижение урожайности из-за засоления или загрязнения почвы.

Норма выпаса домашних животных на 1 га, гол. рассчитывается по формуле

$$N = \frac{U_{\phi} p}{nT}, \quad (2)$$

где U_{ϕ} – урожайность поедаемой массы (сухая масса), кг/га;

p – доля поедаемой массы (для крупного рогатого скота на заросших песках – от 0,5 до 0,6, на супесях – от 0,8 до 0,85, для овец соответственно – от 0,4 до 0,5 и от 0,7 до 0,75);

n – норма пастбищного корма на 1 голову (сухой массы), кг/сут (для крупного рогатого скота – 10 кг, для овец – 2 кг);

T – продолжительность пастбищного периода, сут.

На этапе технической рекультивации проводят инженерно-технические мероприятия, позволяющие снизить и прекратить развевание песков, создать устойчивую от разрушения структуру верхних горизонтов, обеспечить благоприятный водно-воздушный и водно-солевой режим рекультивируемых почв.

При борьбе с дефляцией уменьшают зону развевания песков. Для этого на пути переноса песков через 3 – 4 м устраивают преграды в виде невысоких заграждений из тростника, камыша, полыни и кустарничковых. Большого эффекта достигают при создании полезащитных древесно-кустарниковых полос.

Для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения фильтрационных потерь влаги, уменьшения выщелачивания питательных элементов и потерь удобрения, повышения сорбционной способности в почву вносят недостающие клеящие вещества (коллоиды). Для этого проводят землевание (глинование), торфование, вносят органические удобрения, создают сплошные или полосные прослойки из торфа или смеси глины, суглинка и

песка на глубине от 25 до 40 см, обрабатывают почву структурообразующими полимерными материалами.

Для управления водно-солевым режимом создают инженерные мелиоративные системы, инженерные природоохранные системы, инженерные системы регулирования водными ресурсами, инженерные системы обводнения, вносят мелиоранты (известь или гипс), проводят промывки засоленных земель. Поливные режимы должны исключать заболачивание и вторичное засоление, для этого необходимо строго дозировать поливные нормы, снижать фильтрационные потери из оросительных систем, промывки проводить только на хорошо дренированных почвах или устраивать дренаж, использовать лиманное орошение¹. На временных водотоках и малых реках оптимизировать число водохозяйственных сооружений для управления стоком, регулирование водными ресурсами осуществлять с использованием бассейнового принципа².

На этапе биологической рекультивации проводят мероприятия по восстановлению растительного покрова и плодородия разрушенных почв. Для предупреждения появления и развития процессов дефляции на естественных песчаных пастбищах необходимо:

- подкашивать нестравленные травы, чередовать пастбищное использование с сенокосным, периодически предоставлять отдых пастбищным участкам, очищать от захламливания сухостойниками, менять грубые растения на более ценные кормовые культуры;
- своевременно выполнять боронование для разрыхления почвенной корки, препятствующей закреплению семян и их прорастанию;

¹ Лиманное орошение - глубокое одноразовое весеннее увлажнение почвы водами местного стока (талыми, паводковыми и др.), распределяемыми по орошаемой площади (лиману) системой дамб, перемычек и др. гидротехнических сооружений.

² Бассейновый принцип управления – управление водным объектом и связанными с ними водохозяйственными системами в масштабах всего бассейна реки или озера, что обеспечивает единую сбалансированную, учитывающую особенности водного объекта и населения техническую, экономическую, социальную и природоохранную политику в целом по всему водосбору. Этот принцип используется в водохозяйственной практике России и некоторых других стран.

– проводить ряд мероприятий перед боронованием или вместе с ним: подсев кормовых растений (на равнинных и мелкобугристых песках – житняка, мятлика, костреца и др., на среднебугристых – солянки русской, солянки прозрачной, верблюжьей колючки, овса и др.), внесение органических и минеральных удобрений;

– посеять однолетние и многолетние кормовые культуры с использованием агротехнических приемов почвозащитного земледелия (например, расположение в шахматном порядке пахотных и целинных участков, вспашка поперек направления господствующих ветров, чередование пахотных участков с полосами естественной растительности и др.);

– применять аэросев травянистых растений и кустарников на бугристых территориях, где невозможно или затруднено проведение агротехнических мероприятий в широких масштабах;

– создавать полезащитные полосы в целях снегонакопления от суховеев и выдувания почвы. В качестве засухоустойчивых пород деревьев и кустарников использовать вяз мелколистный, акацию белую, гледичию, из сопутствующих – абрикос дикий, шелковицу белую, лох, жимолость татарскую, смородину золотистую, тамариск;

– создавать полезащитные лесные полосы с буферными кустарниковыми полосами, в которых основные лесные полосы чередуют с кулисами из высокостебельных культур;

– восстанавливать травостой на деградированных пастбищах (путем подсева трав, рыхления, мульчирования, внесения структурообразователей) с полным прекращением выпаса на срок ремонта пастбищ [4].

Для повышения продуктивности пастбищно-сенокосных угодий рекомендуют использовать такие травы как житняк сибирский (еркек) и прутняк:

– житняк сибирский (еркек) – многолетний засухоустойчивый злак, произрастающий в естественных условиях на песчаных и супесчаных почвах

Каспийской низменности, обладает хорошими кормовыми качествами. Его хорошо культивировать с люцерной желтой и гибридной, кострцом и другими травами;

– прутняк (изен) – прекрасный нажировочный¹ корм для овец.

Одно из мероприятий при биологической рекультивации – агролесомелиорация на обводняемых и орошаемых песчаных, супесчаных почвах и песках. В ходе агролесомелиорации создают колковые насаждения, защитные лесные полосы вокруг полей, водоемы в населенных пунктах, вдоль дорог, каналов и др. При подборе пород деревьев используют их приуроченность к подобным условиям: на песках хорошо растет тополь Боллеана (гибридный, разнолистный и пирамидальный), достигая высоты от 2 до 25 м, вяз мелколистный – 22 м, акация белая – 15 м, шелковица – 11 м, клен ясенелистный – 8 м, тополь сереющий – 20 м, черный (осокорь) – от 7 до 8 м.

Для защиты объектов рекультивации от наступления песков создают лесополосы, используя следующие древесно-кустарниковые породы:

– в лесостепной зоне – сосну обыкновенную, березу, тополь, ветлу, клен татарский, шелюгу красную, бузину красную, жимолость татарскую;

– в степной зоне – сосну обыкновенную, акацию белую, тополь, вяз приземистый, шелюгу красную, бузину красную, акацию желтую, жимолость татарскую, лох узколистный;

– полупустынной и пустынной зоне – акацию белую, тополь, вяз приземистый, тополь, клен татарский, тамариск, шелюгу красную, скумпию, айву обыкновенную, лох узколистный, иву каспийскую, джужгун, терескен серый.

При закреплении песков высевают овес, а на засоленных песках – различные виды солянок. Во всех случаях целесообразно использовать местные виды растений, развивающиеся лучше других. При этом семена

¹ Нажировочный корм – высокопитательный корм, наращивающий слой подкожного жира у животных.

собирают с хорошо развитых, обильно плодоносящих растений, не пораженных болезнями или вредителями. Участки для заготовки семян выбирают по согласованию с органами лесного хозяйства.

Почву для создания пескозащитных насаждений на заросших (задернованных) песках обрабатывают, как правило, по системе зяблевой вспашки¹. На песках, лишенных растительности, почву обрабатывают непосредственно перед посадкой или не обрабатывают, чтобы не провоцировать развевание песков.

Размещение и ширина пескозащитных насаждений зависит от рельефа песков и направления активных дефляционных ветров. На барханных песках при направлении дефляционных ветров к боковой линии песков более 30° ширина насаждений составляет от 100 до 150 м, при направлении дефляционных ветров менее 30° – 100 м. На бугристых, равнинно-волнистых и грядовых песках ширина насаждений составляет 30 м, а на участках со средневыраженным переносом частиц – 50 м [4].

4.3 Биологическая рекультивация засоленных земель с помощью галофитов

Галофиты — это экологически, физиологически и биохимически специализированные растения, способные нормально функционировать и продуцировать в условиях засоленной среды.

В мировой флоре насчитывается 2000 видов галофитов, в том числе в Центральной Азии 900 видов и в аридных районах России более 500 видов. Способность галофитов к формированию относительно высокорослых, разветвленных надземных органов обеспечивает испарение большого количества воды, снижение уровня грунтовых вод, сокращение испарения с

¹ Зяблевая вспашка – вспашка под яровые с осени.

поверхности почвы и уменьшение концентрации солей в ее верхних горизонтах. На песчаных почвах галофиты положительно реагируют на орошение соленой водой с концентрацией солей от 5,5 до 40 г/л, когда большинство сельскохозяйственных культур выдерживают соли в оросительной воде 3 г/л.

Способность галофитов к нормальному функционированию и формированию относительно большой кормовой и лекарственной массы в условиях засоленной среды связана с их специфическими экологическими и физиолого-биохимическими особенностями.

Клетки и ткани галофитов отличаются повышенным осмотическим давлением, достигающим $(70 - 90) \cdot 10^5$ Па (иногда до $110 \cdot 10^5$ Па), за счет увеличения в них концентрации ионов и низкомолекулярных органических соединений (пролины, бетаины).

Для галофитов характерны специфические механизмы транспорта ионов через клеточные мембраны (мембраны отличаются низкой проницаемостью, ионы переносятся протонным насосом и независимым Na^+ -насосом), что даже в условиях высокой солености среды обеспечивает поддержание низких концентраций ионов в цитоплазме за счет их переноса в вакуоли против градиента концентрации.

У них особый фотосинтез. Это позволяет нормально протекать процессу синтеза органических веществ в условиях постоянного доминирования экстремальных факторов (высоких температур, сухости, засоленности).

Для использования перспективны следующие растения: сведа дуголистная и заостренная, лебеда серая, климакоптера мясистая, марь белая, бассия иссополистная, солерос, кохия веничная, солодки голая и уральская, полынь солончаковая и др.

Период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для условий средней степени засоления составляет от 4 до 5 лет, сильной степени засоления – от 6 до 7 лет.

При фитомассе надземной части от 18 до 20 т/га галофиты выносят из почвы от 8 до 10 т солей с 1 га в год.

Рассоление почвы с помощью галофитов — эффективный способ удаления вредных для культурных растений солей из почвы. Особенно перспективным фитомелиорантом является солодка голая. К ценной сельскохозяйственной культуре, способной давать большой урожай и исполнять роль фитомелиоранта на засоленных почвах, относят сорго. Оно экономнее других зернофуражных культур расходует влагу и легче переносит высокие температуры, обладая мощной корневой системой, обеспечивает рассоляющий эффект в метровом слое почвы.

4.4 Рекультивация земель, загрязненных пестицидами

К пестицидам относятся органические и неорганические соединения, применяемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками.

Выделяют следующие *группы пестицидов*:

- инсектициды – для борьбы с насекомыми;
- фунгициды – для борьбы с грибковыми;
- гербициды – с сорняками;
- родентициды – с грызунами;
- бактерициды – с бактериями;
- майтициды – с клещами;
- нематоциды – с червями;
- маллюскициды – с маллюсками [4].

По характеру действия гербициды делят на группы тотального и селективного (избирательного) действия. Первая группа:

- а) средства, повреждающие наземные части растений (хлораты, арсенаты, бораты, тяжелые металлы);

б) средства транслокационного действия через листовую поверхность или через почву (хлорированные алифатические кислоты, симазин, атразин и др.).

Вторая группа:

а) средства контактного действия – большинство неорганических соединений железа, меди, ртути и минеральные масла;

б) средства транслокального действия.

Они проникают в организм через желудочно-кишечный тракт, легкие, кожу и раны на теле. Список химикатов, используемых для борьбы с вредителями, очень велик и постоянно пополняется.

М.С. Соколов и Б.П. Стрекозов предложили специальную балльную шкалу для оценки токсичности и классифицировали пестициды как возможные загрязнители на три группы. В группу наиболее опасных вошли инсектициды, зооциды и протравители, во вторую – среднетоксичные и в третью – слаботоксичные гербициды и фунгициды (таблица 8).

Таблица 8 – Классификация пестицидов как возможных загрязнителей почвы в условиях средней полосы России (по Соколову, 1976) [7].

Группы	Соединения
1	Гранозан > ГЦ ЦГ, гептахлор > тиодан > цирам, метафос, севин > линдан, фосфид цинка > карбатион, ДНОК, ТМТД, ПХП > ПХК
2	Атразин, симазин, ПХФ, 2,4-Д, 2,9-КМ, метилмеркаптофос > гардона, карбин, трефлан, нитрафен, тиозон, цидиан > ИФК, ДДВФ, карбофос, сайфос, хлорофос > купрозан, монурон, прометрин, фосфамид, фозалон > пирамин, тиллам, ТХА, трихлорметафос, фталофос
3	Хлор-ИФК, эфирсульфонат, арезин, менурон, метилнитрофос, семерон > антио, кельтан > кератан, поликарбацин, далапон, диурон, купроцин, солан > дактал, ДМХ, дихлорэтан, тедион, фигон, цинеб > фталан, пентахлорнитробензол

Неумелое обращение с пестицидами, нарушение санитарных и природоохранных требований при применении, транспортировке и хранении пестицидов было и остается важной экологической проблемой использования пестицидов в России.

Для сокращения площади загрязнения необходимо соблюдать требования инструкции по приготовлению и использованию пестицидов.

Приготовление рабочих составов необходимо выполнять на специально оборудованных стационарных пунктах или в передвижных агрегатах, которые должны быть отдалены от жилых построек, скотных дворов, мест хранения фуража¹, источников водоснабжения, зон отдыха населения на расстоянии не менее 300 м. Заправочные станции должны быть забетонированы и ограждены.

При наземной обработке растений пестицидами санитарно-защитная зона (СЗЗ) должна быть не менее 300 м, а при авиационной – 1000 м.

Опыление растений наземной аппаратурой допускается при скорости ветра не больше 3 м/с. Опрыскивание с использованием вентиляторных опрыскивателей допускается при скорости ветра не больше 3 м/с (мелкокапельное) и 4 м/с (крупнокапельное), а с использованием штанговых тракторных опрыскивателей при скорости ветра не более 4 м/с (мелкокапельное) и 5 м/с (крупнокапельное). Авиаопыление разрешается при скорости ветра не больше 2 м/с, а авиаопрыскивание – не более 3 м/с (мелкокапельное) и 4 м/с (крупнокапельное).

Почвы, загрязненные остаточным количеством пестицидов, оценивают сравнением исходного содержания с санитарно-гигиеническими нормативами. ПДК для некоторых из них составляет: атразин – 0,01 мг/кг почвы, ДДТ – 0,1 мг/кг, линурон – 1 мг/кг, купроцин – 1 мг/кг, симазин – 0,01 мг/кг.

¹ Фураж – растительный корм, предназначенный для питания животных (скота, коз, овец, свиней, уток, гусей, кроликов и пр). Фураж обычно содержит обработанные вегетативные части растений (листья, стебли, иногда корни), за исключением плодов и семян. Фураж используется либо в свежем виде; либо в сохранённом виде.

Попадая в почву, пестициды вовлекаются в различные процессы: мигрируют с влагой, сорбируются органическими и минеральными коллоидами, поглощаются корневыми системами растений, подвергаются процессам микробиологического и фотохимического разложения, некоторые могут улетучиваться с поверхности почвы [4].

Ядохимикаты переходят постоянно из одного соединения в другое. Интенсивность и направленность этого процесса зависят от влажности, температуры, газового режима, выращиваемых культур [6].

Существует несколько способов, позволяющих уменьшить дозу пестицидов для снижения эффективности их воздействия:

1 Сочетание применения пестицидов с другими приемами (агротехническим, биологическим, генетическим, химическим).

2 Применение перспективных форм пестицидов. На смену dustам и смачивающимся порошкам в настоящее время приходят микрогрануляты, концентраты эмульсий, аэрозоли, капсулированные препараты.

3 Сокращение авиационного и увеличение наземного способа внесения пестицидов.

4 Сокращение применения стойких препаратов, например хлорорганических.

5 Чередование применения токсикантов с неодинаковым механизмом действия. Для большинства культур рекомендуют 2 – 3 препарата с неодинаковым спектром действия.

6 Правильная технология применения пестицидов (соблюдение правил хранения, транспортировки, дозы, периода внесения, погодных условий и т.д.) [7].

В наибольшей степени накопление токсичных пестицидов в почвах обусловлено двумя основными процессами – детоксикацией и сорбцией, которые зависят от ряда свойств и режимов почв.

Адсорбция пестицидов зависит от типа почвы, от ее механического и минералогического состава, содержания органического вещества, его

состава, от характера водного режима и др. С другой стороны адсорбция зависит от природы самих пестицидов. Например, песчаные и супесчаные почвы адсорбируют токсиканты в меньшем количестве, чем суглинистые и глинистые. Емкость поглощения минералами группы монтмориллонита всегда выше, чем минералами группы каолинита, поэтому в первом случае и пестициды будут лучше удерживаться. При этом молекулы пестицидов адсорбируются не только на поверхности минералов группы монтмориллонита, но и проникают в межпакетное пространство. Отмечено также, что емкость адсорбции пестицидов выше у гуминовых кислот по сравнению с фульвокислотами. Пестициды активно сорбируются активированным углем.

Интенсивность адсорбции пестицидов зависит от их химической структуры, основности, от свойств функциональных групп образовывать водородные и дипольные связи. У триазиновых гербицидов степень адсорбции нарастает в следующем порядке: пропазин < атразин < симазин ≤ прометон < прометрин.

Детоксикация связана с солнечной радиацией, которая нарастает с севера на юг. Микробиологическая активность наиболее высока в условиях оптимального сочетания тепла и увлажнения – в Черноземном Центре и Поволжье, на юге Западной Сибири.

Адсорбция пестицидов зависит от температуры и влажности. Например, адсорбция атразина при pH 8,5 и нулевой температуре была в 4 раза интенсивнее, чем при 50 °C. В процессе повышения температуры происходит десорбция атразина в раствор. Внесенные в почву в период холодной погоды триазиновые и подобные им гербициды адсорбируются в верхнем слое почвы и этим предохраняются от вымывания и разложения.

Интенсивность передвижения пестицидов в почве с почвенным раствором или одновременно с перемещением коллоидных частиц, на которых они адсорбированы, зависит как от процессов диффузии, так и массового тока (растворения). При поверхностном стоке, вызываемом

осадками или орошением, пестициды передвигаются в растворе или суспензии, скапливаясь в углублениях почвы. Данная форма передвижения пестицидов зависит от рельефа местности, эродированности почв, интенсивности осадков, степени покрытия почв растительностью, времени, прошедшего с момента внесения пестицида. Вымывание пестицидов по профилю почв заключается в их передвижении вместе с циркулирующей в почве водой, что обусловлено в основном физико-химическими свойствами почв, направлением движения воды, а также процессами адсорбции и десорбции пестицидов коллоидными частицами почвы. На пестициды, попавшие в почву, оказывают влияние различные факторы как в период их активности, так и в дальнейшем, когда препарат уже становится остаточным.

Очистке почв от пестицидов способствуют естественные процессы дистилляции и улетучивания.

Дистилляции с водными парами подвержены не все пестициды. Заметно дистиллируются неполярные пестициды. Наблюдается дистилляция с водными парами альдрина, гектахлора. Полярные пестициды дистиллируются в незначительной степени.

Улетучивание с поверхности почвенных частиц и структурных отдельностей свойственно пестицидам с высокой упругостью паров. Из гербицидов группы триазина наибольшей летучестью обладают метокситриазины, меньшей – метилтиотриазины и совсем малой – хлортриазины. Летучесть повышается при возрастании температур [7].

Пестициды в почве подвержены разложению, обусловленному небиотическими и биотическими факторами и процессами.

Небиотическое разложение определяется физическими и химическими свойствами почв, например, глины, окислы, гидроокислы и ионы металлов, а также органическое вещество почвы выполняют роль катализаторов во многих реакциях разложения пестицидов. Гидролиз их идет при участии грунтовой воды и обычно в кислой среде. В результате реакции со

свободными радикалами гумусовых веществ составные частицы почвы и молекулярное строение пестицидов изменяются [4].

Разрушение пестицидов зависит не столько от химической природы, сколько от тех условий, в которых они разлагаются. Например, 95 % метафоса обычно разрушается за 7 суток, но в кислых почвах он может сохраняться в течении 5 – 6 месяцев. В некоторых случаях нестойкие пестициды, попадая в почву, трансформируются и превращаются в устойчивые соединения. Например, при выращивании риса для борьбы с сорняками используется пропанид. Он полностью разрушается за 1 – 2 месяца. Но его метаболит является очень стойким соединением, которое сохраняется в течение нескольких лет. Поэтому применение быстроразлагающихся ядохимикатов не может гарантировать их отсутствие в почве и растениях [6, 8].

Удлиняется срок детоксикации ядохимикатов и при их совместном использовании. Каратэ в отсутствии других пестицидов полностью инактивируется через 14 – 21 сутки, в присутствии трефлана – за 28 – 32, прометрина – за 32 – 53, трефлана + прометрина – за 35 – 45 суток [4].

Доказано, что представители большинства классов гербицидных соединений и инсектицидов разлагаются под действием ультрафиолетового света. УФ-лучи инициируют реакции гидролиза эфиров и амидов, окислительного деалкилирования аминов и амидов, восстановление хинонов и т.д. Под действием естественного УФ-излучения растворенный в воде фенол окисляется вначале в гидрохинон и пирокатехин, которые посредством дальнейшего гидроксирования превращаются в тетраоксибензол. Последний в результате конденсирования может превращаться в гуминовые кислоты.

Скорость окисления пестицидов зависит и от их химического строения. Например, алкилбензосульфаты с разветвленной боковой цепью разлагаются в 7 раз медленнее, чем таковые с прямой боковой цепью.

В результате процессов гидролиза утрачивают свою активность тиофос, фталафос. Разложение в результате гидролиза возможно для гербицидов симазина, атразина, пропазина [7].

Биотическое разложение пестицидов происходит с помощью микроорганизмов. Существует очень мало действующих веществ, не разлагающихся биологическим путем. Продолжительность разложения пестицидов микроорганизмами может колебаться от нескольких суток до нескольких месяцев, а иногда и десятков лет, в зависимости от специфики действующего вещества, видов микроорганизмов, свойств почв.

Пестициды разлагаются бактериями, грибами и высшими растениями.

Наиболее подвержены накоплению пестицидов черноземные почвы в южных земледельческих районах европейской части России, Западной Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока.

Основная задача рекультивационных работ – активизация процессов разложения остаточных форм пестицидов. Для этого применяют биодеструкторы, проводят ультрафиолетовое облучение растений и почв, вносят удобрения, выполняют комплекс агротехнических и агрономелиоративных мероприятий.

В качестве специальных мероприятий используют химические мелиоранты, сокращающие время полураспада пестицидов или образующие нетоксичные соединения, вносят природные и искусственные сорбенты, проводят известкование, вводят в севообороты культуры, способные усваивать отдельные соединения, например, выращивание кукурузы, сорго, рапса и люпина для очистки почв от атразина, линурона и др.

Очистка с помощью сеяных трав (люцерна, амарант, клевер, козлятник, тимофеевка и др.) основана на переходе пестицидов через корневую систему в вегетативную часть растений. После скашивания и фракционирования биомассы выделяется *депротеинизированная жидкость* – коричневый сок, содержащий техногенные образования. Дальнейшая переработка коричневого сока путем сгущения под вакуумом или использования

молекулярной фильтрации позволяет сконцентрировать или выделить техногенные образования для последующей их утилизации.

Дальнейшая переработка позволяет получать силос из растительного жома, белково-витаминные добавки: протеиновая паста из растительного сока, травяная мука из растительного жома.

Очищать почву от пестицидов может подсолнечник. Он усваивает хлор и мышьяк. Один посев его снижает загрязненность почвы мышьяком в 2 раза. Причем, даже необязательно ждать, когда культура созреет, достаточно, чтобы растения достигли от 60 до 70 см в высоту. Скошенную массу, содержащую токсичные вещества, сжигают в специальных печах, но, несмотря на сложность технологии, этот способ очистки почв высокоэффективен.

Положительный результат получают и при выращивании кукурузы. Одно растение кукурузы при густоте стояния 12000 растений на 1 га может разложить 0,01 мг/сут. атразина.

Один из биологических деструкторов пестицидов – биопрепарат, содержащий консорциум (сообщество, объединение) молочнокислых бактерий, выращенный на молочном оброте с последующим внесением свежей молочной сыворотки. Полученный препарат обогащают карбамидом, растительными полисахаридами, комплексонатами – промоторами деструкции пестицидов, стабилизаторами (консервантами) – аскорбатом, пропионатом кальция, бензоатом натрия. Использование биопрепарата позволяет создать в почве условия интенсивного разложения пестицидов и повысить ее плодородие.

Другой биопрепарат содержит адаптированную к ядохимикатам микрофлору навоза сельскохозяйственных животных и птиц, полученную в процессе компостирования путем многостадийной ферментации при температуре 28 ± 3 °С.

Для снижения активности нитралина или флуометурона в почву вносят активированный уголь [4].

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите и охарактеризуйте основные методы и способы рекультивации нарушенной агрогеосистемы.
- 2 Какие инженерные системы природообустройства строят для рекультивации нарушенной агрогеосистемы?
- 3 Что такое опустынивание?
- 4 Перечислите физические группы индикаторов, используемые для определения опустынивания.
- 5 Перечислите биологические группы индикаторов, используемые для определения опустынивания.
- 6 Перечислите социальные группы индикаторов, используемые для определения опустынивания.
- 7 Назовите типы опустынивания.
- 8 Назовите организационно-хозяйственные мероприятия направленные на повышение эффективности рекультивации земель.
- 9 Какова норма выпаса овец на естественных пастбищах?
- 10 Охарактеризуйте технический этап рекультивации земель, подверженных опустыниванию.
- 11 Какие мероприятия проводят на этапе биологической рекультивации опустыненных земель?
- 12 Назовите и охарактеризуйте травы, используемые для повышения продуктивности пастбищно-сенокосных угодий.
- 13 В чем заключается агролесомелиорация – как одно из мероприятий при биологической рекультивации?
- 14 Что такое галофиты? Охарактеризуйте их.
- 15 В чем заключается биологическая рекультивация засоленных земель с помощью галофитов?
- 16 Что такое пестициды? Перечислите их основные группы.
- 17 Каким образом М.С. Соколов и Б.П. Стрекозов классифицировали пестициды по их опасности?

18 Назовите правила работы с пестицидами.

19 Назовите способы, позволяющие уменьшить дозу пестицидов для снижения эффективности их воздействия.

20 Охарактеризуйте детоксикацию и сорбцию пестицидов в почве. От чего зависят эти процессы?

21 Каким образом осуществляется биотическое разложение пестицидов в почве?

5 Рекультивация загрязненных земель

5.1 Химическое загрязнение геосистем и принцип рекультивации загрязненных земель

Загрязнение – это привнесение (внедрение) различных веществ в абиотические и биотические компоненты геосистемы, обуславливающее негативные токсико-экологические последствия для биоты.

Геосистемы становятся загрязненными тогда, когда

– в них накапливаются загрязняющие вещества, формы их нахождения приводят к нарушению газовых, концентрационных, окислительно-восстановительных функций биоты;

– снижается геохимическое самоочищение;

– изменяется биохимический состав продукции биоты;

– снижается биологическая продуктивность геосистемы;

– уменьшается информативность геосистемы, т.е. разрушается генофонд, необходимый для ее существования;

– наблюдается гибель биоты.

Антропогенное загрязнение почв можно разделить на:

1 *Коммунальное* – связано с функционированием населенных пунктов (сточные воды, бытовые отходы, мусор).

2 *Сельскохозяйственное*: применение пестицидов, инсектицидов, гербицидов, повышенных доз минеральных и органических удобрений. Сюда же можно отнести загрязнения при использовании сточных вод, в том числе и промышленных, с удобрительной и увлажнительной целью и при использовании для орошения вод с повышенной минерализацией.

3 *Промышленное*: аэрозоли, пыли, растворенные тяжелые металлы и органические соединения. Локальное загрязнение возникает в местах хранения отвалов, отходов, при авариях и т.п.

4 *Военное* – возникает при ведении боевых действий, маневров, испытании боевой техники [4].

Источник загрязнения определяет качество и количество выбрасываемого продукта. При этом степень его рассеивания зависит от высоты выброса. Зона максимального загрязнения распространяется на расстояние, равное 10 – 40-кратной высоте трубы при высоком и горячем выбросе и 5 – 20-кратной высоте трубы при низком промышленном выбросе. Длительность нахождения частиц выбросов в атмосфере зависит от их массы и физико-химических свойств. Чем тяжелее частицы, тем быстрее они оседают.

Воздушные массы разбавляют выбросы и переносят твердые частицы и аэрозоли на расстояния, соответственные «розе ветров». Чем большее расстояние проходит выброс, тем ниже становится его концентрация. В пределах однородного ландшафта, по мере удаления от источника загрязнения уменьшается загрязнение почв его выбросами.

Скорость ветра также влияет на распределение продуктов загрязнения: чем она больше, тем активнее разбавление выброса воздушной массой и тем меньше загрязнение на единице площади. При ослаблении ветра до штиля концентрация загрязнителей вблизи источника возрастает.

Рассеиванию выбросов, уменьшению их концентрации способствует турбулентный обмен воздушных масс. При температурной инверсии турбулентный обмен ослабляется и поле рассеивания загрязнителей сокращается при увеличении их концентрации.

Влажность воздуха также влияет на распределение продуктов выбросов. Их частицы при высокой влажности конденсируют на себя влагу, что увеличивает их размеры и массу и ведет к выпадению на земную поверхность вблизи источника загрязнения.

Помимо метеорологических факторов характер распределения загрязнителей – тяжелых металлов зависит от рельефа. Если интенсивность поступления загрязнителей сравнима или меньше скорости процессов перераспределения их в ландшафте, то в аккумулятивных ландшафтах происходит повышенное накопление тяжелых металлов и их соединений, а элювиальные элементы ландшафта остаются сравнительно обедненными ими. В том случае, когда приток выбросов с воздушным потоком на высокие элементы рельефа, на плакоры – приводораздельные территории – превосходят процессы ландшафтного перераспределения веществ, тогда почвы повышенных элементов рельефа, почвы автономных ландшафтов будут активнее загрязняться, чем почвы подчиненных транзитных и аккумулятивных ландшафтов. Такой процесс можно назвать инверсией полей загрязнения [7].

Объектами загрязнения могут быть все компоненты геосистемы: приземные слои воздуха, поверхностные и подземные воды, ледники, но основное внимание нужно уделять загрязнению почв по следующим причинам:

– почва, являясь по определению В. В. Докучаева наружной оболочкой суши, в первую очередь воспринимает удар от многих загрязнителей, аккумулирует большой объем загрязняющих веществ; загрязненная почва, будучи средой обитания сельскохозяйственных растений, предопределяет

возможность нарушения их жизнедеятельности, загрязнение продукции и другие, связанные с этим последствия;

– почва, как активно действующее органоминеральное тело, способна значительно трансформировать загрязняющие вещества, связывать их в неподвижные формы и даже разрушать;

– почва, трансформируя потоки влаги и содержащие в ней вещества, регулирует в известных пределах загрязнение подстилающих горных пород, подземных и связанных с ними поверхностных вод, т.е. выполняет природоохранную и восстановительную функции.

Для выработки способов их рекультивации (очистки, санкции) нужно использовать теорию биогеохимических барьеров.

Необходимо рассматривать такие мероприятия, которые обеспечивают условия самоочищения почвы, как за счет развития существующих почвенных процессов, так и за счет инженерно-экологического обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов, внесенных в почву для деструкции токсичных веществ.

Процесс самоочищения почвы идет нелинейно, т.е. со временем затухает, так как деструкция загрязняющих веществ определяется ростом и отмиранием бактерий. Это обеспечивает возвращение геосистемы в устойчивое состояние.

Микроорганизмы, участвующие в очистке почв от загрязняющих веществ, относятся в основном к группам мезофилов и психрофилов. Активная жизнедеятельность этих групп протекает при температуре почвы от 20 °С до 36 °С, влажности от 60 % до 70 % полной влагоемкости и в условиях достаточного минерального питания. Динамику микробной популяции описывают уравнением Моно

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \frac{\mu C}{C + K_s} M - \lambda M, \quad (3)$$

где ΔM – концентрация бактерий;

t – время;

μ – максимальная скорость роста бактерий;

C – содержание загрязняющего вещества;

K_s – константа, численно равная концентрации загрязняющего вещества, при которой скорость роста культуры равна половине максимальной (константа полунасыщения);

λ – скорость отмирания бактерий.

Особенность подготовительного периода рекультивации загрязненных земель – проведение исследований по установлению источников и причин загрязнения, оценки уровня загрязнений, разработки мероприятий и проектов по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения.

Для оценки загрязненности почв в качестве критериев используют соотношение содержания химического вещества с его предельно допустимым (ПДК) или фоновым значением в почве и суммарный показатель химического загрязнения (Z_c).

Выделяют *пять уровней загрязненности почв* химическими веществами: 1 – допустимый, 2 – низкий; 3 – средний, 4 – высокий, 5 – очень высокий. Содержание загрязнителя при каждом уровне зависит от токсичности вещества, например для кадмия при рН суглинистой и глинистой почвы 5,5: допустимая концентрация – 2 мг/кг; низкий – от 2 до 3 мг/кг; средний – от 3 до 5 мг/кг; высокий – от 5 до 10 мг/кг; очень высокий – более 10 мг/кг почвы.

Загрязнение цинком при тех же почвенных условиях характеризуется соответственно: допустимый – менее 220 мг/кг, низкий – от 220 до 450 мг/кг,

средний – от 450 до 900 мг/кг, высокий – от 900 до 1800 мг/кг, очень высокий – более 1800 мг/кг.

Определение нормативного содержания химических веществ в почве – это сложный процесс, который зависит от вида использования земель (земли поселений, сельскохозяйственные земли и т.д.), свойств почвы и выращиваемых растений. Предельно допустимые концентрации – это такие концентрации, которые при длительном воздействии на почву не вызывают каких-либо патологических изменений в ходе биологических процессов, а также не приводят к накоплению токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах и, следовательно, не могут нарушить биологический оптимум для животных и человека.

Способы нормирования ПДК:

- по поглотительной способности почвы (чем выше поглотительная способность почвы, тем выше значения ПДК этой почвы);
- по концентрации веществ, приводящей к патологии растений;
- по времени присутствия токсичных веществ в почве;
- по значению рН в почве (в кислой почвенной среде ПДК многих веществ меньше, чем в нейтральной и щелочной среде – это связано с растворимостью веществ);
- по активности азотфиксирующих бактерий (подавление жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий приводит к снижению накопления почвенного азота);
- по значению биомассы почвенной микрофлоры;
- по снижению на 5 % – 10 % урожайности тест-растений (в качестве тест-растений используют ячмень, овес и картофель) [4].

Кроме значений ПДК разрабатывают экологические нормативы, которые отражают последствия негативных воздействий на экологические связи и биоту. Все названные способы нормирования ПДК имеют право на существование.

Химическое загрязнение почв оценивают по суммарному химическому показателю [6]

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) - (n-1), \quad (4)$$

где Z_c – суммарный показатель загрязнения почвы;

n – число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию;

K_i – коэффициент концентрации загрязнения почвы, где

$$K_i = \frac{C}{C_\phi}, \quad K_i = \frac{C}{C_{ПДК}}, \quad (5)$$

где K_i – коэффициент концентрации загрязнения почвы;

C – общее содержание загрязняющих веществ;

C_ϕ – фоновое содержание загрязняющих веществ (таблица 9);

$C_{ПДК}$ – предельно допустимое содержание загрязняющих веществ.

Таблица 9 – Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг

Почвы	Цинк	Кадмий	Свинец	Ртуть	Медь	Кобальт	Никель	Мышьяк
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,1	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,2	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

Оценка степени опасности загрязнения почв по показателю Z_c , проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 10.

Таблица 10 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Величина Z_c	Уровень загрязнения почв	Категория загрязнения почв	Оценка состояния территории
Значения со знаком минус	Чистая почва		
< 16	Минимальный низкий	Допустимая	Относительно удовлетворительная
16 – 32	Средний	Умеренно опасная	Критическая экологическая ситуация
32 – 128	Высокий	Опасная	Чрезвычайная экологическая ситуация
> 128	Очень высокий	Чрезвычайно опасная	Экологическое бедствие

В качестве ПДК используют утвержденные гигиенические нормативы, приведенные в таблице 11.

Таблица 11 – Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (извлечение из гигиенического норматива ГН 2.1.7.020-94)

Наименование вещества	Класс опасности	Общие ПДК, ОДК*, мг/кг с учетом фона	ПДК подвижной формы, мг/кг
Бенз(а)пирен	1	0,02	–
Бензин	3	0,1	–
Ванадий	3	150	–
Ртуть	1	2,1	–

Продолжение таблицы 11

Наименование вещества	Класс опасности	Общие ПДК, ОДК*, мг/кг с учетом фона	ПДК подвижной формы, мг/кг
Свинец	1	32 – 65 – 130**	6
Никель	2	20 – 40 – 80**	4
Медь	2	33 – 66 – 132**	3
Мышьяк	1	2 – 5 – 10**	–
Кадмий	1	0,5 – 1 – 2**	–
Кобальт	2	–	5
Цинк	1	55 – 110 – 220**	23

* ОДК – ориентировочно допустимые концентрации.
 ** Первые значения приведенного ряда соответствуют песчаным и супесчаным почвам, вторые – глинистым и суглинистым при рН менее 5,5, последние значения – глинистым и суглинистым при рН более 5,5.

В зависимости от пути миграции загрязняющих веществ и их воздействия на различные компоненты окружающей среды установлены четыре показателя вредности (таблица 12): транслокационный показатель – переход химических веществ из почвы в растения; миграционный водный показатель – переход в грунтовые воды и водоисточники; миграционный воздушный показатель – переход в атмосферу; общесанитарный показатель – влияет на самоочищающуюся способность почвы [4].

Почвы сельскохозяйственных земель по степени загрязнения химическими веществами разделяют на следующие категории: допустимая – содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК; умеренно опасная – содержание химических веществ в почве превышает их ПДК по всем показателям, но ниже по транслокационному показателю; опасная – содержание химических веществ в почве превышает ПДК по транслокационному показателю; чрезвычайно опасная – содержание химических веществ в почве превышает ПДК по всем показателям вредности.

Таблица 12 – ПДК химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности

Наименование вещества	ПДК, мг/кг почвы с учетом фона (кларка)	Показатели вредности (ПВ)			
		Транслока- ционный	Миграционный		Общесанитар- ный
			водный	воздушный	
Подвижная форма					
Медь	3	3,5	72	–	3
Никель	4	6,7	14	–	4
Цинк	23	23	200	–	37
Кобальт	5	25	> 1000	–	5
Водорастворимая форма					
Фтор	10	10	10	–	25
Валовое содержание					
Сурьма	4,5	4,5	4,5	–	50
Марганец	1500	3500	1500	–	1500
Ванадий	150	170	350	–	150
Свинец	32	35	260	–	32
Мышьяк	2	2	15	–	10
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5
Нитраты	130	180	130	–	225
Бенз(а)пирен	0,02	0,2	0,5	–	0,02
Бензол	0,3	3,0	10	0,3	50
Толуол	0,3	0,3	100	0,3	50

Ограничения по использованию почв селитебных территорий начинаются с допустимой категории загрязнения, при которой запрещается создание и функционирование объектов повышенного риска (таблица 13) [4].

Таблица 13 – Оценка степени химического загрязнения земель населенных пунктов

Категория загрязнения	Z_c	Содержание в почве, мг/кг, при классе опасности					
		1		2		3	
		О	Н	О	Н	О	Н
Чистая*	-	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК
Допустимая	< 16	1 – 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК 1 – 2 ПДК	1 – 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК 1 – 2 ПДК	1 – 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК 1 – 2 ПДК
Умеренно опасная	16 – 32					2 – 5 ПДК	От ПДК до K_{max}
Опасная	32 – 128	2 – 5 ПДК	От ПДК до K_{max}	2 – 5 ПДК	От ПДК до K_{max}	Более 5 ПДК	Более K_{max}
Чрезвычайно опасная	Более 128	Более 5 ПДК	Более K_{max}	Более 5 ПДК	Более K_{max}	Более 5 ПДК	Более K_{max}

* Категория загрязнения относится к объектам повышенного риска (детские площадки, зоны отдыха, прибрежные зоны и т.д.).
О – органические вещества.
Н – неорганические вещества.

На почвах сельскохозяйственных земель при допустимой категории загрязнения можно выращивать любые культуры, но обязательно проведение мероприятий по снижению возможности поступления загрязняющих веществ в растения. Поэтому рекультивацию надо начинать при допустимой категории.

Для умеренно опасной и опасной категории набор методов и способов рекультивации одинаков, отличие заключается лишь в объемах и продолжительности работ.

При чрезвычайно опасной – восстанавливают утраченные объекты.

При совместном поступлении тяжелых металлов содержание их в растениях возрастает. Загрязнение сельскохозяйственной продукции оценивают, сравнивая исходное содержание конкретного вещества с предельно допустимой его концентрацией в пищевых продуктах (таблица 14).

Таблица 14 – ПДК химических элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах, мг/кг сырого веса

Пищевые продукты	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Ртуть	Медь	Цинк
Зерновые	0,5	0,1	0,2	0,03	10	50
Зернобобовые	0,5	0,1	0,3	0,03	10	50
Овощи свежие и свежезамороженные	0,5	0,03	0,2	0,02	5	10
Фрукты, ягоды свежие и свежезамороженные	0,4	0,03	0,2	0,02	5	10
Мясо и птица свежие и мороженные	0,5	0,005	0,1	0,03	5	10 70
Чай	10	1	1	0,1	100	–

Эффективность рекультивационных мероприятий на сельскохозяйственных землях оценивают по содержанию химических веществ в производимой продукции растениеводства и животноводства.

Оценку загрязнения почв для целей рекультивации проводят по трем уровням: допустимому – первая категория, опасному – вторая и третья категория, чрезвычайно опасному – четвертая категория.

Для 1-го уровня загрязнения рекультивация предупредительная и оздоровляющая (применяют мероприятия почвозащитного земледелия;

проводят агромелиорацию и фиторекультивацию, культивируют устойчивые к загрязнению растения).

Для почв 2-го уровня загрязнения создают инженерно-экологические системы, очищают почвы с помощью биодеструкторов и мероприятий 1-го уровня.

На почвах 3-го уровня загрязнения проводят санитарно-гигиеническую рекультивацию, создают инженерные системы природообустройства, заменяют или полностью ликвидируют отдельные участки, восстанавливают биологические и геологические круговороты вещества, например, взамен ликвидируемого и утилизируемого почвенного слоя, загрязненного радиоактивными веществами, создают рекультивационный слой, соответствующий санитарным требованиям, с помощью очистных сооружений восстанавливают химический состав поверхностных вод и т.д. (таблица 15).

Таблица 15 – Показатели загрязнения для оценки экологического состояния почв в целях проведения рекультивации

Показатель	1-й уровень (загрязнение допустимое)	2-й уровень (умеренно опасное)	3-й уровень (чрезвычайно опасное)
Почвы селитебных территорий			
Мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1 м от поверхности почвы, мкР/ч	До 20	200 – 400	Более 400
Радиоактивное загрязнение, Ки/м ² :			
цезий-137	До 1	15 – 40	Более 40
стронций-90	До 0,3	1 – 3	Более 3
плутоний (сумма изотопов)	–	Более 0,1	Более 0,1
Суммарный показатель химического загрязнений – Z _с	Менее 16	16 – 128	Более 128

Продолжение таблицы 15

Показатель	1-й уровень (загрязнение допустимое)	2-й уровень (умеренно опасное)	3-й уровень (чрезвычайно опасное)
Почвы сельскохозяйственных земель			
Фоновое содержание химических веществ (Ф)	Более Ф	–	–
Предельно допустимая концентрация (ПДК)	Менее ПДК	Более ПДК	Более ПДК
Показатели вредности (ПВ): транслокационный (ПВ ₁) водный (ПВ ₂) воздушный (ПВ ₃) общесанитарный (ПВ ₄)	Менее ПВ ₁ – Лим. Лим. – более ПВ ₂ Лим. – более ПВ ₃ Лим. – более ПВ ₄		Более ПВ ₁ Более ПВ ₂ Более ПВ ₃ Более ПВ ₄
Пр и м е ч а н и е . Лим. – значение лимитирующего показателя вредности химического вещества (см. таблицу 12).			

Рекомендации по использованию загрязненных земель сельскохозяйственного назначения приведены в таблице 16 [4].

Таблица 16 – Гигиеническая оценка почв сельскохозяйственного назначения и рекомендации по их использованию (СанПиН 2.1.7.1287-03)

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности почв	Возможное использование территории	Рекомендации по оздоровлению почв
1	2	3	4
1 (допустимая)	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не больше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение удобрений и т.д.)

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
2 (умеренно опасная)	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном, водном и воздушном показателях вредности, но меньше допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории 1. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или воздушным показателями проводится контроль за содержанием этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных водоисточников
3 (опасная)	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры; использование под сельскохозяйственные культуры ограничено с учетом растений концентраторов	Кроме мероприятий, указанных для категории 1, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях (продуктах питания и кормах). При необходимости выращивания растений рекомендуется их перемешивание с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов
4 (чрезвычайно опасная)	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования. Лесозащитные полосы	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов

Огромное антропогенное воздействие испытывают на себе земли поселений, особенно земли урбанизированных (городских) территорий. Урбанизация привела к нарушению естественных связей между компонентами природы, заменила природный режим функционированием геосистем на искусственно обусловленный. На этих территориях формируются специфические типы почв или почвоподобные тела (урбаноземы). Урбаноземы характеризуются отсутствием генетических почвенных горизонтов (А + В). В профиле почвы встречаются отходы бытового и промышленного происхождения, искусственные слои как результат землевания или благоустройства и озеленения.

Урбанизация всегда сопряжена с деятельностью и со строительством промышленных и гражданских объектов.

Для защиты городских земель от техногенных воздействий вокруг промышленных объектов устанавливают санитарно-защитные зоны (СЗЗ), ширину которых определяют по загрязнению атмосферного воздуха, по шуму, по электромагнитным полям, показателям воздействия на ландшафт и др. Санитарно-защитные зоны благоустраивают и озеленяют. Защитное озеленение из древесно-кустарниковой растительности должно занимать площадь для СЗЗ шириной: до 300 м – не менее 60 %; от 300 до 1000 м – не менее 50 %; от 1000 до 3000 м – не менее 40 %. Благоустройство и озеленение СЗЗ предусматривает максимальное сохранение существующих зеленых насаждений, ширина полосы древесно-кустарниковой растительности со стороны жилой застройки должна быть не менее 50 м, а при увеличении СЗЗ, например до 100 м, – не менее 20 м.

Строительство объектов на урбанизированных территориях почти всегда связано с земляными работами. Состояние разрабатываемых урбаноземов и грунтов оценивают по формулам (4) и (5), а направления их дальнейшего использования согласно рекомендаций по использованию почв в зависимости от степени их загрязнения (СанПиН 2.1.7.1287-03) представлено в таблице 17 [4].

Таблица 17 – Рекомендации по использованию урбаноземов и грунтов в зависимости от степени их загрязнения

Категория загрязнения почв	Рекомендации по использованию почв
Чистая	Использование без ограничений
Допустимая	Использование без ограничений, исключая объекты повышенного риска
Умеренно опасная	Использование в ходе строительных работ под отсыпки котлованов и выемок, на участках озеленения с подсыпкой слоя чистого грунта не менее 0,2м
Опасная	Ограниченное использование под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта не менее 0,5 м. При наличии эпидемиологической опасности – использование после проведения дезинфекции (дезинвазии) по предписанию органов госсанэпидслужбы с последующим лабораторным контролем
Чрезвычайно опасная	Вывоз и утилизация на специализированных полигонах. При наличии эпидемиологической опасности – использование после проведения дезинфекции (дезинвазии) по предписанию органов госсанэпидслужбы с последующим лабораторным контролем.

5.2 Барьерные свойства компонентов геосистем

Наряду с проводимостью природные тела обладают свойствами задерживать некоторые вещества, что можно назвать *барьерностью*.

Барьер — это локальное нарушение проводимости, что приводит к ускорению или замедлению потоков веществ и круговоротов в целом.

Барьеры могут быть природными и техногенными (созданными человеком), каждый из которых делят на виды, представленные на рисунке 15.



Рисунок 15 – Виды барьеров

Часто процессы испарения, сорбции, растворения, кристаллизации и т.д. в почве идут одновременно, поэтому барьеры называют биогеохимическими.

Биогеохимические барьеры — это компоненты, в которых происходит избирательное накопление одних химических элементов и удаление других.

Теория биогеохимических барьеров разработана А.И. Перельманом [4]. Он выделяет четыре типа и несколько классов геохимических барьеров:

1 Биогеохимические барьеры – для всех элементов, которые перераспределяются и сортируются живыми организмами (O, C, H, Ca, K, N, Si, Mg, P, S и др.).

2 Физико-химические барьеры:

– окислительные – железный или железомарганцевый, марганцевый, серный;

– восстановительные – сульфидный, глеевый;

– сульфатный и карбонатный;

– щелочной;

– кислый;

– испарительный;

– адсорбционный;

– термодинамический.

3 Механические барьеры.

4 Техногенные барьеры [7].

В барьерах резко меняются условия миграции веществ, что и приводит к накоплению химических веществ. Важнейшие из них – растительный покров, почва, толщи водоненасыщенных горных пород, в основном мелкоземов, и застойные скопления подземных вод.

Биогеохимические барьеры могут быть вертикальными или горизонтальными (латеральными), препятствующими соответственно вертикальным или горизонтальным потокам загрязняющих веществ. Человек

может управлять биогеохимическими барьерами, усиливая или ослабляя их действие, создавать техногенные барьеры.

Природные биогеохимические барьеры обеспечивают естественную самоочищаемость, так как в них происходит не только накопление, но и связывание до недоступных форм для биоты токсичных веществ, разрушение токсичных веществ, преобразование их в безвредные.

Механизмы накопления, связывания и разрушения веществ очень разнообразны и их интенсивность зависит от обеспеченности территории теплом и влагой. При оптимуме тепла и влаги эти барьеры работают эффективней. Человек может в известных пределах регулировать тепловлагообеспеченность территорий путем мелиорации и рекультивации, повышая тем самым естественную самоочищаемость.

Естественный или искусственно созданный растительный покров является эффективным барьером:

– это перехват воздушных потоков, содержащих пыль, аэрозоли, капельно-жидкие вещества. Токсичные вещества не только накапливаются на листовых пластинах, но и проникают в устьица, аккумулируясь в тканях листьев. Очищая воздух, особенно в городах и вдоль крупных магистралей, деревья накапливают вредные вещества в кронах. Осенью все эти вещества попадают на поверхность почвы, загрязняя ее. Количество токсичных веществ, попадающих на поверхность почвы, можно подсчитать, зная массу опавших листьев на единицу поверхности. Во избежание загрязнения почвы опавшие листья нужно собирать и складировать;

– утилизация ряда веществ в процессе метаболизма. Это свойство растений используется при утилизации сточных вод путем орошения и при очистке почв от химических веществ.

Почва — это тоже мощный барьер. Она способна задерживать или поглощать газы, растворенные вещества, минеральные или органические частицы и суспензии.

Различают несколько видов поглотительной способности:

1 *Механическая* – почва как фильтр, задерживает в своих мелких порах пыль, суспензии. Зависит от размера пор, наличия микро- и макроагрегатов, наличия гумуса. Она используется, например, при кольматировании почвы, т.е. насыщении ее мелкими частицами при впитывании глинистых растворов для повышения водоудерживающей способности, снижения водопроницаемости.

2 *Физическая* (аполярная адсорбция) – свойство почвы поглощать из раствора молекулы электролитов, продукты гидролитического расщепления солей слабых кислот и сильных оснований, а также коллоиды при их коагуляции (слипаниии). Аполярная адсорбция – это сгущение молекул на поверхности раздела фаз (твердой и жидкой или твердой и газообразной) благодаря наличию свободной энергии на поверхности твердых частиц почвы. При таком поглощении вещества удерживаются почвой от вымывания вниз.

3 *Физико-химическая, или обменная* – свойство почвы обменивать часть катионов и в меньшей степени анионов твердой фазы на эквивалентное количество катионов или анионов из соприкасающихся растворов. Ионы из раствора переходят в слой компенсирующих ионов мицелл почвенных коллоидов и наоборот. Меняя состав поглощенных катионов, можно существенно изменять свойства почв, уменьшать их солонцеватость.

4 *Химическая* – проявляется при образовании нерастворимых или труднорастворимых соединений. При этом они теряют свою подвижность и становятся недоступными для растений, улучшаются токсико-экологические условия для биоты.

5 *Биологическая* – организмы в своем теле закрепляют и усваивают различные вещества. При борьбе с загрязнением, при очистке почвы важно то, что микроорганизмы способны разрушать очень вредные вещества: нефтепродукты, поверхностно активные вещества, различные химикаты

(гербициды, пестициды), другие токсичные органические и органоминеральные вещества.

Поглотительную способность почвы можно регулировать разными агротехническими, мелиоративными и рекультивационными приемами:

- внесением органических удобрений;
- изменением химических свойств (уменьшение кислотности или щелочности);
- уменьшением степени засоления;
- регулированием количества влаги в почве (орошение или осушение);
- землеванием, включая внесение торфа, сапропелей.

Широко применяют специальные сорбенты естественного или искусственного происхождения, вносимые в почву для очистки ее от тяжелых металлов, радионуклидов; обогащают почву специальными бактериями, способными разлагать нефтепродукты и другие вредные вещества.

Очень эффективно совместное использование барьеров разной природы.

Барьерами могут быть возвышения местности, водоупоры, западины, малопроницаемые слои почв и грунтов, зоны интенсивного биологического потребления и накопления отдельных химических элементов. В качестве естественных барьеров могут выступать такие природные объекты, как заболоченный луг, замкнутый водоем, болота, кустарники, леса. При этом в них должен поддерживаться особый режим пользования, способствующий сохранению барьерных функций.

Геохимические условия ландшафта с включенными в него водными объектами улучшают с помощью линейных и площадных биогеохимических барьеров: природоохранных полос отчуждения вдоль линейных инженерных сооружений; каналов вдоль водохранилищ; лесонасаждений и др.

Площадные барьеры можно создавать, меняя водно-физические и химические характеристики почвы и тем самым управляя ее проводящими и

сорбционными свойствами. Создание сорбционного геохимического барьера в виде легкосуглинистого гумусированного нейтрального пахотного горизонта путем торфования (300 т/га сухого торфа) и землевания (2250 т/га сухой минеральной породы) приводит к ограничению миграции веществ и снижению интенсивности минерализации торфа. Известкование кислых почв также усиливает их барьерное значение.

Лесные насаждения существенно влияют на миграцию биогенов и других загрязнителей, регулируя сток поверхностных и подземных вод, кустарник и травы под пологом леса поглощают часть биогенов. Эффективно работают облесенные ложбины, лесные полосы и опушки леса, расположенные перпендикулярно направлению стока, облесенные днища балок и оврагов.

5.3 Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами

К тяжелым металлам относится более 40 химических элементов, масса атомов которых превышает 50 а.е. Эта группа элементов активно участвует в биологических процессах, входя в состав многих ферментов.

При фоновом их содержании в почвах их называют *микроэлементами*, т.е. необходимыми. Их недостаток негативно сказывается на развитии растений, животных и человека. При повышенном содержании их возникает угроза загрязнения.

В группу тяжелых металлов включают свинец, цинк, кадмий, ртуть, молибден, марганец, никель, олово, кобальт, таллий, медь, ванадий, сурьму, а также мышьяк. Избыток этих элементов в почве приводит к снижению продуктивности растений, повышению их содержания в сельскохозяйственной продукции, при ее употреблении в пищу, они

отрицательно действуют на здоровье животных и человека, вызывая серьезные заболевания.

Фоновое содержание тяжелых металлов в почве невелико, редко превышает 50 мг/кг. Предельно допустимое содержание тяжелых металлов, в почве еще точно не определено, имеющиеся рекомендации часто противоречивы, вместе с тем можно полагать, что, учитывая высокую токсичность многих из них, превышение их содержания над локальным фоном уже опасно.

Источниками тяжелых металлов являются газопылевые выбросы металлургическими предприятиями, рудники, обогатительные фабрики. Почвы при этом загрязняются через атмосферу, при поливе загрязненными речными водами, при использовании сточных вод предприятий, при хранении отвалов и т.п. Наблюдается сильное загрязнение почв вдоль автомобильных трасс, особенно свинцом, а также, например, при внесении минеральных удобрений.

Наибольшее загрязнение наблюдается вблизи предприятий на расстоянии 1 – 2 км от источника, заметное – 3 – 8 км, меньшее – 10 – 15 км. Загрязнение почв тяжелыми металлами в непосредственной близости от предприятий может превышать фон в десятки и сотни раз.

Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к образованию кислой или щелочной реакции почвенной среды, к снижению обменной емкости катионов, к потере питательных веществ, к изменению плотности, пористости, отражательной способности, к развитию эрозии, дефляции, к сокращению видового состава растительности или к ее полной гибели.

Прежде чем начать рекультивацию таких земель, необходимо установить источник и причины загрязнения, провести мероприятия по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения. Только при таких условиях может быть достигнута высокая эффективность рекультивационных работ.

Ориентиром для разработки состава работ по рекультивации земель в первую очередь служит приоритетное вещество, вызывающее ухудшение экологического состояния почв и качества сельскохозяйственной продукции, а ожидаемую подвижность других опасных веществ регулируют специальными или комплексными мероприятиями.

Рекультивацию земель, загрязненных тяжелыми металлами, осуществляют следующими способами.

Культивирование устойчивых к загрязнению культурных и дикорастущих растений

На загрязненных землях сельскохозяйственного назначения проводят реорганизацию и переориентацию сельскохозяйственного производства за счет введения новой структуры посевов, обеспечивающей получение качественной продукции.

В зонах со вторым уровнем загрязнения целесообразно переходить с производства овощей на введение зернокармликовых севооборотов и развитие животноводства с особым режимом содержания животных, например, чередуя пастбу на загрязненных и чистых лугах.

Переход на другие сельскохозяйственные культуры зависит от их отзывчивости на содержание металлов в почве, вида, сорта, распределения металлов в вегетативных и регенеративных органах. Больше накапливается в вегетативных органах, меньше – в регенеративных. Например, наиболее чувствительны к избытку кадмия – соя, салат, шпинат, а устойчивы – рис, томат, капуста.

Таким образом, на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, можно выращивать следующие устойчивые культуры: зерновые колосовые, злаковые травы, картофель, капусту, томаты, хлопчатник, сахарную свеклу.

По накоплению цезия-137 установлен убывающий по применению ряд: кострец безостый, тимофеевка, ежа сборная, овсяница, мятлик луговой, райграс пастбищный; для однолетних: зерно люпина, редька масленичная,

рапс, зерно гороха и вики, зеленая масса гороха, вики, солома яровых, зерно кукурузы и зерновых. Для стронция-90 имеются некоторые отличия: клевер, горох, рапс, люпин, однолетние бобово-злаковые травосмеси, многолетние злаковые, зеленая масса кукурузы, ржи, свекла кормовая, зерно зерновых, картофель.

Рекультивация почв с помощью растений (фиторекультивация), способных накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах

Дерево за вегетационный период вдоль автомобильной дороги способно накапливать в себе количество свинца, соответствующее его содержанию в 130 кг бензина, поэтому в населенных пунктах с загрязненными районами листовой опад необходимо собирать и утилизировать. Для очистки почв от цинка, свинца и кадмия необходимо выращивать большой горец, от свинца и хрома – горчицу, от никеля – гречиху и т.д. При загрязнении радиоактивными изотопами можно использовать вику, горох, люцерну, махорку, рапс.

Регулирование подвижности тяжелых металлов в почве

Поглощение тяжелых металлов растениями зависит от содержания их подвижных форм в почве, которое определяется свойствами и плодородием почв, биогеохимическими процессами, интенсивностью и объемами поступления тяжелых металлов в почву, выносом растениями.

Тяжелые по грансоставу и высокоплодородные почвы содержат меньше подвижных форм тяжелых металлов, чем почвы легкие и малопродуктивные. Многие металлы в нейтральной почвенной среде образуют труднорастворимые соединения, а в кислой – легкорастворимые.

Такие тяжелые металлы как цинк, медь, свинец, кадмий, марганец, никель, кобальт, хром и др. являются подвижными в кислой среде; в нейтральной и щелочной среде – молибден, хром, ванадий, мышьяк, селен.

Наименьшей растворимостью обладают фосфаты и сульфиды тяжелых металлов, из карбонатных соединений меньшую растворимость имеют

соединения ртути, свинца и кадмия. Гидроксиды тяжелых металлов образуют труднорастворимые формы в слабокислых и нейтральных средах, исключением являются гидроксид железа и алюминия.

На подвижность влияют органические вещества с малой молекулярной массой, фульвокислоты и гуминовые кислоты.

Внесение в почву жидкого навоза и слабо разложившихся органических веществ повышает подвижность тяжелых металлов за счет образования низкомолекулярных водорастворимых комплексов. В растения тяжелые металлы поступают по степени их подвижности: кадмий – свинец – цинк – медь.

Внесение органических удобрений в высоких дозах, использование зеленых удобрений, птичьего помета, муки из рисовой соломы снижают содержание кадмия и фтора в растениях, а также токсичность хрома и других тяжелых металлов.

Подвижность тяжелых металлов регулируют с помощью известкования, гипсования, внесения органических и минеральных удобрений, землевания (внесение глины или песка).

Известкование — эффективный прием снижения поступления цезия-137 и стронция-90 из почвы в растения.

При внесении в среднесуглинистую дерново-подзолистую почву мелиоранта (известь + навоз + минеральные удобрения) содержание водорастворимого свинца снижается и он меньше накапливается в сухой массе ячменя.

Также используют искусственные и природные адсорбенты.

К природным относят торф, мох, черноземные почвы, сапрпель, бентонитовые глины, глауконитовые пески, клиноптилолиты¹, опоки, трепелы, диатомиты. Искусственные – активированный уголь, полистрол,

¹ Клиноптилолит – минерал из группы цеолитов. Цеолиты – минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов вулканическо-осадочного происхождения с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды.

адсорбент «Сорбэкс», углеалюмогели, ионообменные смолы, алюмосиликатные и железо-алюмосиликатные адсорбенты, цеолитополи-силоксаны.

Например, при использовании адсорбента «Меркапто-8-триазин» кадмий, свинец и никель переходят в недоступные для растений соединения. Применение клиноптололита снижает поступление свинца, хрома, кадмия, меди и цинка в растения.

Регулирование соотношения химических элементов в почве

В основе лежит антагонизм и синергизм химических элементов, когда один элемент препятствует или способствует поступлению другого в растение. Например, цинк препятствует поступлению ртути, а избыток фосфора приводит к снижению токсичности цинка, кадмия, свинца и меди. В плодородной почве цинк и кадмий противостоят закреплению меди и свинца, а в малоплодородной – наоборот. К тому же совместное воздействие цинка и кадмия или меди и кадмия оказывает в несколько раз более сильное ингибирующее действие на микроорганизмы, чем при такой же концентрации каждый элемент в отдельности.

Создание рекультивационного слоя, замена или разбавление загрязненного слоя почвы

Загрязненный слой разбавляют землеванием чистой почвы с последующим смешиванием, а также с помощью глубокой вспашки. Глубокая вспашка на почвах с мощным гумусовым горизонтом снижает поступление радионуклидов в растение в 5 – 10 раз.

Создают рекультивационный слой по многослойной схеме: известь, глинистый экран, песок, суглинистый или супесчаный слой, почвенный слой; и по однослойной: почву или потенциально плодородный слой почвы наносят на предварительно экранированную или неэкранированную загрязненную поверхность.

Возможны также снятие загрязненного слоя и его утилизация, или снятие с последующей очисткой на специальном полигоне и возвращением обратно, но это очень дорогостоящий способ рекультивации.

Использование активных биологических средств

Заключается в культивировании живых организмов, способных аккумулировать в себе тяжелые металлы, включая радионуклиды. Например, дождевые черви, микроорганизмы. Последние переводят тяжелые металлы в ионную форму или сорбируют их поверхностью своего тела.

Дождевые черви, пропуская через себя почвенный субстрат, накапливают в себе часть этих металлов, а выработанные ими гуминовые кислоты образуют труднорастворимые соединения. С помощью специальных приманок черви изымаются из почвы.

Загрязненные земли 2-го и 3-го уровней загрязнения очищают, создавая инженерно-экологические системы, которые обеспечивают:

- существенное сокращение выбросов предприятиями (технологический барьер);
- локализацию очагов загрязнения, недопускающую распространение загрязняющих веществ по территории и вглубь: борьбу с водной и ветровой эрозией загрязненных почв; управление водными миграционными потоками путем соответствующей организации поверхностного стока, создания ливневой канализации, дренажных систем с очисткой местного стока различными сорбентами, биоплато и т. п. (гидрохимический барьер);
- строгое дозирование химических средств защиты растений, оптимальное регулирование питательного и кислотного режимов почвы (агрохимический барьер);
- создание рекультивационного слоя, замену или разбавление загрязненного слоя почвы;
- усиление сорбционного барьера почвенного слоя, необходимого для существенного уменьшения количества подвижных соединений тяжелых

металлов, которые поступают в растения и загрязняют продукцию (в то же время общее количество металлов в почве может не только не уменьшаться, но даже расти за счет уменьшения подвижности).

Для обоснования приведенных мероприятий используют математические модели передвижения влаги, тяжелых металлов, разработанные А.И. Головановым.

Поведение тяжелых металлов в почве очень сложно, так как они обладают высокой способностью к различным реакциям. Имеют переменную валентность, участвуют в окислительно-восстановительных процессах. При изменении степени окисления миграционные способности их меняются. В условиях кислой среды нерастворимая фракция переходит в раствор. Катионы тяжелых металлов могут энергично поглощаться коллоидной и гумусовой фракциями почвы.

Подвижность тяжелых металлов в структурных почвах снижается.

Большое влияние на трансформацию тяжелых металлов оказывает почвенная биота. Микроорганизмы, водоросли, грибы поглощают ТМ и переводят их в неподвижные формы. При отмирании и последующем разложении тяжелые металлы вновь переходят в подвижные формы. Некоторое количество металлов поглощается растениями, часть из них отторгается вместе с урожаем, другая остается с корнями и при разложении растений вновь вступает в круговорот.

Содержание тяжелых металлов в биомассе зависит от вида растений и от их концентрации в растворах.

Зная урожайность, можно подсчитать вынос металла.

Большое влияние оказывают состав и свойства почвенных растворов, количество и состав поглощенных почвой катионов, от строения и химического состава клеточных оболочек растений. Подвижные фракции тяжелых металлов, находящиеся в почвенном растворе, передвигаются за счет потока влаги и за счет разности концентрации [4, 7].

5.4 Рекультивация земель, загрязненных радионуклидами

Существенный опыт по рекультивации загрязненных земель радионуклидами накоплен в зонах, связанных с авариями на ПО «Маяк» и Чернобыльской АЭС [4].

На химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе «Челябинск-40» взрыв произошел 29 сентября 1957 года. Разрушение четвертого энергоблока Чернобыльской атомной электростанции произошло 26 апреля 1986 года. Разрушение носило взрывной характер, реактор был полностью разрушен, и в окружающую среду было выброшено большое количество радиоактивных веществ. Выброс радиации при аварии 1957 года оценивается в 20 миллионов Кюри. Выброс Чернобыля – 50 миллионов Кюри. Источники радиации были разные: в Чернобыле – ядерный энергетический реактор, на Маяке – емкость с радиоактивными отходами. Но последствия этих двух катастроф схожи – сотни тысяч людей, подвергшихся воздействию радиации, десятки тысяч квадратных километров зараженной территории, страдания экологических беженцев, героизм ликвидаторов. Об аварии 1957 года говорят меньше и реже, чем о Чернобыльской катастрофе. Долгое время авария была засекречена, да и произошла она за 29 лет до Чернобыля, 50 лет назад.

Загрязненные земли в зависимости от вида и уровня загрязнения или показателей вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду используют следующим образом:

- переводят в земли запаса для консервации в случае невозможности обеспечения безопасности здоровья, а также при отсутствии эффективных технологий восстановления загрязненных земель;
- используют по целевому назначению с установлением особых условий их использования;
- используют без установления особых условий их использования.

Опасность радиоактивного загрязнения может быть определена следующими показателями:

- излучением радионуклидов в реакциях деления тяжелых ядер;
- продолжительностью существования данного радионуклида, т.е. периодом полураспада;
- биологической подвижностью и усвояемостью организмом;
- способностью аккумулироваться в органах и тканях;
- длительностью пребывания в организме (периодом полувыведения – это время, в течение которого содержание радионуклидов в организме снижается в 2 раза в результате метаболических процессов и функционирования выделительных систем).

Наиболее опасными являются йод-131, стронций-90 и цезий-137. Они отличаются наибольшей подвижностью (таблица 18).

Таблица 18 – Характеристика радионуклидов по периоду полураспада и биологической подвижности

Продукт деления	Период полураспада	Выход в реакции деления, %	Биологическая подвижность
Стронций-89	50,5 сут	4,8	Высокая
Стронций-90	28 лет	5,8	
Иттрий-91	58 сут	5,4	Низкая
Цирконий-95	65 сут	6,2	
Рутений-103	7 сут	3	
Рутений-106	1,01 года	0,38	
Сурьма-125	2 года	0,011	
Йод-131	8,05 сут	3,1	Высокая
Теллур-132	77 ч	4,7	Низкая
Йод-133	20,8 ч	6,9	Высокая
Цезий-137	30 лет	6,2	

Продолжение таблицы 18

Продукт деления	Период полураспада	Выход в реакции деления, %	Биологическая подвижность
Барий-140	12,8 сут	6,4	Низкая
Церий-141	33 сут	6	
Церий-144	288 сут	6	

Йод, стронций и цезий характеризуются высоким выходом в реакциях деления, а радиоактивные изотопы йода и стронция – высокой способностью к аккумуляции: йод – в щитовидной железе, стронций – в костной ткани. Радиоактивные вещества, осевшие на поверхность почвы, вступают во взаимодействие с почвенными частицами. Почва – хороший поглотитель для радионуклидов, в целом не менее 50 %.

Поглощенные радионуклиды прочно удерживаются почвой, в результате чего миграция в более глубокие горизонты крайне ограничена. Даже в условиях промывания поверхностно загрязненных почв дождями и талыми водами в течение нескольких лет не происходит заметного перемещения радиоактивного загрязнения по профилю почвы.

При вспашке происходит перемешивание радионуклидов с почвой всего пахотного слоя.

Поглощение и фиксация радионуклидов почвой затрудняет их усвоение корневой системой. Поэтому поступление радионуклидов из почвы в растения в десятки раз меньше, чем из водного раствора, т.е. почва представляет собой мощный барьер на пути миграции радионуклидов по пищевым цепочкам.

Неодинаковые размеры поступления отдельных радионуклидов из почвы в растения обуславливают биологическая избирательная способность растений к усвоению различных химических веществ и отличия физико-химических свойств радионуклидов (таблица 19).

Таблица 19 – Концентрация радионуклидов в урожае овса при плотности радиоактивного загрязнения почвы (почва – выщелоченный чернозем)

Радионуклиды	Концентрация радионуклидов в урожае овса, $n \cdot 10^{-9}$ Ки/кг		Отношение концентрации радионуклида в соломе к концентрации в зерне
	солома	зерно	
Цинк-65	8,6	2,2	3,9
Стронций-90	4	0,3	13,3
Кадмий-115	3,6	1	3,6
Марганец-54	1,65	0,3	5,7
Цезий-137	0,43	0,1	4,3
Прометий-147	0,3	0,07	4,3
Рутений-106	0,1	0,02	5
Кобальт-60	0,1	0,17	0,59
Церий-144	0,01	0,07	0,14

Из числа радионуклидов приведенных в таблице 19 цинк-65 поступает из почвы в растения в максимальных количествах как в вегетативные органы, так и в зерно. По концентрации, в соломе цинк-65 превосходит рутений-106 в 860 раз. Можно отметить, что в большинстве случаев накопление радионуклидов в вегетативных, органах значительно выше, чем в зерне: для кобальта-60 и рутения-106 характерно обратное – преимущественное накопление их в зерне. Отсюда следует, что радионуклидный состав радиоактивного загрязнения почв далеко не безразличен для радиоактивного загрязнения урожая. Существенное значение имеет также длительность жизни радионуклидов, загрязняющих почву. Долгоживущие радионуклиды, такие, как стронций-90 и цезий-137 (что и видим из таблицы 18), создают большую опасность для загрязнения урожая корневым путем. Короткоживущие, например, йод-131 с периодом полураспада около 8 сут,

представляет меньшую опасность и к моменту уборки урожая он практически исчезает [4].

Самым высоким накоплением радионуклидов отличаются бобовые растения, в том числе горох. Очень высоким радиоактивным загрязнением отличаются кормовые травы. Для возделывания необходимо подобрать такие культуры и сорта, в урожай которых поступает минимальное количество радионуклидов. Например, в зерне кукурузы, проса, риса накапливаются минимальные количества стронция-90, однако по содержанию цезия-137 рис приближается к бобовым культурам. Надземные вегетативные органы загрязняются стронцием-90 примерно в 10 раз больше, а цезием-137 в 3 – 5 раз, чем зерно, плоды, клубни, корнеплоды.

На поведение радионуклидов влияют: кислотность почвы, емкость поглощения, количество и состав обменных катионов, содержание гумуса, минералогический состав почвы.

С увеличением кислотности почвы уменьшается прочность связи поглощенных радионуклидов с почвенными частицами, и чем выше кислотность почвы, тем больше радионуклидов поступает в растения. Известкование кислых почв снижает их поступление в растения.

Из почв с высоким содержанием гумуса, с большой емкостью поглощения, с высокой степенью насыщенности обменными катионами радионуклиды поступают в растения в меньших количествах.

Фосфорные и калийные удобрения снижают поступление стронция-90 и цезия-137. Азотные удобрения либо никакого влияния не оказывают, либо незначительно увеличивают переход радионуклидов из почвы в растения.

Наиболее благоприятными, с точки зрения получения урожая пониженного радиоактивного загрязнения, будут почвы с высоким плодородием – серые лесные, каштановые, черноземы.

Основной способ рекультивации загрязненных радионуклидами почв – фиторекультивация, которая включает такие мероприятия, как глубокая вспашка, известкование, внесение минеральных удобрений. Все это

способствует адсорбции радионуклидов, т.е. переходу их в кристаллические решетки некоторых элементов почв и тем самым переводу в неусвояемые для растений формы. Убранную биомассу компостируют в специальных траншеях до тех пор, пока уровень радиации культивируемых растений не достигнет ПДК.

Захоронение загрязненного радионуклидами слоя на глубину от 1,1 м и глубже почти полностью ликвидирует внутреннее и внешнее облучение.

Важной частью рекультивации является применение повышенных доз фосфорных, калийных удобрений и доломитовой муки.

Залужение, перезалужение способствуют уменьшению поступления радионуклидов в урожай многолетних злаковых трав [4].

5.5 Рекультивация земель, загрязненных нефтепродуктами

Развитие промышленного производства в современном мире сопровождается увеличением добычи и потребления углеводородного сырья. При ежегодной мировой добыче нефти 2 млрд. 500 млн. т в год теряется около 50 млн. т, или примерно 2 %. В связи с этим возникает проблема загрязнения почв, поверхностных, грунтовых вод и других компонентов ландшафта нефтепродуктами. Нефть и нефтепродукты, попадая в окружающую среду, оказывают негативное воздействие на все компоненты экосистемы. Самыми загрязненными объектами оказываются почва и поверхностные воды. В почвах ухудшаются агрофизические и агрохимические свойства, изменяется кислотно-щелочное равновесие, снижается активность почвенных ферментов, которые осуществляют реакции гидролиза сложных соединений и катализируют окислительно-восстановительные реакции, изменяется подвижность азота, фосфора, калия и других элементов и, следовательно, их доступность растениям. Загрязнение

происходит при добыче нефти, транспортировке, во время ее хранения, переработки, заправки автомобилей, закачки резервуаров на АЗС, в результате утечек, аварий, протечек, испарений. Оренбургская область – один из крупнейших областных промышленных центров России, специализирующийся на добыче нефти и газа. По своему ресурсному нефтегазовому потенциалу она занимает одно из первых мест. Нефтегазодобывающая отрасль – основа региональной экономики. В то же время природные комплексы испытывают постоянное возрастающее негативное воздействие, оказываемое объектами нефтегазодобычи. Наблюдается нарушение их экологического равновесия. В результате природные ландшафты на территории нефтегазопромыслов трансформируются в техногенные комплексы с глубокими, часто необратимыми изменениями. Специфическими факторами трансформации почв являются бурение скважин, строительные работы по обустройству месторождений, их эксплуатация. Низкий уровень применяемых технологий приводит к многочисленным авариям. Однако, опасны не столько крупные аварии, сколько мелкоочаговые загрязнения, возникающие при заправке автомобилей, закачке топлива из цистерн в резервуары АЗС, хранении, распределении топлива, а также при ремонте техники. Потери топлива при этом могут быть не большими, но они носят неравномерный по площади и во времени характер и происходят на протяжении всего срока функционирования этих объектов, что и создает высокую экологическую опасность. Однако, многие вопросы, касающиеся оценки загрязнения почв нефтепродуктами (НП), несмотря на остроту рассматриваемой проблемы, остаются нерешенными и вызывают многочисленные дискуссии [9 - 11].

Испаряющиеся нефтепродукты загрязняют воздух, особенно опасно образование канцерогенных соединений. Испарившиеся нефтепродукты переносятся с воздухом и, выпадая вместе с атмосферными осадками, расширяют ареал загрязнения. Часть пролитых нефтепродуктов

просачивается вниз, достигает поверхности грунтовых вод и образует зону загрязнения.

Мероприятия по рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, необходимо назначать с учетом санитарно-гигиенических норм и оценки экологической обстановки территорий.

Как известно, вид нефтепродуктов определяет предельно допустимые концентрации нефтяных загрязнений в почвах. Установлены ПДК для бензола – 0,3 мг/кг, толуола – 0,3 мг/ кг, ксилола – 0,3 мг/кг. Однако для суммарного содержания нефтепродуктов в почве ПДК не установлено.

В настоящее время имеются сведения о стандартах содержания нефтяных углеводородов в почвах США различных категорий: 200 мг/кг для почв детских площадок и сельхозугодий, 2000 мг/кг для почв под временным или постоянным покрытием, 10000 мг/ кг для почв лесопарков и зеленых зон города.

В европейских странах, например, Германии, Нидерландах применяют три уровня для оценки загрязнения почв: если содержание нефтепродуктов составляет 50 мг/кг почвы, то соответствует фоновому уровню; если 1000 мг/кг, то отмечается повышенное загрязнение, при этом необходимо организовывать мониторинг, выявить и устранить причины загрязнения; на высокое загрязнение указывает содержание нефтепродуктов 5000 мг/кг, что является основанием для проведения рекультивации.

При оценке степени загрязнения нефтью и нефтепродуктами почв черноземной зоны Украины руководствуются следующими нормативами: слабое загрязнение – от 3000 до 6000 мг/кг, среднее – от 6000 до 12000 мг/кг, сильное – от 12000 до 25000 мг/кг, очень сильное – более 25000 мг/кг. По В.С. Хомичу естественным фоном считаются почвы, если концентрация нефтепродуктов составляет < 5 мг/кг, от 5 до 50 мг/кг – региональный фон, от 50 до 250 мг/кг – слабозагрязненные, от 250 до 1000 мг/кг – среднезагрязненные, от 1000 до 5000 мг/кг – сильнозагрязненные, > 5000 мг/кг – очень сильнозагрязненные почвы.

В 1993 году Министерство природы и Роскомзем РФ утвердили документ «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами», в котором представлены нормативы по степени загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами: меньше ПДК – допустимое содержание (но следует учесть, что в РФ ПДК для нефти в почве не разработаны), от 100 до 200 мг/кг – низкий уровень загрязнения, от 200 до 300 мг/кг – средний, от 300 до 500 мг/кг – высокий и более 500 мг/кг – очень высокий.

В документе МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая основа качества почвы населенных мест» предложена своя градация значений степени загрязнения нефтепродуктами почв и грунтов: за ПДК принимают фоновое региональное значение, от 0 до ПДК – допустимый уровень загрязнения, низкий уровень – от ПДК до 1000 мг/кг, средний – от 1000 до 2000 мг/кг, высокий уровень – от 2000 до 3000 мг/кг, очень высокий уровень загрязнения – от 3000 до 5000 мг/кг [4, 11].

Кроме того при определении степени загрязненности почв нефтепродуктами можно учитывать градацию, разработанную Ю.И. Пиковским (1993): концентрацию нефтепродуктов от 100 до 500 мг/кг можно считать повышенным фоном, концентрации нефтепродуктов от 500 до 1000 мг/кг относятся к умеренному загрязнению (низкому), от 1000 до 2000 мг/кг – к умеренно опасному (высокому), от 2000 до 5000 мг/кг – к сильному, опасному загрязнению и свыше 5000 мг/кг – к очень сильному загрязнению, подлежащему санации [9].

Есть другой нормативный документ – Распоряжение №801-РМ от 27 июля 1999 «Об утверждении методики исчисления размера ущерба, вызываемого захламливанием, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы», который устанавливает допустимый уровень по нефтепродуктам – 300 мг/кг. Согласно этому документу, если в почве содержание нефтепродуктов составляет 300 мг/кг, то это допустимый уровень загрязнения, от 300 до 1000 мг/кг – низкий уровень загрязнения, от

1000 до 3000 – средний уровень, от 3000 до 5000 – высокий уровень, свыше 5000 – чрезвычайно высокий уровень. Часто на территории субъектов РФ в качестве ориентировочно допустимых уровней используют «фоновые значения» содержания углеводородов в почве или такое содержание нефтепродуктов, при котором не только не возникает экологической угрозы, а наоборот, даже стимулируются почвенные процессы, обеспечивающие высокую урожайность и качество выращиваемой продукции. Однако при оценке состояния загрязненных почв необходимо учитывать зонально-климатические особенности конкретного региона, тип, состав, свойства почв и грунтов, состояние растительности, биоты, состав нефтепродуктов, миграция загрязняющих веществ в растения, возможность их миграции в водной и воздушной среде, вида землепользования [4, 11].

В целом норматив содержания нефтепродуктов при рекультивации для земель сельскохозяйственного и несельскохозяйственного назначения различен. Считается, что если содержание нефтепродуктов в почвах сельскохозяйственного назначения составляет 300 – 1000 мг/кг, то рекомендуется рекультивация первого уровня. Если уровень загрязнения достигает 1000 – 5000 мг/кг, то возникает необходимость в рекультивации второго уровня. При содержании нефтепродуктов более 5000 мг/кг рекомендуется рекультивация третьего уровня.

Для земель несельскохозяйственного назначения выделяют следующие пределы:

- 1000 – 5000 мг/кг – 1-й уровень рекультивации;
- 5000 – 10 000 – 2-й уровень рекультивации;
- свыше 10 000 мг/кг – 3-й уровень рекультивации.

Институт Геоэкологии РАН для РФ в нефтедобывающих районах рекомендует считать безопасными уровни загрязнения грунтов нефтепродуктами в мерзлотно-тундровых и таежных районах до 1000 мг/кг, в таежно-лесных – до 5000 мг/кг, лесостепных и степных районах – до 10 000 мг/кг.

За нижний безопасный уровень загрязнения грунтов принимают 1000 мг/кг, рекультивационные работы рекомендуют начинать при содержании нефтепродуктов – 5000 мг/кг.

В Республике Башкортостан предельно допустимое содержание нефтепродуктов принято 1000 мг/кг, в случае превышения необходимы рекультивационные работы. Для Москвы утверждено предельное содержание нефтепродуктов 300 мг/кг [4].

МакДжиллом (McGill, 1977) предложены критерии оценки степени нарушенности почв, содержащих различные количества нефти (таблица 20).

Таблица 20 – Критерии оценки степени нарушенности почв по МакДжиллу

Содержание НП в сухой почве, мг/кг	Степень нарушенности почв
5 000 – 20 000	От легкой до умеренной: в отсутствие каких-либо специальных мер отмечается некоторое временное ослабление роста растительности
20 000 – 50 000	От умеренной до высокой: нормально развиваться способны лишь некоторые виды растений; восстановление почв возможно в течение 3-х лет; без рекультивации восстановление потребует в 2 – 3 раза больше времени
Более 50 000	От высокой до очень высокой: нефть фронтально пропитывает почву на глубину 10 см; лишь немногие растения выживают; при рациональной рекультивации восстановление почвы займет 20 и более лет

Работы первого уровня рекультивации направлены на активизацию почвенных микроорганизмов по деструкции углеводов:

- рыхление почвы;
- внесение извести, гипса;
- внесение высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей запашкой;
- создание мульчирующей поверхности из высокопитательных смесей;
- посев нефтетолерантных растений повышенными нормами;
- применение составных мелиорантов: NPK + навоз; NPK + известь; NPK + известь + навоз.

Большое внимание уделяют использованию растений для очистки почв, рассматривая следующие методы очистки: фитодеградацию, фитоиспарение, ризодеградацию.

Фитодеградация – «внутреннее» разрушение углеводов растением – после поглощения нефтепродукты разлагаются в ходе метаболических процессов, либо «внешнее» – нефтепродукты разлагаются под действием корневых выделений.

Фитоиспарение – способность растения поглощать нефть или нефтепродукты в процессе поддержания своего водного баланса, т.е. вместе с водой «выкачивать» из почвы загрязняющее вещество. Эта способность хотя и может быть использована для очистки, но имеет и отрицательное последствие (загрязняющее вещество выводится в атмосферу в процессе транспирации).

Более эффективна очистка, когда растение совмещает способность к фитоиспарению и фитодеградации, тогда в воздух выводятся только безопасные продукты разложения нефтепродуктов [4].

Ризодеградация – усиленная микроорганизмами биодеградация. Суть в том, что нефтепродукты разлагаются не непосредственно самим растением, а микроорганизмами, обитающими около его корней, т.е. в ризосфере. Непосредственно рядом с поверхностью корней в 1 см³ содержится около

130 млрд. микроорганизмов, а на расстоянии 10 см их содержание снижается до 20 млрд. Растения усиливают работу микроорганизмов за счет биологически активных корневых выделений. В то же время растения самостоятельно участвуют в разложении нефтепродуктов (фитодеградация).

Технология фиторемедиации почвы, загрязненной нефтью, проста, но требует высококвалифицированных специалистов. Она складывается из нескольких этапов:

- оценка загрязнения участка (химический состав разлива, степень проникновения нефти в почву, картирование);
- разработка оптимальной схемы фиторемедиации (подбор видового состава растений, схемы посадки, выбор необходимых агротехнических мероприятий);
- выращивание растений (подготовка семенного материала, почвы, внесение удобрений, использование средств защиты);
- мониторинг участка.

Рекультивационные работы второго уровня:

- замена загрязненного слоя путем удаления последнего;
- создание рекультивационного слоя способом смешивания замазученных и чистых слоев почвы;
- внесение органоминеральных и бактериальных активаторов (керамзитовые окатыши¹, навоз, биодеструкторы);
- устройство под загрязненным слоем поглотительно-экранирующих слоев из минеральных грунтов и извести.

Приоритетный способ очистки почв от нефтепродуктов – использование биодеструкторов. Их эффективность обеспечивается активностью микроорганизмов. Благодаря действию таких препаратов содержание нефтепродуктов в почве за 10 сут. может снизиться на 30 %.

¹ Окатыши из керамзита изготавливают вспучиванием и запеканием глины при температуре плюс 1200 °С. Окатыши имеют пористую структуру и поэтому хорошо держат тепло.

Например, используют вермикулит – легкий слоистый природный минерал, обладающий высокой сорбционной емкостью по отношению к клеткам микроорганизмов и к нефтяным углеводородам одновременно.

По мере снижения загрязненности почвы, при выполнении рекультивационных работ второго уровня, для доочистки применяют мероприятия первого уровня рекультивации [4].

В качестве устойчивых культур при среднем загрязнении выращивают ежу сборную и полевицу белую; при низком загрязнении, кроме указанных, – тимофеевку, овсяницу красную, кострец безостый, люпин многолетний, бекманию восточную, канареечник, лядвенец рогатый, клевер и люцерну. При кормлении животных этими растениями необходим строгий санитарный контроль, так как в них могут накапливаться такие канцерогены, как полициклические ароматические углеводороды.

Возможная схема агробиологических рекультивационных работ:

1-й год – рыхление загрязненной почвы для ее освобождения от легких углеводородов и стимулирования биохимических процессов;

2-й год – применение биодеструкторов и регулирование для этой цели питательного и водного режимов почв;

3-й год и последующие годы – выращивание устойчивых культур до получения качественной продукции (таблица 21).

Рекультивацию земель, входящих во второй и третий уровни, проводят как систему мероприятий в составе инженерно-экологической системы. Создание такой системы обусловлено высокой подвижностью нефтепродуктов в компонентах геосистемы. Подобные антропогенные залежи нефтепродуктов формируются вблизи складов топливно-смазочных материалов, нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов.

Инженерно-экологические системы должны решать вопросы рекультивации почв, защиты рек и водозаборов от загрязнения нефтепродуктами с одновременной локализацией очагов загрязнения подземных вод [4].

Управляемая система в течение длительного периода (нескольких десятков лет) предотвращает распространение неизвлекаемой части нефтепродуктов из залежи в городские водозаборы и в реки, регулирует концентрацию легких углеводородов в зоне аэрации и снижает пожароопасную обстановку, обеспечивает управление гидрохимическими и биологическими режимами почв, грунтов подземных и поверхностных вод.

Таблица 21 – Условия применения агробιοлогическιх рекультиваций

Метод рекультивации	Способ, технология, материал	Условия применения	
		температура воздуха, более, °С	содержание нефтепродуктов, %
Агротехнический	Агротехническая обработка почвы (вспашка, рыхление, дискование, боронование, известкование) для ускорения процессов окисления, активизации деятельности природных штаммов	5	≤ 0,1
Биологический	Внесение органических удобрений (навоз, торф, компост), биодеструкторов («Путидойл», «Дизойл», «Деворойл» и др.), известкование	5	≤ 1
Фиторекультивационный	Агротехнические мероприятия, внесение удобрений, известкование, посев и выращивание трав на сидераты выносливых культур (ежа сборная, полевица белая, тимофеевка, овсяница красная, кострец безостый, люпин многолетний, бекмания восточная, канареечник, лядвенец рогатый, клевер, люцерна)	5	≤ 0,5

Основу системы могут составлять такие инженерные сооружения, как дамба обвалования, стена в грунте, нагнетательные скважины, горизонтальный и вертикальный дренажи, добывающие скважины, а также мероприятия по технической и биологической рекультивации загрязненных земель.

Мероприятия и функции управляемой системы:

– дамба обвалования и мероприятия по организации поверхностного стока – для защиты загрязненной территории от затоплений во время паводка и предотвращения поверхностного смыва НП; аккумулярованный поверхностный сток после предварительного биодеструктирования и доочистки направляется в водооборотные системы промышленных предприятий;

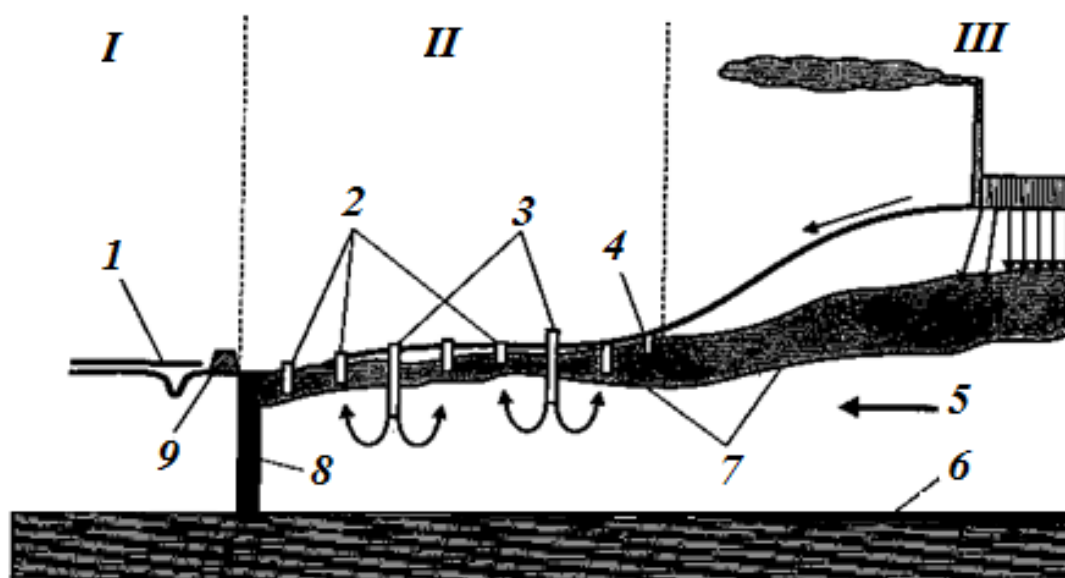
– стена в грунте из смеси глина – песок – цемент, то есть противодиффузионная завеса, а также нагнетательные скважины обеспечивают подъем несвязных нефтепродуктов, которые захватываются добывающими скважинами;

– добывающие скважины в пределах контура загрязнения в регулируемом режиме откачивают нефтепродукты и загрязненные подземные воды и по системе трубопроводов направляют на очистные сооружения;

– рекультивация загрязненных земель в условиях регулирования гидрохимического режима почв обеспечивает восстановление их продуктивности и создает условия для получения качественной растительной продукции на приусадебных участках и сельскохозяйственных угодьях;

– управление инженерно-экологической системой осуществляют на основе экологического мониторинга [4].

Примерная схема управляемой инженерно-экологической системы по восстановлению компонентов природы в зоне действия нефтехимической промышленности показана на рисунке 16.



I – зона реки; II – зона рекультивации загрязненных земель, локализации и ликвидации загрязнения нефтепродуктами; III – зона нефтехимических предприятий; 1 – паводковый уровень воды в реке; 2 и 3 – добывающие и нагнетательные скважины; 4 – нагорно-ловчий канал; 5 – приток подземных вод; 6 – водоупор; 7 – загрязнение нефтепродуктами; 8 – противополиграфическая завеса; 9 – оградительная дамба.

Рисунок 16 – Схема управляемой инженерно-экологической системы по восстановлению компонентов природной среды в зоне действия предприятий нефтехимической промышленности

Техническая составляющая такой системы включает водонепроницаемую стену в грунте, которая ограждает загрязненную территорию, скважины на всю мощность песчаного горизонта и чеки, устроенные с помощью земляных валиков на предварительно спланированной поверхности. В ходе планировки поверхности земли не загрязненный почвенный слой снимают и складировывают в бурты [4].

Суть этой технологии заключается в том, что при нагнетании воды в скважины грунтовые воды и нефтепродукты вытесняются вверх до тех пор,

пока зона полного насыщения достигнет поверхности земли. После этого подачу воды в скважины прекращают, а в чеках создают небольшой слой воды. Нефтепродукты всплывают на поверхность воды, а в почву и в подстилающий грунт впитывается такой же объем воды.

Всплывшие нефтепродукты, переливаясь через валики, попадают в канал, а из него в сборную емкость в виде небольшого бассейна, вырытого в грунте внутри огражденной территории. В сборном бассейне нефтепродукты расслаиваются с водой, их выкачивают в автоцистерны и транспортируют на завод для очистки и вторичной переработки.

Используемая для вытеснения вода будет загрязненной, поэтому ее также необходимо очистить перед сбросом в водоприемник.

Подавать воду необходимо с небольшой скоростью. При большой подаче воды подъем уровня грунтовых вод вблизи и вдали от скважин будет неравномерный, даже возможно ее фонтанирование около скважин. Малая скорость подъема уровня грунтовых вод (она должна быть около 0,1 м/сут.) способствует лучшему вытеснению нефтепродуктов вверх. При подходе зоны полного насыщения к поверхности земли на поверхности чеков создают слой воды, чеки подпитывают водой так, чтобы слой всплывших нефтепродуктов не касался поверхности почвы. Во избежание большого загрязнения атмосферного воздуха летучими фракциями целесообразно процесс всплывания нефтепродуктов прекратить на 60-е сутки.

После удаления нефтепродуктов необходимо понизить уровень грунтовых вод на огражденном стеной участке, так как он лишен естественного дренирования. Для этого можно использовать нагнетательные скважины в качестве вертикального дренажа, откачивают воду, создавая вакуум.

После окончания этапа гидравлического вытеснения нефтепродуктов загрязненными остаются зона аэрации, включающая почвенный горизонт, и грунт, из которого сделаны валики.

Дочищают территорию с помощью технической и биологической рекультивации [4].

В первый год на этапе технической рекультивации разравнивают валики, засыпают подводящий канал и сборный бассейн, проводят глубокую вспашку для проветривания и частично для освобождения грунта от летучих нефтепродуктов, возвращают из буртов снятый слой почвы, планируют, слегка уплотняют и снова проводят вспашку.

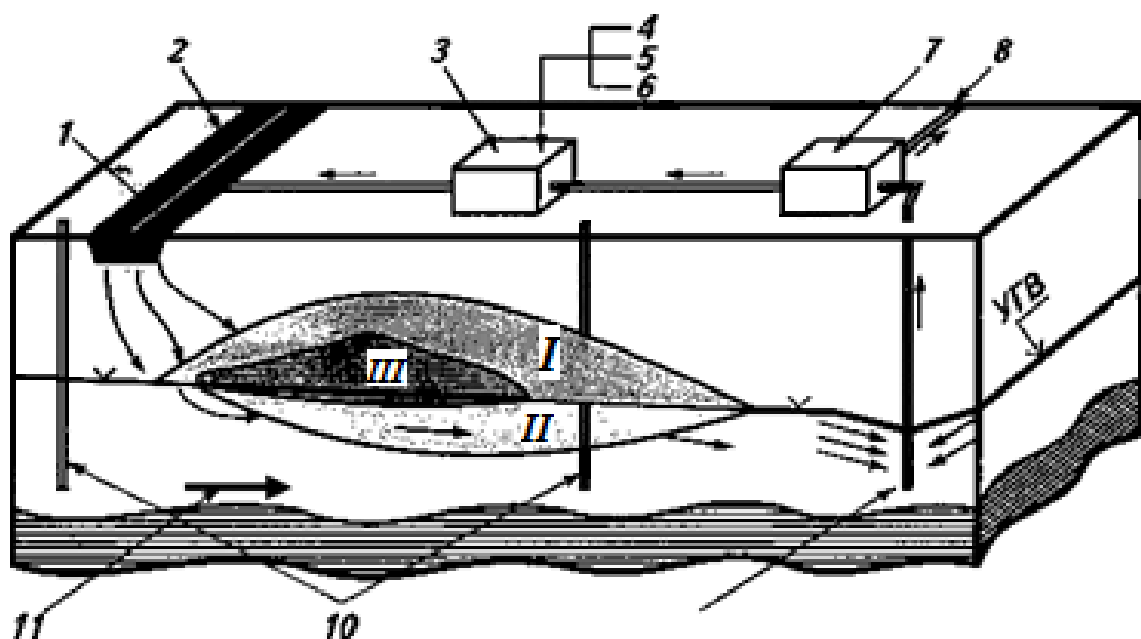
На второй год на этапе биологической рекультивации вносят органические (навоз) и минеральные удобрения, проводят агротехническую обработку почвы и посев злаково-бобовой травосмеси.

Опыты показывают, что даже на загрязненной почве получаются неплохие всходы, на второй год, если их всхожесть недостаточна, травы подсевают. При сильном загрязнении почвы вносят специфические микроорганизмы, которые разлагают нефтепродукты. Эти микроорганизмы обеспечивают полную минерализацию углеводов до CO_2 и H_2O . Например, бактериальный препарат «Бациспектин», полученный на основе природного почвенного штамма *Bacillus sp. 739*, за два месяца разлагает более 50 % загрязнителя по отношению к необработанной нефтезагрязненной почве. Возможно применение и других бактериальных препаратов, например, на основе *Ps. putida-36*, *Ps. pseudoalcaligenes* KB-4.

Для активизации почвенных процессов создают необходимый водный режим, при котором влажность почвы должна находиться в пределах от 0,7 до 0,9 предельной полевой влагоемкости. Это достигается за счет понижения грунтовых вод и дополнительного увлажнения. Во влажные периоды, т.е. весной и после сильных дождей, уровень грунтовых вод понижают до 1 м, для этого осуществляют откачку из имеющихся скважин. Летом в засушливые периоды проводят поливы, используя сеть трубопроводов, насосную станцию и дождевальную технику. Для участка небольшой площади применяют стационарные дальнеструйные дождевальные аппараты ДД-30, обслуживающие площадь 0,6 га каждый [4].

Модель процессов микробиологической очистки и ее применение в конкретных проектах успешно реализована Д.В. Конновым и И.С. Пашковским (2001 – 2004 гг.).

Принцип организации системы биологической очистки грунта на месте загрязнения показан на рисунке 17.



1 – перфорированная труба; 2 – инфильтрационная галерея; 3 – смесительная емкость; 4 – аэрация; 5 – минеральное вещество; 6 – бактерии; 7 – очистка воды; 8 – сброс воды; 9 и 10 – откачивающая и наблюдательная скважины; 11 – направление потока подземных вод; I – поры углеводородов; II и III – растворимый и свободный нефтепродукт.

Рисунок 17 – Схема процесса очистки почвы от нефтепродуктов с использованием микроорганизмов

Рекультивация земель, или очистка земель с использованием микроорганизмов (биоремедиация, или микробиологическая очистка) в последнее время нашла широкое применение. Этот способ активно развивается наряду с такими, как аэрация почвы, складирование почвы с

последующей активизацией процесса самоочищения, экскавация загрязненного грунта для захоронения или термической обработкой и др. Его успешно применяют при очистке почв от бензина, дизельного топлива и других нефтепродуктов.

Технология микробиологической очистки состоит из:

- внесения в почву бактерий, способных разлагать нефтепродукт и вырабатывать веществ, способствующих его быстрому смыванию;
- внесения веществ, необходимых для их роста;
- проведения мероприятий для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов тепловым и водно-воздушным режимом.

Вынесенные в грунтовые воды ПАВ и нефтепродуктовые углеводороды перехватываются вертикальными скважинами или горизонтальными дренами и направляются на доочистку [4].

Процесс естественного фракционирования и разложения нефти начинается с момента ее поступления на поверхность почвы и развивается во времени. Выделяют три наиболее общих этапа трансформации нефти в почвах:

- 1) Физико-химическое и частично микробиологическое разложение алифатических углеводородов, перестройка микробного комплекса, активизация и разложение деструкторов;
- 2) микробиологическое разложение низкомолекулярных структур различных классов, образование смолистых веществ;
- 3) трансформацию высокомолекулярных соединений: смол, асфальтенов, циклических углеводородов, постепенное возвращение микробного сообщества к исходному или близкому к исходному состоянию.

Помимо полного и частичного разложения углеводороды могут включаться в состав гумусовых веществ.

Процессы самоочищения почвы от нефтяного загрязнения, осуществляемые за счет способности микроорганизмов утилизировать углеводороды, различаются в различных климатических зонах и зависит как

от концентрации поллютанта, так и от типа загрязненной почвы. Как правило, самоочищение почв, загрязненных сырой нефтью, протекает крайне медленно.

Все существующие технологии биорекультивации можно разделить на два основных типа – биостимуляция и биодополнение (биоаугментация).

Биостимуляция – способ очистки почвы от ксенобиотиков, предусматривающий создание оптимальных условий для развития природных (аборигенных) микроорганизмов, потенциально способных утилизировать загрязнитель.

На разложение нефти в почве решающим образом влияет функциональная активность комплекса почвенных микроорганизмов, способных обеспечить полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды. В процессе деградации нефти участвуют различные группы почвенной микробиоты: бактерии, дрожжи, микроскопические грибы, актиномицеты. Как правило, в сообществе микроорганизмов-деструкторов преобладают бактерии, характеризующиеся способностью к усвоению широкого спектра углеводов, включая и ароматические. Наиболее типичными обитателями нефтезагрязненных почв, способными разлагать различные углеводороды, являются бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Acromobacter*, *Aeromonas*, *Serratia*.

Постоянными компонентами загрязненных почв северных территорий являются родококки, осуществляющие утилизацию газообразных n-алканов и жидких углеводов нефти.

В комплексах микроскопических грибов наиболее активные деструкторы нефтепродуктов были обнаружены среди представителей родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Graphium*, *Mortierella*, *Gliocladium*, *Trichoderma*.

Углеводороды обладают различной устойчивостью к микробной деструкции. По степени подверженности микробной деградации сырая нефть

и продукты ее переработки располагаются в следующем порядке: сырая нефть – керосин – горючие масла – мазут. Существенную роль в устойчивости нефти к воздействию микроорганизмов играет ее гидрофобность, поэтому способность к синтезу естественных ПАВ, обнаруженная у многих микроорганизмов-деструкторов, имеет решающее значение для эффективности процесса биodeградации.

Темпы микробной деградации углеводородов нефти зависят от множества факторов, для интенсификации этого процесса требуется оптимизация условий для роста и развития микроорганизмов. Основными природными факторами, влияющими на активность углеводородокисляющих микроорганизмов, являются температура, условия влажности и аэрации, кислотность почвы, обеспеченность элементами минерального питания, интенсивность солнечного света.

Оптимальными для развития углеводородокисляющих микроорганизмов в почвах считают мезофильные условия – 20 °С – 30 °С, простые способы поддержания подходящей температуры позволяют повысить эффективность очистки загрязненной почвы.

Нефтеокисляющие микроорганизмы не могут развиваться в полностью обезвоженной среде. Наилучшими условиями влажности являются 60 % от полной влагоемкости. Оптимизация водного режима почв обеспечивается откачкой грунтовых вод или, наоборот, применением оросительных систем для предотвращения ее высыхания, а также использованием полиэтиленовой пленки для сохранения необходимого уровня влажности.

Значения pH, близкие к нейтральным, являются оптимальными для разложения нефти в почвах. Для нейтрализации кислых почв применяют известь. Совместное внесение извести и минеральных удобрений способствует нейтрализации тяжелых металлов, входящих в состав нефти.

Степень продуктивности процесса очистки в значительной мере определяется интенсивностью аэрации загрязненных почв. Поэтому в переувлажненных или неструктурированных почвах с тяжелым

механическим составом разложение нефтепродуктов практически отсутствует. Обработка загрязненной почвы, способствующая обеспечению доступа кислорода в зону микробной деградации нефти, существенно ускоряет процесс рекультивации. Основными видами обработки почв, обеспечивающими активную жизнедеятельность микрофлоры, являются вспашка, рыхление, боронование, дискование. Внесение в нефтезагрязненную почву разнообразных структурообразователей, таких как перлит, древесная кора, опилки, солома и других растительных отходов, также способствует интенсификации процессов аэрирования почв и обеспечивает более эффективную их очистку.

При благоприятных условиях температуры и аэрации обеспеченность элементами минерального питания считается основным фактором, лимитирующим биodeградацию нефтепродуктов в природных средах. У микроорганизмов, испытывающих недостаток в тех или иных элементах, наблюдается резкое снижение углеводородокисляющей активности, что приводит к остановке процесса биоремедиации. Недостаток биогенных элементов может быть восполнен внесением в почву минеральных и органических удобрений.

Одним из методов регулирования азотного режима почвы может стать интродукция в них свободноживущих азотфиксаторов. В качестве источников фосфорного питания рекомендуется применять фосфорнокислые соли аммония или калия.

Одним из способов стимуляции естественной микробиоты почв, загрязненных углеводородами, является использование различных органических субстратов, обогащающих место загрязнения биологически активными соединениями и создающими условия для кометаболизма трудно разложимых углеводов. Для этих целей используют, как правило, дешевые и доступные отходы дрожжевого производства, пептонную воду¹,

¹ Пептонная вода — жидкая питательная среда, состоящая из 0,5 % пептона, 0,5 % натрия хлорида, растворенных в дистиллированной воде. Пептон - препарат, полученный из молока и мяса животных под действием протеолитических ферментов.

биогумус, сидераты, белково-витаминный концентрат, рыбную муку. Установлено, что биологическая активность нефтезагрязненных почв увеличивается при внесении в нее компоста, молочной сыворотки, активного ила сточных вод животноводческих комплексов. Внесению активного ила должен предшествовать тщательный контроль на отсутствие вредных токсикантов.

Одним из способов стимуляции жизнедеятельности углеводородокисляющей микробиоты нефтезагрязненных почв является посев трав. Развитие корневой системы способствует созданию благоприятных условий для роста микроорганизмов в ризосфере за счет корневых выделений, содержащих сложную смесь органических веществ – сахаров, аминокислот, пуринов, нуклеозидов, ферментов, витаминов, фитосидерофоров.

Поскольку деструктивная активность ризосферной микробиоты разных видов растений неодинакова, правильный выбор растений составляет основу успеха фиторемедиации. Во-первых, растение должно быть устойчивым к поллютанту, иметь развитую корневую систему. Во-вторых, его ризосферная микробиота должна быть активна по отношению к загрязнителю.

Способность микроорганизмов использовать в качестве источников углерода и энергии широкий круг органических соединений, их высокие адаптационные возможности позволили разработать технологии биологической рекультивации, основанные на внесении в загрязненную почву специально выделенных углеводородокисляющих микроорганизмов, не являющихся типичными для данной почвы. Такие подходы определяются как *биодополнение (биоаугментация)*.

Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводородных загрязнителей должен проводиться с учетом ряда требований:

- 1) их применение должно быть абсолютно безопасно для человека и окружающей среды, т.е. микроорганизмы не должны быть патогенными, способствовать накоплению микробных токсинов, мутагенных или

высокотоксичных промежуточных продуктов распада ксенобиотиков, ухудшать экологическую обстановку на рекультивируемой территории;

2) биопрепараты должны быть эффективными, т.е. по скорости и полноте разложения ксенобиотика превосходить микроорганизмы, обитающие на участке, подлежащем восстановлению;

3) интродуцируемые организмы должны обладать устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Желательно иметь возможность контролировать развитие и распространение в рекультивируемом грунте микроорганизмов биопрепарата.

Основой для разработки биопрепаратов-деструкторов служат штаммы микроорганизмов, выделенные из загрязненных почв, которые подвергают селекции, генетической модификации с целью повышения деструктивной активности и адаптируют к новому месту обитания.

Биопрепараты первого поколения, созданные для борьбы с нефтяным загрязнением почв и грунтов, представляли собой, как правило, суспензию, сконцентрированную или высушенную биомассу микроорганизмов-деструкторов (таблица 22).

Таблица 22 – Характеристика биопрепаратов для биоремедиации нефтезагрязненных почв и грунтов (Градова, 2005)

Препарат	Компоненты препарата
Первое поколение – масса сухих клеток, суспензии	
«Путидойл»	<i>Pseudomonas putida</i> 36
«Деворойл»	Ассоциация дрожжей и бактерий р. <i>Candida</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Pseudomonas</i>
«Деградойл»	Консорциум, включающий <i>Az. vinelandii</i>
Серия биодеструктор	<i>Acinetobacter valentis</i> , <i>Ac. oleovorum</i>
«Бациспекцин»	<i>Bacillus sp.</i> 793

Продолжение таблицы 22

Препарат	Компоненты препарата
«Родобол»	<i>Rhodococcus erythropolis</i> 5D, <i>Rhodococcus opacus</i> -7Ф, <i>Rhodococcus opacus</i> 29Ф, <i>Rhodococcus rubber</i> 1В
«Родотрин»	<i>Rhodococcus erythropolis</i>
Второе поколение – использование иммобилизованных клеток	
«Экойл»	<i>Pseudomonas sp.</i> на модифицированном торфе
«Сойлекс»	Комплекс штаммов, адсорбированных на носителях (торф, вермикулит и др.)
МГУ	Бактерии <i>p. Rhodococcus</i> , иммобилизованные на гидрофобном плавающем сорбенте
«Эконадин»	<i>Pseudomonas fluorescens</i> на сфагновом торфе
«Лигносорбент»	Комплекс штаммов на гидролизном лигнине

Недостатком бактериального препарата «Путидойл» является высокая зависимость эффективности процесса очистки от доступности кислорода и условий влажности.

Консорциум микроорганизмов препарата «Деворойл» способны эффективно окислять алифатические углеводороды с длинной цепью C₉ – C₃₀ и ароматические углеводороды в широком диапазоне кислотности среды (рН 5,5 – 9,5) и температур (от 5 до 40 °С), адаптированы к средам с соленостью до 150 г/л, а также способны к внедрению в толщу нефтяной пленки. Применение этого препарата позволяет снизить загрязнение нефтью концентрацией 60 мЗ/га за три месяца на 78,8 %.

Бактериальный препарат «Бациспектин» получен на основе природного штамма бактерий *Bacillus sp.* 793. Штамм обладает высокой приспособляемостью к условиям внешней среды, способностью к росту в широком диапазоне температур, а также способностью использовать в качестве источников питания широкий спектр органических и

неорганических соединений. Эффективность этого препарата проявилась на разных типах почв (богатых и бедных органическим веществом) и в различных климатических условиях (Южный Урал и Западная Сибирь).

Биопрепарат «Родобол» разработан в Республике Беларусь. Ассоциация родококков способна полностью утилизировать алифатические компоненты нефти за 3,5 мес., а ароматические деградировать на 95 %.

Бактериальный препарат «Родотрин», который показал свою эффективность в промышленных условиях НГДУ «Южарланнефть», Крайнего Севера ПО «Надымгазпром», может быть использован для ликвидации нефтяных загрязнений почвы и водоемов.

На основе психрофильных¹ штаммов бактерий р. *Rhodococcus* был создан препарат «Руден», использованный для очистки загрязненных мазутом берегов и водной поверхности р. Ижоры. При совместном применении препарата и структурообразователей (солома, опилки) за 1,5 мес. в 2 раза уменьшается концентрация нефтепродуктов в почве и воде.

Также для очистки как водоемов, так и для почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, может применяться жидкий биопрепарат «Экойл».

Переход ко второму поколению биопрепаратов был связан со значительным улучшением их технологических свойств. Имобилизация микробных клеток на носителях позволила увеличить срок хранения препаративных форм, стабилизировать и защитить искусственно вносимые микробные ассоциации в почве. Изучение пищевых потребностей микроорганизмов, участвующих в разложении ксенобиотиков, способствовало включению в состав биопрепаратов минеральных и органических добавок.

Использование модифицированных биологических препаратов позволяет уменьшить рабочую концентрацию микроорганизмов в 4 раза и сократить время очистки нефтезагрязненных участков в 1,5 – 2 раза. Кроме

¹ Психрофилы — организмы, нормально существующие и размножающиеся при относительно низких температурах (обычно не выше 10 °С). Термин обычно употребляют применительно к микроорганизмам, которые растут преимущественно при температуре от +10 до -20 °С.

того, использование дополнительных компонентов в составе биопрепарата позволяет преодолеть порог в 25 г нефти на 1 кг почвы, являющийся критическим для применения углеводородокисляющих микроорганизмов. Для иммобилизации микроорганизмов используют органические и неорганические сорбенты, например, отходы сельского хозяйства растительного происхождения (шелуху гречихи, овса, измельченную солому злаков), торф или отходы лесоперерабатывающей, лесохимической промышленности (опилки, лигнин). Выбор биологического агента для основы биопрепарата и подбор адсорбента клеток бактерий являются ключевыми моментами при разработке эффективных препаратов на основе живых микроорганизмов.

Разработан биосорбент «Униполимер-био», полученный путем иммобилизации ассоциации нефтеокисляющих микроорганизмов на пеносорбенте, обладающий высокой нефтеемкостью (40 – 80 мг нефти на 1 г сорбента) и содержащий в своем составе все необходимые биогены. Этот препарат в течение одного сезона может снизить степень загрязнения нефтью до уровня, не требующего проведения специальных очистных мероприятий (испытания проводили на территории Тюменской области и Красноярского края).

Дальнейшее совершенствование технологий биоремедиации нефтезагрязненных почв привело к пониманию необходимости комплексного подхода к восстановлению ослабленных или утраченных в результате загрязнения функций микробного ценоза.

В институте биологии Уфимского научного центра РАН в лабораториях биологически активных веществ и прикладной микробиологии разработаны биопрепараты-нефтедеструкторы, которые нашли широкое применение при рекультивации почв.

В основе нового препарата «Ленойл» лежит консорциум микроорганизмов *Bacillus brevis* и *Arthrobacter sp.* Окисление этими микроорганизмами различных углеводов связывается с наличием у них

ферментной оксигеназной системы, позволяющей им включать молекулярный кислород непосредственно в углеводород, образуя при этом окисленные соединения. Консорциум этих микроорганизмов в лиофильно-высушенном состоянии сохраняет длительное время (до полутора лет) свои свойства без потери активности. Но, несмотря на то, что этот способ консервации часто используется при получении медицинских препаратов и для хранения музейных культур микроорганизмов в лабораторных условиях, он неприемлем для промышленного производства из-за высокой стоимости получаемого продукта вследствие значительных энергетических затрат в процессе лиофилизации.

Были получены образцы сухих препаративных форм биопрепарата «Ленойл», созданных путем концентрирования биомассы консорциума бактерий *Bacillus brevis* и *Arthrobacter sp.* и ее адсорбцией на твердом носителе – каолине. Это увеличивает его срок годности и упрощает транспортировку и применение.

Применение биопрепарата «Ленойл» в виде сухого порошка, изготовленного в соответствии с техническими условиями, зависит от конкретных условий места загрязнения (содержания нефти или нефтепродуктов, климатических условий, содержания в почве аборигенной микрофлоры и т.д.). Для обработки нефтезагрязненных участков почвы, грунта, водных поверхностей используют рабочий раствор, который готовят непосредственно перед применением препарата. Раствор представляет собой водную суспензию биопрепарата с титром клеток не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. рабочий раствор наносят методом дождевания из расчета 10 л/м² обрабатываемой поверхности при среднесуточных температурах воздуха от плюс 10 °С до плюс 40 °С.

Применение биопрепарата «Азолен» в сочетании с микроорганизмами «Ленойла» позволяет существенно повысить эффективность процесса биоремедиации. Основу препарата «Азолен» составляют бактерии *Azotobacter vinelandii* ИБ 4. Этот штамм обладает высокой нитрогеназной

активностью, способностью к продуцированию цитокининов¹, стимулирующих рост и развитие растений, проявляет антагонистическую активность в отношении широкого спектра почвенных фитопатогенных грибов.

Совместное использование «Ленойла» и «Азолена» позволяет не только увеличить степень очистки нефтезагрязненной почвы, но и способствует восстановлению состава и функций микробиоценоза загрязненной почвы, существенно снижает ее фитотоксичность, позволяя успешно осуществлять заключительный этап рекультивации – фиторемедиацию [12].

Контрольные вопросы

- 1 В каком случае геосистема считается загрязненной?
- 2 Перечислите и охарактеризуйте виды антропогенного загрязнения.
- 3 От чего зависит характер распределения технофильных элементов по поверхности почвы?
- 4 Почему особое внимание следует уделять загрязнению почв?
- 5 Что такое ПДК, показатель химического загрязнения почв?
- 6 Перечислите пять уровней загрязненности почв.
- 7 Назовите способы нормирования ПДК загрязняющих веществ в почве.
- 8 Назовите и охарактеризуйте четыре показателя вредности.
- 9 Назовите состав рекультивационных мероприятий 1, 2, и 3-го уровней.
- 10 Что такое барьер? Какие виды барьеров вам известны?
- 11 Что называется биогеохимическим барьером? Кем разработана теория биогеохимических барьеров?
- 12 Назовите четыре типа геохимических барьера.

¹ Цитокинины – класс гормонов растений б-аминопуринового ряда, стимулирующих деление клеток (цитокинез). В малых концентрациях стимулируют деление, рост и дифференцировку растительных клеток. Активируют также синтез РНК и белков, усиливают транспирацию, задерживают процессы старения растений и повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды.

13 Каковы функции естественно или искусственно созданного барьера – растительного покрова?

14 Назовите и охарактеризуйте виды поглотительной способности почв. Чем можно регулировать поглотительную способность почв?

15 Что может выступать в качестве барьера на пути распространения загрязняющих веществ? Охарактеризуйте.

16 Какие элементы называются тяжелыми металлами? Приведите примеры. Назовите источники тяжелых металлов.

17 Что такое микроэлементы? В чем состоит опасность их избытка или недостатка в почве?

18 Охарактеризуйте способы рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами.

19 Каким образом можно использовать загрязненные земли в зависимости от вида и уровня загрязнения или показателей вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду?

20 По каким показателям определяется опасность радиоактивного загрязнения?

21 Какие радионуклиды считаются наиболее опасными? Почему?

22 От чего зависит удержание почвой радионуклидов? Приведите примеры.

23 Назовите и охарактеризуйте способы рекультивации загрязненных радионуклидами почв.

24 Для каких нефтепродуктов установлены ПДК?

25 Почему до сих пор не установлены ПДК суммарного содержания в почве нефтепродуктов?

26 Какими нормативами пользуются при оценке степени загрязнения почв нефтепродуктами в США, Украине, Европейских странах, России?

27 Какую градацию предложил Ю.И. Пиковский для оценки степени загрязненности почв нефтепродуктами?

28 Какие критерии оценки степени нарушенности почв, содержащих различные количества нефти предложены МакДжиллом?

29 В каком случае проводится рекультивация 1, 2 и 3-го уровней на землях сельскохозяйственного и несельскохозяйственного назначения?

30 В чем заключаются работы первого уровня рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами?

31 В чем заключаются работы 1, 2 и 3-го уровней рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами?

32 Что такое фитодеградация, фитоиспарение, ризодеградация?

33 Перечислите этапы технологии фиторемедиации почвы, загрязненной нефтью.

34 Назовите мероприятия и функции управляемой системы.

35 Охарактеризуйте схему управляемой инженерно-экологической системы по восстановлению компонентов природной среды в зоне действия предприятий нефтехимической промышленности. В чем заключается суть этой технологии?

36 Охарактеризуйте технический этап рекультивации нефтезагрязненных почв.

37 В чем заключается рекультивация земель с использованием микроорганизмов?

38 Охарактеризуйте биостимуляцию и биоаугментацию как способы очистки почвы от ксенобиотиков.

39 От чего зависит степень продуктивности процесса очистки почв от нефти и нефтепродуктов?

40 Перечислите требования предъявляемые к микроорганизму-деструктору углеводородных загрязнителей.

41 Чем отличаются друг от друга препараты первого и второго поколения? Дайте характеристику некоторым препаратам: «Путидойл», «Деворойл», «Бациспектин», «Родобол», «Руден», «Экойл», «Униполимер-био», «Ленойл», «Азолен».

6 Эффективность рекультивации земель

При рекультивации важно определить наиболее эффективное направление использования нарушенных земель, обеспечивающее своевременный возврат инвестиций и устойчивое функционирование техноприродных геосистем. При этом возможны различные варианты проектов: создание сельскохозяйственных угодий, малых ГЭС, водохранилищ, полносистемных рыбоводных хозяйств, нагульно-нерестовых прудов, зон рекреации, лесопитомников, лесных массивов, садово-дачных участков и т.д.

Общественной эффективности проекта рекультивации достигают за счет повышения степени экологической безопасности проживания на рекультивируемой территории, качества производимой сельскохозяйственной продукции, снижения заболеваемости населения и за счет повышения кадастровой стоимости земельных участков.

Коммерческая эффективность содержит организационно-экономический механизм реализации проекта, состав участников инвестиций, схему финансирования, затраты и доходы от рекультивации нарушенных земель.

Эффективность реализации проекта зависит от вида нарушения, современного состояния и направления использования этих земель (например, затраты при создании сенокосов на низинных выработанных торфяниках окупаются в первый год после рекультивации).

При крупных нарушениях земель сложно найти заинтересованных участников (источников) финансирования проектов рекультивации, так как эти объекты требуют значительных инвестиций.

Согласно действующему законодательству источниками финансирования проектов рекультивации могут быть собственные и заемные средства, а также госбюджетное финансирование [4].

Одним из механизмов привлечения собственных средств может быть:

- отнесение затрат на рекультивацию при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа на себестоимость продукции предприятия;
- при строительстве систем, зданий и сооружений – на стоимость этих объектов;
- при проведении геолого-разведочных, геолого-съёмочных, геодезических и других изыскательских работ – на стоимость этих работ;
- при эксплуатации инженерно-технических объектов – на стоимость эксплуатационных работ и т. д.

По методике, утвержденной для Российской Федерации (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М., 2000 г.), экономическую эффективность инвестиций, руб., оценивают по следующей формуле

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T (P_t - Z_t)(1 + E_{Ht})^{-t} > 0, \quad (6)$$

где $ЧДД$ – чистый дисконтированный доход за период жизни проекта T лет, руб.;

P_t – результат от реализации инвестиционного проекта в году t , руб.;

Z_t – затраты, необходимые для осуществления мероприятий в году t (без учета амортизации), руб.;

E_{Ht} – норма дисконта в году t (относительная единица).

Порядок исчисления размеров ущерба основан на положениях статьи 15 Гражданского кодекса Российской Федерации, согласно которой под *убытками (ущербом)* понимают расходы, которые необходимо понести для восстановления нарушенного права или поврежденного имущества, а также не полученные от нарушения права или повреждения имущества доходы [4].

Размер ущерба от загрязнения земель определяют исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. Если оценить указанные затраты невозможно, размер ущерба от загрязнения земель вычисляют согласно Порядку определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (1993 г.) по формуле

$$П = \sum_{i=1}^n (H_c S_i K_B K_{3i} K_{\text{Э}} K_{\Gamma}), \quad (7)$$

где $П$ – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами, руб.;

H_c – норматив стоимости сельскохозяйственных земель, руб/га;

S_i – площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида, га;

K_B – коэффициент пересчета в зависимости от времени очистки загрязненных земель;

K_{3i} – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом i -го вида;

$K_{\text{Э}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

K_{Γ} – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Продолжительность доочистки (восстановления) загрязненных земель определяют опытно-производственным путем, а для стадии предварительной оценки – с помощью прогнозных расчетов по моделям. Степень загрязнения земель характеризуют пятью уровнями: допустимым, низким, средним, сильным и очень сильным. При допустимом уровне загрязнения коэффициент K_{3i} в формуле (7) приравнивают к нулю, тогда $П = 0$, следовательно плату не взимают [4].

Размер ущерба на восстановление загрязненных земель с полной заменой почвенно-грунтового слоя и подготовки почвы для устройства газона рассчитывают согласно Методике исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы (1999 г.) (формула (8))

$$3B_{загр} = 3_{зам} + 3_{подг} + 3_{утил}, \quad (8)$$

где $3B_{загр}$ – затраты на восстановление участка от загрязнения земель, руб.;

$3_{зам}$ – затраты на полную замену загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб.;

$3_{подг}$ – затраты на подготовку почвы под газон, руб.;

$3_{утил}$ – затраты на утилизацию загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб.

Затраты на полную замену загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб. вычисляют по следующей формуле

$$3_{зам} = (H3_{срез}K1 + H3_{погр}K2 + H3_{выв}K3 + H3_{зас}K4)SH, \quad (9)$$

где $H3_{срез}$, $H3_{погр}$, $H3_{выв}$ – нормативы затрат на срезку, погрузку и вывоз загрязненного грунта, руб/м³;

K_1 , K_2 , K_3 , K_4 – действующие на момент установления загрязнения коэффициенты индексации цен для нормативов затрат на соответствующие работы по ликвидации загрязненных земель;

$H3_{зас}$ – нормативы затрат на засыпку нового грунта, руб/м³;

S – площадь загрязненного контура, м²;

H – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м.

Затраты на подготовку почвы под газон, руб., рассчитывают по формуле

$$Z_{подг} = HZ_{подг}K_5S, \quad (10)$$

где $HZ_{подг}$ – норматив затрат на подготовку 20-сантиметрового слоя почвы под газон, руб/м²;

K_5 – действующий на момент установления загрязнения коэффициент индексации цен для нормативов на подготовку территории под газон;

S – площадь загрязненного контура, м².

Затраты на утилизацию загрязненного почвенно-грунтового слоя, руб., рассчитывают по формуле

$$Z_{утил} = HZ_{утил}SHd, \quad (11)$$

где $HZ_{утил}$ – норматив затрат на утилизацию (расценки на утилизацию промышленных отходов), руб/т;

S – площадь загрязненного контура, м²;

H – глубина загрязнения почвенно-грунтового слоя выше нормативной, м;

d – плотность почвенно-грунтового слоя, т/м³ [4].

Контрольные вопросы

- 1 Что понимают под эффективностью проектов рекультивации земель?
- 2 Какие частные эффективности образуют полную эффективность проекта?
- 3 Назовите основные принципы оценки инвестиционных проектов.
- 4 Как количественно определить ущерб, нанесенный землям?

Список использованных источников

- 1 Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В. И. Сметанин. – М. : Колосс, 2000. – 96 с.
- 2 ГОСТ 17.5.3.04-83 (СТ СЭВ 5302-85). Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. – Введ. 1984-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1984. – 8 с.
- 3 Руководство по составлению проекта рекультивации земель, занимаемых во временное пользование для строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1984.
- 4 Рекультивация нарушенных земель / под ред. А. И. Голованова. – М. : КолосС, 2009. – 325 с.
- 5 Основные положения о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геолого-разведочных, строительных и других работ. – М., 1977.
- 6 Деградация почв и их охрана: причины, последствия и пути устранения [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Васильченко [и др.]. – Оренбург : ОГУ, 2016.
- 7 Добровольский, Г. В. Охрана почв / Г. В. Добровольский, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 224 с.
- 8 Гогмачадзе, Г. Д. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидация / Г. Д. Гогмачадзе ; под ред. Д. М. Хомякова. – М. : Изд-во Московского университета, 2011. – 272 с.
- 9 Тесля, А. В. Оценка степени загрязнения типичных и южных черноземов Предуралья нефтепродуктами / А. В. Тесля, Л. В. Галактионова, А. С. Васильченко, М. В. Елисеева // Вестник ОГУ. – 2013. – № 6 (155). – С. 92-95.
- 10 Васильченко, А. В. Оценка токсического загрязнения почв нефтепродуктами в результате деятельности автозаправочных станций

с использованием метода биотестирования / А. В. Васильченко, Л. В. Галактионова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 (часть 2); URL: www.science-education.ru/129-20676.

11 Васильченко, А. В. Проблема экологической оценки загрязнения почв нефтепродуктами / А. В. Васильченко, Т. С. Воеводина // Вестник ОГУ. – 2015. - № 10 (185). – С. 147-151.

12 Логинов, О. Н. Биорекультивация: микробиологические технологии очистки нефтезагрязненных почв и техногенных отходов / О. Н. Логинов [и др.] ; отв. Ред. И. Н. Гоготов. – М. : Наука, 2009. – 112 с.

Учебное пособие

Анастасия Валерьевна Васильченко

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Часть 2

ISBN 978-5-7410-1817-0



9 785741 018170