

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

А. В. Васильченко

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Часть 1

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. 1. – 230 с.
ISBN 978-5-7410-1816-3

В учебном пособии даются общие сведения о нарушенных и разрушенных землях, нарушенных агрогеосистемах. Описывается ландшафтный подход как основной принцип рекультивации нарушенных земель. Рассмотрены этапы рекультивации земель: подготовительный, технический и биологический. В пособии приведены основные требования к рекультивации карьеров нерудных материалов, добычи камня при сухой выемке грунта, обводненных карьеров. Приведены сведения о рекультивации отвалов и насыпей.

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 978-5-7410-1816-3

© Васильченко А. В., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение.....	5
1 Общие сведения о нарушенных землях.....	7
1.1 Антропогенная деятельность и ее влияние на свойства природных объектов.....	7
1.2 Нарушенные и разрушенные земли.....	13
1.3 Нарушенные агрогеосистемы.....	26
2 Ландшафтный подход при рекультивации нарушенных земель.....	28
3 Этапы рекультивации земель.....	33
3.1 Подготовительный этап рекультивации.....	33
3.2 Технический этап рекультивации.....	40
3.3 Биологический этап рекультивации.....	44
4 Рекультивация и обустройство карьеров нерудных материалов при сухой выемке грунта.....	61
4.1 Требования к технологии открытых горных работ и рекультивации нарушенных земель.....	61
4.2 Требования к снятию и сохранению плодородного слоя почвы.....	77
4.3 Требования к составу вскрышных пород в отвалах.....	79
4.4 Требования к техническому этапу рекультивации при формировании горнопромышленных ландшафтов.....	82
4.5 Природно-техногенные условия, определяющие направления использования рекультивированных земель.....	87
4.6 Рекультивация территории карьеров при сельскохозяйственном направлении использования.....	88
4.7 Рекультивация территории карьеров при лесохозяйственном направлении использования территории.....	102
4.8 Требования к рекультивации земель, проводимой в природоохранных, санитарно-гигиенических целях и под застройку....	108

4.9 Требования и методические указания к биологическому этапу рекультивации.....	111
5 Рекультивация территории карьеров добычи камня.....	120
5.1 Рекультивация и обустройство подошвы выработки и складских площадок.....	120
5.2 Рекультивация и обустройство склонов скальной выработки.....	121
6 Рекультивация и обустройство обводненных карьеров.....	126
6.1 Водный режим и глубина водоема.....	128
6.2 Требования к форме, размерам и берегам при обустройстве водоемов.....	132
6.3 Формирование береговой растительности искусственных водоемов	137
7 Рекультивация горных отвалов и гидроотвалов.....	143
7.1 Формирование и технический этап рекультивации горных отвалов..	143
7.2 Рекультивация гидроотвалов.....	154
7.3 Биологический этап рекультивации отвалов и гидроотвалов.....	164
8 Рекультивация земель, нарушенных несанкционированными свалками и полигонами ТБО.....	166
8.1 Рекультивация земель, нарушенных свалками.....	166
8.2 Рекультивация и обустройство полигонов твердых бытовых отходов.....	179
8.3 Биологический этап рекультивации.....	210
Список использованных источников.....	219
Приложение А Морфометрические параметры техногенного рельефа...	222
Приложение Б Последовательность выполнения рекультивационных работ на отвалах.....	224
Приложение В Природно-техногенные условия, определяющие направления использования рекультивированных земель.....	225
Приложение Г Экологический мониторинг.....	230

Введение

Проблемы предотвращения и ликвидации последствий негативного влияния промышленных технологий на природные ресурсы занимают в последнее время центральное место среди важнейших теоретических и прикладных проблем в области охраны и воспроизводства природных ресурсов.

В результате интенсивной урбанизации, индустриализации, роста технического прогресса увеличивается количество земель, подвергающихся техногенному воздействию. Развитие промышленности, в частности горнодобывающих и перерабатывающих отраслей, приводит к отторжению значительных площадей сельскохозяйственных и лесных угодий в связи с возникновением карьеров, отвалов пустой породы, хвостохранилищ и золоотвалов, провалов поверхности при подземной добыче полезных ископаемых. Все это приводит к загрязнению естественных ландшафтов отходами промышленных предприятий, наносит непоправимый ущерб флористическим и фаунистическим природным богатствам. Нарушенные земли становятся очагами загрязнения воздуха, воды и почв, прилегающих территорий, ухудшают санитарно-гигиенические условия жизни населения.

На месте ценных сельскохозяйственных и лесных угодий часто создаются бесплодные, а иногда фитотоксичные грунты, остающиеся в течение многих лет лишенными какой-либо растительности. В результате нарушений происходят ухудшение гидрологического и гидрогеологического режимов окружающей местности, снижение урожайности сельскохозяйственных культур, усыхание и гибель насаждений на прилегающих к промышленным разработкам территориях.

Таким образом, все большее социально-экономическое и хозяйственное значение получает рекультивация почв, как составная часть

природообустройства и природоохранный вид деятельности при разработке проектов природопользования: устранение последствий их разрушения и загрязнения, предупреждение и снижение вредного воздействия на земельные ресурсы. Причем, согласно российскому законодательству рекультивация нарушенных земель обязательна.

Законы Российской Федерации «Об охране окружающей среды», «О недрах», Земельный кодекс и Водный кодекс РФ являются основными законодательными документами, определяющими необходимость выполнения рекультивационных работ.

Именно в рамках территориального планирования и воспроизводства природных ресурсов должны осуществляться рекультивационные работы, предусматривающие гармоничное восстановление всех элементов ландшафта с учетом санитарно-гигиенических, хозяйственных, культурных, природных, и других требований общества.

Таким образом, рекультивация, проведенная своевременно и качественно, способна не только возобновлять плодородие нарушенных земель и их продуктивность, но и, ликвидируя или сводя к минимуму негативное воздействие этих земель на природную среду, создавать более организованные и оптимальные ландшафтные комплексы.

1 Общие сведения о нарушенных землях

1.1 Антропогенная деятельность и ее влияние на свойства природных объектов

Антропогенная деятельность – один из основных факторов воздействия на окружающую среду, в том числе на ее природные объекты. Она может изменять или разрушать природный объект как в целом, так и трансформировать отдельные его свойства. От *вида природопользования* зависит нарушение земель, которое делят на:

– *адаптивное* – не создает серьезные экологические нарушения и не сопровождается разрушительными природно-антропогенными процессами и явлениями. Пример: подсечно-переложная система земледелия¹ в сезонно-влажных субэкваториальных лесах (Юго-Восточная Азия, Конго), или террасированное плантационное земледелие на склоновых землях (Индия, Испания), лиманное орошение² на сенокосных угодьях и система земледелия, исключая монокультуру (Россия) и др.;

– *конструктивное*, создающее техногенные комплексы, не встречающиеся в природной среде, но устойчиво функционирующие в результате постоянного тщательного антропогенного контроля (городские и портовые комплексы Нидерландов; осушительные и оросительные системы в России и др.) [1];

– *деструктивное* – порождает гамму природно-антропогенных процессов, снижающих продуктивность исходных природных геосистем, вызывающих разрушение или деградацию ландшафтов, эрозию, дефляцию,

¹ Подсечно-огневое земледелие — лес выжигают и сеют культуры прямо в золе, через несколько лет переходят на новый участок.

Переложное земледелие — старые участки оставляются на 8 - 15 лет, а затем снова используются.

² Лиманное орошение — глубокое одноразовое весеннее увлажнение почвы водами местного стока (талыми, паводковыми и др.). Воду удерживают (10 - 20 сут) системой дамб и валов.

аридизацию и опустынивание, уничтожение кормовых угодий, дегумификацию продуктивного слоя почв и др.

Основные свойства природных объектов (геосистем):

– *целостность (эмерджентность)*. При этом система только при взаимодействии элементов способна полностью проявлять свои свойства. Данное свойство показывает, что изучая лишь составные части без учета взаимодействия между ними систему познать невозможно.

– *сложность* — свойство, характеризующееся возможными состояниями системы или количеством элементов в ней. Например, система «почва – растение – атмосфера – вода» состоит из четырех подсистем, которые можно описать моделями более или менее сложными в зависимости от поставленных задач.

– *разнообразие* означает, что система может быть жизнеспособной в том случае, если она состоит из различных элементов и связей. Наименьшее число разных элементов – два (плюс и минус, гетерогенная система, пол женский и мужской).

– *структурность* характеризует организацию системы.

Если система не имеет выраженную структуру, то она неустойчива и подвержена случайным воздействиям, которые ее «расшатывают». Пример, перемещаемая ветром песчаная дюна.

Сложная жесткая структура делает систему устойчивой, но не способной усложняться и развиваться. Пример, такая сложная система как оросительная, составными частями которой являются дождевальная техника, трубопроводы, насосная станция, способна выдерживать те или иные эксплуатационные нагрузки, но самовосстанавливаться она не может [1].

Промежуточное положение занимают системы со средневыраженной структурой; характеризуются устойчивостью, однако в некоторых пределах способны и изменяться. Например, на месте пожара со временем появляется луг, который затем сменяется лесом.

Связи в природных системах представлены в виде потоков информации, вещества и энергии. Все такие системы называют *динамическими*, они имеют ряд свойств:

- *функционирование*. В каждой динамической системе происходят непрерывные, взаимовлияющие и взаимосвязанные процессы обмена информации, энергии и вещества и их преобразование;

- *открытость* – непрерывный обмен с окружающей средой веществом, энергией и информацией;

- *устойчивость* – способность системы при резком изменении внешних воздействий сохранять или восстанавливать структуру и другие свойства;

- *динамичность* – способность системы меняться обратимо без перестройки структуры под влиянием периодически меняющихся внешних факторов. Проявляется при суточных, сезонных, годовых и многолетних циклах изменения солнечной радиации, свойств воздушных масс;

- *способность развиваться*, т.е. эволюционно изменяться. Геосистема направленно необратимо изменяется, что приводит к коренной перестройке ее структуры.

Каждая геосистема приспосабливается к определенным условиям, в пределах которых она считается устойчивой и нормально функционирует даже при изменениях внешних факторов среды (динамичность геосистемы). Часто техногенные возмущения сильнее природных, они более многообразны, некоторые не существуют в природе, например загрязняющие искусственные вещества.

Общими критериями природной устойчивости геосистем являются высокая организованность, интенсивное функционирование и баланс функций, в т.ч. биологическая продуктивность и возобновимость растительного покрова.

Устойчивость геосистемы является функцией структуры и эволюции геосистемы на всех стадиях жизненного цикла. Она складывается из

потенциальной (генетической, естественной) устойчивости, которая не зависит от вида и силы воздействия антропогенных факторов, и устойчивости к конкретному виду воздействия [1].

Для оценки антропогенного воздействия на природные объекты в качестве критериев можно использовать изменения гидротермического коэффициента (радиационного индекса сухости I_c), затрат солнечной энергии на почвообразование, объемов поверхностного и подземного стока, баланса химических веществ и органического вещества.

Гидротермический коэффициент рассчитывается по формуле

$$I_c = \frac{R}{10 \cdot L \cdot Oc}, \quad (1)$$

где R – радиационный баланс поверхности почвы, кДж/см²/год;

L – скрытая теплота парообразования, кДж/см³;

Oc – годовой слой атмосферных осадков, мм.

Тепловой баланс почвенного слоя, кДж/см² рассчитывается по формуле

$$R = LE + B + S, \quad (2)$$

где LE – затраты теплоты на суммарное испарение, кДж/см²;

B – теплообмен между поверхностью почвы и атмосферой, кДж/см²;

S – теплообмен между почвенным слоем и подстилающими слоями почвообразующей породы, кДж/см².

В ходе природопользования нарушается растительный и почвенный покров, что ведет к изменению составляющих теплового баланса и значений гидротермического коэффициента (формула (3))

$$\Delta I_c = \frac{R - R_N}{10 \cdot L \cdot Oc}, \quad (3)$$

где $R - R_N = \Delta R$ – изменение гидротермического коэффициента в результате хозяйственной деятельности;

R_N – радиационный баланс после антропогенных воздействий на почву.

Изменение радиационного баланса и гидротермического коэффициента скажется на энергии почвообразования (формула В.Р. Волобуева (4))

$$Q = Re^{-\alpha I_c}, \quad (4)$$

где α – постоянная величина для каждой почвенно-климатической зоны.

В естественных условиях для почв степной зоны гидротермический коэффициент $I = 1$, пустынной зоны — ≥ 2 , нечерноземной зоны — $\leq 0,8$.

Условия почвообразования считаются благоприятными, если индекс сухости близок к единице [1].

Изменение водного баланса для поверхности почвы определяется по формуле

$$\Delta \overline{W}_B = \overline{W} - \overline{W}_N = (I_N - I) + (B_{\Pi N} - B_{\Pi}) + (\overline{П} - \overline{П}_N) + (\overline{О}_N - \overline{О}), \quad (5)$$

где $\overline{W}, \overline{W}_N$ – слой воды на поверхности почвы до и после антропогенного воздействия, мм (далее по аналогии);

I, I_N – испарение с поверхности воды, мм;

$B_{\Pi}, B_{\Pi N}$ – слой воды, впитавшийся в почву, мм;

$\overline{П}, \overline{П}_N$ – приток поверхностных вод, мм;

$\overline{О}, \overline{О}_N$ – отток поверхностных вод, мм.

Изменение водного баланса почвенного слоя рассчитывают по формуле

$$\Delta \overline{W}_{\Pi} = W - W_N = (B_{\Pi N} - B) + (E_N - E) + (g - g_N), \quad (6)$$

где W, W_N – запасы почвенных вод в зоне аэрации до и после антропогенного воздействия, мм (далее по аналогии);

E, E_N – суммарное испарение с поверхности почвы, мм;

g, g_N – водообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм.

Аналогично выражениям (3), (5) и (6) можно записать изменение баланса химических и органических веществ, мг/кг почвы

$$\Delta \overline{G} = G - G_N, \quad (7)$$

$$\Delta \overline{\Gamma} = \Gamma - \Gamma_N, \quad (8)$$

где G, G_N – запасы некоторого химического вещества в почве до и после антропогенного воздействия, мг/кг почвы;

Γ, Γ_N – запасы органического вещества в почве до и после антропогенного воздействия, мг/кг почвы.

Часто техногенные возмущения сильнее природных, они более многообразны, некоторые не существуют в природе, например загрязняющие искусственные вещества. В связи с этим возникает необходимость в особых исследованиях реагирования геосистемы на конкретные воздействия, которые лягут в основу проектов по природообустройству и природопользованию [1].

1.2 Нарушенные и разрушенные земли

Земли, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду (ОС) и которые утратили свою первоначальную природно-хозяйственную ценность, называются **нарушенными**.

Рельеф, созданный в результате промышленной деятельности человека, считается **техногенным**.

В настоящее время все типы ландшафтов географической оболочки Земли на современном этапе ее эволюции делят не на две противоположные крупные категории – естественные (природные) и антропогенные, а на три:

- *природные, естественные*, подчиняющиеся общим закономерностям развития природы;
- *упорядоченные, оптимизированные, культурные*;
- *аккультурные, техногенные*, неупорядоченные и неудобные для жизни, сопутствующие стихийно техногенезу.

Среди техногенных ландшафтов по распространенности и вредности особое место занимают их своеобразные категории, встречающиеся во всех промышленных районах и в окрестностях всех крупных городов, образованные так называемыми «промышленными отвалами». К этой категории относятся пространства, заполненные закономерными сочетаниями положительных (аккумулятивных) форм рельефа (собственно «отвалы») и сопутствующих им, генетически связанных с ними отрицательных (денудационных) форм [2].

Нарушенные земли образуются в ходе добычи полезных ископаемых при выполнении геологоразведочных, изыскательских, военно-промышленных, строительных и других работ, которые приводят к полной или частичной ликвидации почвенного и растительного покрова, нарушению гидрологического и гидрогеологического режимов, загрязнению,

образованию техногенного рельефа и другим изменениям (природно-территориальных комплексов).

К природным процессам, приводящим к нарушению земель, можно отнести сели, пыльные бури, наводнение, землетрясение.

По данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», общая площадь нарушенных земель составляет около 1,1 млн. га. В это число не входят нарушенные земли, образовавшиеся в результате негативной хозяйственной деятельности (загрязнение, опустынивание, эрозия, засоление, подтопление и др.) и проявления стихийных природных процессов.

Современное земельное законодательство обязывает собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов проводить мероприятия по рекультивации нарушенных земель, восстановлению плодородия почвы и своевременному вовлечению земель в оборот [1].

В 2005 г. площадь нарушенных земель составила 35 тыс. га, что на 24 тыс. га меньше, чем в 2004 г.

Территории, нарушенные в результате хозяйственной деятельности, делят на две группы:

а) земли, поврежденные насыпным грунтом – терриконы¹, свалки², отвалы³, кавальеры⁴ (рисунки 1 – 4);

б) территории, подверженные выемке грунта – кавальеры добычи торфа, строительных материалов, открытых горных разработок, провалы и

¹ Террикон или террикони́к (фр. Terri — отвал породы, фр. Conique — конический) — отвал, искусственная насыпь из пустых пород, извлеченных при подземной разработке месторождений угля и других полезных ископаемых, насыпь из отходов или шлаков от различных производств и сжигания твёрдого топлива.

² Сва́лка — территории временного размещения отходов производства и потребления.

³ Отва́л — размещение на поверхности пустых (вскрышных) пород или некондиционного минерального сырья, а также хвостовобогатительных фабрик, отходов или шлаков от различных производств и сжигания твёрдого топлива. Отвалообразование является завершающим этапом вскрышных работ на карьерах.

⁴ Кавалье́р — насыпь, вал правильного профиля вдоль канала, рва, дороги или полотна железнодорожного пути. Служит защитой от сточных вод и заносов. Вообще насыпь, в которую осуществляется отсыпка грунта при его разработке.

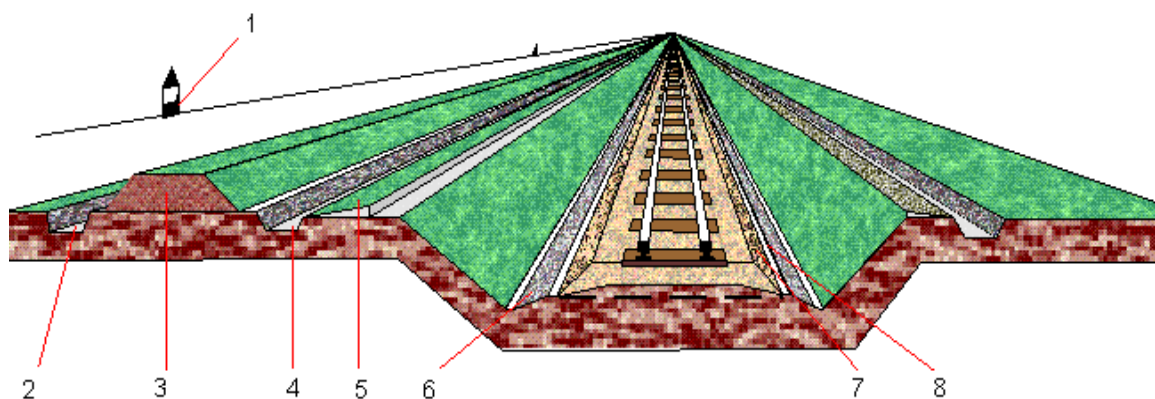
прогибы на месте горных подземных работ, траншеи и резервы при строительстве линейных сооружений [3].



Рисунок 1 – Отвалы бедных урановых руд в Табошаре, Таджикистан, 2004 г.



Рисунок 2 – Луганские терриконы



1 – полоса отвода; 2 – нагорная канава; 3 – кавальер; 4 – забанкетная канава;
5 – банкет; 6 – кювет; 7 – балластный слой; 8 – обочина.

Рисунок 3 – Пример кавальера



Рисунок 4 – Несанкционированная свалка

По данным ГОСТ 17.5.1.02-85, в соответствии с классификацией нарушенных земель по техногенному рельефу карьеры, провалы и траншеи подразделяют *по глубине*, м:

- очень глубокие 100;
- глубокие 30 – 100;
- средней глубины 15 – 30;
- неглубокие 5 – 15;
- мелкие < 5.

По крутизне склонов, град:

- пологие до 5;
- покатые 5 – 10;
- умеренно крутые 10 – 15;
- крутые 15 – 30;
- очень крутые 30 – 45;
- обрывистые 45.

В свою очередь, отвалы, терриконы, насыпи, дамбы и кавальеры различают ***по высоте, м:***

- невысокие до 30;
- средневысокие 30 – 50;
- высокие и очень высокие 50 – 100.

По площади, га, все нарушенные земли делят на:

- крупноплощадные > 50;
- среднеплощадные 1 – 50;
- малоплощадные до 1.

По форме, внешние отвалы могут быть:

– плоскими, в случае если они сформированы посредством гидротранспортировки пород вскрыши;

- платообразными, при транспортной системе разработки месторождения и одноярусной отсыпки в отвалы вскрышных пород или платообразными террасированными, при многоярусной отсыпки тела отвала;
- гребнеобразными или представлять собой систему гребней, образующихся при отсыпке верхнего яруса отвалов драглайнами, консольными отвалообразователями или драгами [3].

Примерная классификация нарушенных земель следующая:

- 1 Добыча торфа (фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машинно-формовочные карьеры).
- 2 Добыча нерудных строительных материалов: карьеры и отвалы песчано-гравийных материалов, глины и песка.
- 3 Производство горных работ открытым способом: внешние отвалы и внутренние, выемки карьерные.
- 4 Подземные разработки: шахтные отвалы – терриконы, провалы и прогибы.
- 5 Функционирование урбанистических систем: шламонакопители, золо- и шлакоотвалы, свалки твердых бытовых отходов – ТБО и др.
- 6 Проведение разведочных и изыскательских работ: земли, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, с нарушенным растительно-почвенным покровом.
- 7 Выполнение эксплуатационных и строительных работ: кавальеры, насыпи, отвалы, гидроотвалы, земли, подвергающиеся эрозии, затоплению, подтоплению, с нарушенным (частично или полностью) растительным и почвенным покровом.
- 8 Технологические процессы в ходе получения материалов, веществ, электрической энергии: земли, загрязненные веществами органического и неорганического происхождения, пылевыми выбросами, радиоактивными элементами, аэрозолями.

9 Сельскохозяйственное производство: нарушенные агрогеосистемы, сельскохозяйственные земли и прилегающие территории, загрязненные сточными водами, пестицидами, дефолиантами, удобрениями, а также засоленные, эродированные, малопродуктивные и опустыненные земли, сбитые – выбитые пастбища.

10 Военные действия, военные учения, производство оружия и его основ: земли, загрязненные опасными бактериологическими компонентами, отравляющими, токсичными органическими, неорганическими, радиоактивными веществами, с нарушенным или разрушенным почвенным покровом.

11 Проведение ликвидации промышленных, военных, гражданских и иных объектов и сооружений (участки земель, содержащие в себе различные виды нарушения, указанные в вышеперечисленных пунктах) [1].

Отношение к природе человек строит по трем взаимосвязанным направлениям: природоведение¹, природопользование² и природообустройство³. Это позволяет на основе объективных законов разрабатывать ограничения в использовании природных ресурсов и согласовывать требования природопользователей и свойств природы.

Яркий пример согласованного взаимоотношения человека и природы – сосуществование искусственных систем, сооружений и устройств с естественными ландшафтами и их взаимодействие. С одной стороны, это изменяет природный ландшафт, с другой – обеспечивает рациональное использование его ресурсов для удовлетворения информационных, материальных и культурных потребностей человека. Таким образом, на существующем природном ландшафте при непосредственном участии

1 Природоведение - это наука о природе как единой целостности или совокупность наук о природе, которые составляют единое целое.

2 Природопользование — это использование природной среды для удовлетворения экологических, экономических и культурно-оздоровительных потребностей общества; это наука о рациональном использовании природных ресурсов обществом.

3 Природообустройство – это система методов и технологий улучшения, восстановления и охраны окружающей среды, применяемых при проектировании, строительстве и эксплуатации комплексов инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных (часто экстремальных) природных условиях.

человека формируется новый объект, который можно рассматривать как природно-техногенную систему или комплекс.

Природно-техногенный комплекс – измененная геосистема, включающая помимо природной составляющей техногенный (созданный человеком) блок, управляющий составом и свойствами компонентов природы и природными процессами для достижения заданной социально-экономической цели [1].

Искусственные системы (посевы новых культур, здания, сооружения), вносимые в ландшафт или в геосистемы, начинают функционировать в нем, подчиняясь законам природы. Несмотря на то, что антропогенные или техногенные объекты входят в ландшафт и становятся его элементами, сам ландшафт продолжает оставаться природной системой. Как появился в составе ландшафта тот или иной элемент в некотором смысле неважно: то ли водоем образовался в результате естественной запруды на реке, то ли человек насыпал в русло плотину, то ли овраг образовался естественным путем, то ли в результате неправильной распашки склонов. Важным является то, что взаимодействие этих элементов, функционирующих вместе с природными, нужно изучать. Полученные сведения позволяют уменьшить отрицательные последствия изменения ландшафта.

При оценке воздействий человека на природу, надо иметь в виду то, что как бы сильно человеком ни был изменен ландшафт, в какой бы степени ни был насыщен результатами человеческого труда, он остается частью природы и в нем продолжают действовать закономерности природы.

По степени изменения ландшафты подразделяют на условно неизменные, слабо измененные, средне измененные, сильно измененные (нарушенные) и культурные.

Природообустройство – это сложное мероприятие, проводимое продолжительное время, дорогостоящее, энерго- и ресурсоемкое. Для его реализации необходимо создание комплекса сложных инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных

природных условиях, часто экстремальных, при переменных погодных условиях. Поэтому на больших площадях создают инженерные системы природообустройства, т.е. комплекс машин, сооружений, оборудования, устройств, предназначенных вместе с мероприятиями обеспечивать достижение той или иной цели. Инженерные системы природообустройства считаются техно-природными системами [1, 4].

В зависимости от размеров выемок и насыпей и их взаимного расположения можно выделить следующие *типы природно-техногенных ландшафтов*:

а) *крупнокарьерно-отвальные* – это сочетание глубоких (до 100 – 300 м, до 500 м) карьеров большой площади и высотных отвалов с природными элементами ландшафта. В качестве примера выступают железорудные карьеры Курской магнитной аномалии (КМА) (рисунки 5, 6), Коркинский угольный карьер в Челябинской области (рисунок 7), представляющие собой огромные котлованы. Отвалы этих карьеров только внешние, достигают в высоту нескольких десятков метров. Физико-химические свойства горных пород, вынесенных на поверхность, определяют скорость естественного зарастания отвалов и пригодность к последующей рекультивации.



Рисунок 5 – Крупнокарьерно-отвалный ландшафт Курской магнитной аномалии



Рисунок 6 – Курская магнитная аномалия



Рисунок 7 – Коркинский угольный разрез

Коркинский угольный разрез является одним из крупнейших и глубоких разрезов на территории бывшего СССР, расположен в Челябинском угольном бассейне. Добываемый материал - бурый уголь с высокой степенью углефикации. Имеет округлую форму, немного вытянутую в широтном направлении, площадь составляет более 800 га, глубина – около 500 м. Углы наклона бортов достигают $10^{\circ} - 25^{\circ}$, высота рабочих уступов 10 – 15 м. При разработке карьера породы предварительно рыхлят взрывами. Коркинский углеразрез расположен в пределах Коркинской мульды коркинского угленосного района, которая приурочена к западной синклиналильной структуре угленосного района. Внешние отвалы, состоящие из вскрышных пород, расположены в 3 км к северо-западу от разреза. Углеразрез представлен большим количеством террикоников, зон обрушения и шахт, часто заполненных поверхностными водами, имеет огромное отвальное хозяйство. Из 10200 га всей территории г. Коркино 6700 га занимают

Коркинские отвалы вместе с карьерами и терриконами. Внутрикарьерное пространство и другие зоны нарушения характеризуются специфическими условиями. Верхняя часть углеразреза малообводнена, обильные выходы грунтовых вод в пределах верхних 100 м единичны. Заболоченные переувлажненные участки наблюдаются на юго-западном борту, что связано с задержкой атмосферных осадков, талых вод на водоупорном ложе углублений, а также с близким расположением грунтовых вод. Растительность, поселившаяся на бортах разреза, в основном питается атмосферными осадками. Объем внутрикарьерного пространства составляет около 1 млрд. м³. Такие причины как неустойчивость бортов, необходимость изоляции от проникновения воды в шахту с изменением водонапора при столбе воды в несколько сот метров, отсутствие источников затопления делают невозможным затопление разреза. Сухая консервация – наиболее допустимый вид его рекультивации. Однако опыта ее осуществления на таких глубоких карьерах как Коркинский ни у нас, ни за рубежом нет [2, 3];

б) *средне- и мелкокарьерно-отвальные* – это сочетание техногенных ландшафтов и отдельных урочищ с природным типом местности. Карьеры мелкие и средние, присутствуют отвалы как внешние, так и внутренние. Внешние отвалы в виде системы гребневидных или одиночных холмообразных вытянутых насыпей располагают рядом с карьерами; такой ландшафт характерен для многих промышленных районов страны, где ведут добычу полезных ископаемых (рудных и нерудных) открытым способом. Пример, карьер по добыче известняка, огнеупорных глин, суглинков, железной руды, песка, гравия, фосфоритов, бурого угля;

в) *торфяно-карьерные* – это сочетание выработанных торфяных полей и траншей, которые образуются в результате торфяных разработок с элементами природного ландшафта. Карьеры часто используют под водоем, т.к. заполняются водой;

г) *дренажно-отвальные речных долин* – это сочетание большого количества дренажных отвалов разных параметров, структуры и степени

зарастания с природными ландшафтами речных долин. Развиваются эрозионные процессы, загрязняется вода и т.д. Этот тип встречается в местах добычи цветных металлов, в речных долинах Урала и Сибири;

д) *просадочно-карьерно-отвальные* – характеризуются сочетанием просадочных и провальных форм рельефа (воронки, ложбины, ямы, западины), шахтных отвалов, карьеров, отвалов перерабатывающей поверхности;

е) *индустриально-«мусорно»-отвальные* – предполагают присутствие, в качестве фоновых отвалов из отходов перерабатывающей промышленности – бытовых отходов, золы, шлама¹. В основном эти отвалы токсичны и являются источником загрязнения почвы, атмосферы и вод;

ж) *частично поврежденные промышленными выбросами* – территории сброса отходов (жидких и твердых) промпредприятиями в реки и на участки, примыкающие к промплощадкам, а также подвергающиеся воздействию промышленно-газовых выбросов в атмосферу. Рельеф таких территорий, как правило, не нарушается, но значительные трансформации претерпевают их почвенно-растительный покров, животный мир и т.д. [3].

¹ Шлам (от нем. Schlamm — грязь) — отходы продукта, составляющие пылевые и мелочные его части, получаемые в виде осадка при промывке какого-либо рудного материала. Это взвесь мелких, до 10 – 40 мм, полезных ископаемых в воде.

1.3 Нарушенные агрогеосистемы

Агрогеосистема – это техноприродная ресурсовоспроизводящая и средообразующая гео(эко)система, объект сельскохозяйственной деятельности.

Она обычно функционирует на локальном уровне, т.е. в пределах фации¹ или урочища². В этой геосистеме наряду с основными природными компонентами (атмосфера, литосфера, гидросфера, почва, биосфера) существуют техногенные элементы, которые взаимосвязаны с природными элементами (мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, с поверхностными и подземными водами).

Техногенная составляющая агрогеосистемы содержит различные инженерные сооружения, системы, технологии, природоохранные и экологические мероприятия [1, 5, 6].

В агрогеосистеме, могут развиваться обратные связи, как показатели стабильности или нестабильности функционирования системы. Провоцирование положительной обратной связи приведет к нарушению ее устойчивости, например, увеличение поголовья домашних животных на пастбищах, превышающее норму выпаса, вызовет разрушение растительного и почвенного покрова. Результат такого воздействия – развитие процессов опустынивания. Регулирование численности поголовья на пастбище или своевременный отказ от выпаса, способствуют возникновению отрицательной обратной связи и включению механизмов восстановления нарушенных свойств агрогеосистемы.

¹ Фация - элементарная неделимая географическая единица, то есть однородный комплекс. Это часть почвенно-биоклиматического пояса, почвенной зоны или подзоны, обладающая специфическими особенностями условий почвообразования и почв в связи с различиями в увлажнении или тепловом режиме.

² Урочище — любая часть местности, отличная от остальных участков окружающей местности. Например, это может быть лесной массив среди поля, болото или нечто подобное, а также участок местности, являющийся естественной границей между чем-либо.

Исходной информацией для оценки состояния агрогеосистемы должны быть сведения о геологическом строении территории, рельефе, водном и солевом режимах, современных геоморфологических процессах, климатических и агрометеорологических условиях, состоянии почвенного и растительного покрова, животного мира.

Нарушение свойств агрогеосистемы провоцирует развитие негативных процессов деградации и деструкции почв.

Нарушение функционирования агрогеосистемы – следствие в основном негативной сельскохозяйственной деятельности: монокультура, превышение норм выпаса и сбоя пастбищ, вырубка древесной и кустарниковой растительности, переуплотнение почвы, несоблюдение норм внесения удобрений, загрязнение почв остаточным количеством пестицидов, тяжелыми металлами при внесении некачественных удобрений, нефтепродуктами при обслуживании техники, сточными водами [1].

Таким образом, негативная сельскохозяйственная деятельность, как вид воздействия в совокупности с выбросами промышленных предприятий и транспорта приводит к образованию нарушенной агрогеосистемы, в результате которой изменяются ее свойства (продуцирование биомассы, способность почвообразования, динамичность, устойчивость) и развиваются процессы деградации и деструкции почв. Последствия этих процессов – образование новых, иногда несвойственных для данных ландшафтов, земель: опустыненных, разрушенных эрозией, вторично засоленных, подтопленных и затопленных, с ухудшенными физическими и химическими свойствами, сработанным запасом гумуса и с низким плодородием.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте характеристику видам природопользования: адаптивному, конструктивному, деструктивному.
- 2 Перечислите и охарактеризуйте основные свойства геосистем.
- 3 Что понимают под устойчивостью геосистемы?

- 4 По каким критериям можно проводить оценку антропогенного воздействия на природные ресурсы?
- 5 Какие земли относят к нарушенным? Каковы причины их появления?
- 6 Охарактеризуйте группы нарушенных территорий.
- 7 Как карьеры, провалы и траншеи подразделяют по глубине, крутизне склонов?
- 8 Как отвалы, терриконы, насыпи, дамбы и кавальеры различают по высоте?
- 9 Каким образом все нарушенные земли подразделяются по площади?
- 10 Дайте характеристику внешних отвалов.
- 11 Приведите примеры нарушенных земель.
- 12 Что такое природно-техногенный комплекс?
- 13 Как реализуется принцип природных аналогий при разработке и реализации технологий природообустройства?
- 14 Что такое природообустройство?
- 15 Дайте характеристику типам природно-техногенных ландшафтов.
- 16 Что такое агрогеосистема? Охарактеризуйте ее.

2 Ландшафтный подход при рекультивации нарушенных земель

Степень изменения ландшафта зависит от того, какие компоненты подверглись модификации или даже разрушению. С этих позиций условно можно выделить первичные и вторичные компоненты природы. Геологический фундамент и свойства воздушных масс (климат) являются базовыми, первичными, формирующими облик ландшафта; человеку трудней всего их изменить, хотя добыча полезных ископаемых приводит к нарушению целостности литосферы, а промышленные выбросы в атмосферу

создают парниковый эффект. Наиболее подвержены изменению вторичные компоненты (растительный покров, почвы, поверхностные воды), в то же время эти компоненты с помощью инженерных систем природообустройства могут быть восстановлены (рекультивированы).

Измененные человеком геосистемы, как правило, менее устойчивы, чем первичные, поскольку естественный механизм саморегулирования в них нарушен. Поэтому экстремальные отклонения параметров внешней среды, которые «гасятся» в естественной геосистеме, могут оказаться разрушительными для антропогенной модификации: один заморозок может погубить культурную растительность, пыльная буря за несколько дней может разрушить почвенный слой на распаханной территории.

В качестве основного принципа рекультивации нарушенных земель следует применять ландшафтный (геосистемный) подход, т.е. рассматривать объект рекультивации как техногенную составляющую природной геосистемы, образовавшуюся в результате природопользования, антропогенного воздействия и проявления стихийных процессов. При этом надо понимать, что последствием рекультивации является образование новой геосистемы (техно-природной), устойчивость которой зависит от взаимодействия техногенных и природных компонентов [1].

Следующее немаловажное обстоятельство для разработки проектов рекультивации – категория земель или их целевое назначение: сельскохозяйственные, земли поселений, промышленности (энергетики, транспорта, связи и т.д., иного специального назначения), охраняемых территорий, лесного фонда, водного фонда и земли запаса. Нарушенные земли в составе любой категории необходимо восстанавливать с учетом их будущего использования. Исходя из этого, можно сформулировать ландшафтный подход к рекультивации нарушенных земель:

- на основе ландшафтного и техногенного анализа ситуации определяют ранг положения нарушенной геосистемы (фацция, урочище, местность и т.д.), степень изменения геосистемы (условно неизменная,

слабо измененная, средне измененная, сильно измененная) и классифицируют объект рекультивации;

- по материалам инженерных и инженерно-экологических изысканий оценивают характер и масштабы нарушения земель, исследуют и изучают нарушенные свойства геосистемы;

- на основе принципов природообустройства разрабатывают проекты рекультивации под конкретную категорию земель (направление использования) [1].

Состав инженерных и инженерно-экологических изысканий для рекультивации нарушенных земель определяется соответствующими нормативными документами и дополняется специальными исследованиями, вытекающими из назначения использования земель и вида нарушенных свойств геосистемы. В зависимости от степени воздействия на геосистему могут быть нарушены, разрушены или изменены такие ее свойства, как целостность, разнообразие, функционирование, устойчивость, динамичность, продуцирование биомассы, способность почвообразования. Изучение степени нарушенности этих свойств дает возможность оптимизировать состав рекультивационных мероприятий, а применение инженерных и инженерно-экологических систем обеспечит устойчивость вновь создаваемой техноприродной геосистемы.

Таким образом, определив состояние и ранг геосистемы, ее связи в иерархической структуре, степень изменения, виды нарушенных и разрушенных свойств, приступают к разработке на основе принципов природообустройства концепции или схемы рекультивации нарушенных земель. Такие предпроектные работы особенно необходимы для крупных объектов рекультивации, когда последствия нарушения угрожают потере устойчивости не только геосистемы низшего ранга, но и вызывают негативные отклики в системах высшего порядка. Результат предпроектных работ – обоснование основных инженерных решений для создания

устойчивой техноприродной геосистемы, способной обеспечить восстановление и самоочищение нарушенных компонентов природы.

Дальнейшая разработка проектов направлена на уточнение целей и постановки конкретных задач, для этого выполняют:

- анализ эволюции нарушенных земель с целью изучения природной трансформации компонентов в измененных геосистемах и разработки способов управления геологическими и биологическими процессами в рекультивационный период;

- анализ природных, технологических и социально-экономических условий для обоснования направления использования нарушенных земель;

- разработку способов рекультивации по отдельным видам нарушенных земель, создание специальных инженерных и инженерно-экологических систем по оптимизации функционирования техноприродных геосистем (комплексов) [1].

Сформулированные методологические положения рекультивации нарушенных земель основаны на неразрывности процессов, происходящих в геосистемах, и на изучении межкомпонентных перемещений веществ с целью разработки методов прогнозирования и систем управления потоками вещества как внутри геосистемы, так и в ее иерархических структурах (фации, урочище, местности, ландшафте). Основой для поддержания устойчивого функционирования техноприродной геосистемы, созданной в результате рекультивации нарушенных земель, является обеспечение рекультивационного режима.

Рекультивация и технологии ее выполнения должны отвечать определенной совокупности требований, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы. Такой набор требований называют рекультивационным режимом (по аналогии с мелиоративным режимом).

Рекультивационный режим определяется состоянием нарушенных земель и включает следующие показатели:

- эрозионную устойчивость поверхности земли;
- формы рельефа и его параметры (крутизну склонов, линейные размеры элементов рельефа, его экспозицию);
- нормы снятия почвенного слоя и сроки его хранения;
- геологический и химический состав горных субстратов и потенциально плодородных пород;
- толщину наносимого почвенного слоя при землевании;
- мощность рекультивационного слоя;
- пределы регулирования влажности почвы (субстратов) и глубины грунтовых вод;
- направленность и интенсивность водообмена между почвенными и подземными водами;
- сроки затопления и подтопления земель;
- скорость и направления движения поверхностных и подземных вод;
- значения общей минерализации поверхностных и грунтовых вод;
- содержание токсичных элементов в почвах, горных субстратах, поверхностных, грунтовых и сточных водах;
- агрохимические показатели плодородия почвы; биологический состав почв и поверхностных вод [1];
- интенсивность формирования наземной и водной биоты;
- эстетические требования к преобразованному ландшафту.

Каждый из приведенных показателей имеет нормированные или ориентировочные значения, которые в конкретных проектах должны быть обоснованы опытом, исследованиями, изысканиями и прогнозными расчетами.

Для соблюдения указанных показателей рекультивационного режима существуют различные технологии, инженерные системы, способы выборочного воздействия на отдельные составляющие этих показателей.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите ландшафтный подход к рекультивации нарушенных земель.
- 2 Что такое рекультивационный режим? Какими показателями он характеризуется?

3 Этапы рекультивации земель

3.1 Подготовительный этап рекультивации

Рекультивация земель – это комплекс работ, мероприятий (инженерных, горнотехнических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и др.), выполняемых за определенный промежуток времени и направленных не только на реконструкцию отдельных частей техногенных биогеоценозов или улучшение состояния отдельных компонентов ландшафта, а на перестройку и усовершенствование всего техногенного комплекса в целом.

Отработанные земли – нарушенные земли, технологическая надобность в которых у предприятий миновала и на которых можно начинать рекультивационные работы.

Направление рекультивации земель – определенное целевое использование нарушенных земель в народном хозяйстве [7].

Рекультивированные земли – нарушенные земли, на которых восстановлена продуктивность, народно-хозяйственная ценность и улучшены условия окружающей среды.

Цели рекультивации земель:

- 1 Производственная – возможность использовать восстановленный участок для производства или сельского хозяйства, т. е. получения различной продукции.

2 Социально-экономическая – благоприятные условия для жизнедеятельности человека и экосистем.

3 Природозащитная – возмещение ущерба окружающей среде что, в свою очередь, способствует созданию благоприятных условий для жизни человека и экосистем.

Этапы рекультивации земель – последовательно выполняемые комплексы работ по рекультивации земель:

- подготовительный – предпроектные и проектные работы, которые содержат концепцию, схему, обоснования инвестиций, инженерные изыскания, стадии проектирования (проект и рабочую документацию);

- технический – инженерно-техническая часть проекта, направленная на ликвидацию последствий антропогенной деятельности. Это этап рекультивации земель, включающий их подготовку для последующего целевого биологического освоения и использования в народном хозяйстве. К этому этапу относятся планировка, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв и плодородных пород на рекультивируемые земли, при необходимости коренная мелиорация, строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и др.;

- биологический – этап рекультивации земель, включающий комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель.

Продолжительность выполнения этих этапов определяют как рекультивационный период. Он может длиться в зависимости от состояния нарушенных земель и их целевого использования от одного до нескольких лет. Этот период может быть определен сроками восстановления компонентов природы. На сильно нарушенных землях необходимо длительное управление физико-химическими и биологическими процессами.

Основной задачей подготовительного периода является разработка проекта рекультивации, т.е. создание объекта экономически выгодного для

инвестора и соответствующего требованиям природоохранного законодательства [1].

Важным для строительства любого объекта является оформление земельных отношений. Необходимо оформить акт выбора земельного участка, т.е. предварительно получить согласие всех заинтересованных сторон, а именно землепользователей и органов государственного регулирования земельных отношений.

Первый этап землеустроительного проекта включает:

- оформление заявления (ходатайства) о выделении земельного участка;
- рассмотрение заявления;
- создание комиссии или организационные работы по выбору земельного участка;
- предварительная договоренность с обладателями прав на землю;
- выбор земельного участка;
- информирование населения о предстоящем использовании земель.

Обследование территории, формирование земельного участка включает:

- 1 Обследование участка на местности, формирование и подготовка проекта границ.
- 2 Составление акта потерь и убытков сельскохозяйственного и иного производства.
- 3 Составление акта технического обследования земель лесного фонда и древесно-кустарниковой растительности.
- 4 Предоставление лицензии на пользование недрами.
- 5 Предоставление и использование земельных участков особо охраняемых территорий и объектов.
- 6 Согласование серветутов (ограничений по использованию участка) в пользу земельного участка.
- 7 Разработка раздела «Оценка воздействия на окружающую среду».

8 Проведение государственной или общественной экологической экспертизы по землеустроительной документации [1].

9 Получение заключений о предварительном согласовании размещения объекта от органов и учреждений, осуществляющих контроль за использованием и охраной земель.

10 Получение акта выбора земельного участка.

Изыскательские работы включают инженерные (топографические, геологические, гидрогеологические, гидрологические, почвенные, сейсмологические и др.), экологические (санитарно-гигиенические, биологические, химические, радиологические и др.) и археологические исследования.

Любая стадия проектирования проходит согласование в инспектирующих органах, а материалы изысканий и проектную документацию рассматривает государственная и экологическая экспертиза. Заключение государственной и экологической экспертизы служит основанием для строительства и оформления землеустроительного проекта.

Проект рекультивации и технологии его выполнения должны быть направлены на выполнение требований рекультивационного режима, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы.

При рекультивации нарушенных земель, расположенных в прибрежных и водоохраных зонах, необходимо учитывать требования Водного кодекса.

Территория, прилегающая к акваториям водохранилищ, озер, рек, морей и др., на которой, с целью предотвращения истощения водных объектов, их загрязнения, заиления и засорения, а также сохранения среды обитания объектов живого мира, устанавливаются особый режим хозяйственной деятельности, называется *водоохранной зоной (ВЗ)*.

В границах этой зоны устанавливают прибрежные защитные полосы (ПЗП), для которых также вводят дополнительные ограничения природопользования [1].

Ширина ПЗП и ВЗ устанавливается следующим образом:

- в летний период от среднесуточного уреза воды – для озер, стариц и рек;
- от максимального уровня прилива – для морей;
- при нормальном подпорном уровне от уреза воды – для водохранилищ;
- от их границы – для болот.

Минимальную ширину ВЗ определяют для участков рек протяженностью от их истока: 50 м – до 10 км; 100 м – 10 – 50 км; 200 м – 50 – 100 км; 300 м – 100 – 200 км; 400 м – 200 – 500 км; 500 м – 500 км и более.

Водоохранная зона для истоков рек должна быть радиусом не менее 50 м. Для озер и водохранилищ минимальную ширину водоохранных зон устанавливают следующим образом: при площади акваторий до 2 км² – 300 м, от 2 км² и более – 500 м. При определении ширины водоохранных зон верховых болот, используется тот же принцип, что и для водохранилищ и озер. Минимальная ширина ВЗ водных объектов, для которых установлены запретные полосы лесов, с целью защиты нерестилища ценных промысловых видов рыб, равна ширине этих полос. Границы ВЗ межхозяйственных и магистральных каналов, как правило, совпадают с границами полос отвода земель под эти каналы.

Для водохранилищ, озер, рек и других водных объектов минимальная ширина ПЗП приведена в таблице 1.

Для участков водоемов, обладающих особо ценным рыбохозяйственным значением (места нереста, нагульные участки, зимовальные ямы), ширина прибрежных защитных полос независимо от использования прилегающих земель и уклона составляет не менее 100 м [1].

Таблица 1 – Минимальная ширина прибрежных защитных полос для поверхностных водных объектов в зависимости от крутизны склонов прилегающих территорий

Вид угодья, прилегающего к водному объекту	Ширина прибрежной защитной полосы, м, при крутизне (уклоне) склонов прилегающих территорий		
	обратный и нулевой	до 3°	более 3°
Сенокосы и луга	15 – 25	25 – 35	35 – 50
Пашня	15 – 30	35 – 55	55 – 100
Кустарник, лес	35	35 – 50	55 – 100

На территории водоохранных зон воспрещается:

- использовать навозных стоков в качестве удобрения почв;
- проводить авиационно-химические работы;
- складировать мусор и навоз;
- применять химические средства борьбы с болезнями растений и сорняками, вредителями;
- мыть и ремонтировать автомобили и другие машины и механизмы и заправлять их топливом;
- размещать стоянки транспортных средств, в том числе на территориях садово-огородных и дачных участков;
- размещать склады минеральных удобрений, ядохимикатов, топливо-смазочных материалов, площадки для заправки аппаратуры ядохимикатами;
- размещать животноводческие комплексы и фермы, места захоронения и складирования сельскохозяйственных, промышленных и бытовых отходов, накопители сточных вод, скотомогильники и кладбища;
- при ширине водоохранных зон менее 100 м и крутизне склонов прилегающих территорий более 3° нельзя располагать дачные и садово-огородные участки;

– проводить без согласования с органами управления использованием и охраной водного фонда Министерства природных ресурсов и экологии РФ рубки главного пользования, строительство и реконструкцию зданий, сооружений, коммуникаций и других объектов, работы по добыче полезных ископаемых, землеройных и других работ.

В пределах водоохранных зон разрешаются рубки промежуточного пользования и другие лесохозяйственные мероприятия, обеспечивающие охрану водных объектов.

Дополнительно к ограничениям по водоохранным зонам в пределах прибрежных защитных полос запрещается:

- проводить распашку земель;
- вносить в почву удобрения;
- складировать отвалы размываемых грунтов;
- выпас и организация летних лагерей скота (кроме использования традиционных мест водопоя), устройство купочных ванн;
- устанавливать сезонные стационарные палаточные городки, размещать дачные и садово-огородные участки и выделять участки под индивидуальное строительство;
- движение тракторов и автомобилей (кроме специального значения).

При наличии лицензий на водопользование в пределах прибрежных защитных полос можно размещать объекты водозаборных, гидротехнических и портовых сооружений, водоснабжения, рекреации, рыбного и охотничьего хозяйства.

Одно из требований к прибрежным защитным полосам – наличие древесно-кустарниковой растительности или они должны быть залужены [1].

3.2 Технический этап рекультивации

Создание техногенной составляющей разрушенной геосистемы, гармоничной, стабильной, высокоорганизованной, по возможности саморегулируемой, энергетически и экологически безопасной – *задача технического этапа рекультивации.*

Выбор технологии рекультивации определяется:

- свойствами плодородного слоя почвы;
- типом и характеристиками используемого оборудования, очереди разработки и скоростью перемещения фронта работ;
- видом последующего использования рекультивируемых площадей;
- расстоянием, мощностью и объемом транспортировки плодородного слоя почвы;
- принятым способом разработки карьеров и формированием отвалов;
- равномерной загрузкой оборудования в течение всего срока эксплуатации карьера;
- гидрологическими и гидрогеологическими условиями рекультивируемой территории, рельефом, климатом.

Любая инженерная система или ее часть может включать следующие **технические решения:**

- проективные – создание новых проектных поверхностей и форм рельефа: ориентирование поверхностей объекта по отношению к солнечной освещенности, профилирование, террасирование, вертикальная планировка, создание поверхностей при захоронении отходов, разделка кочек, удаление камней, пней и ненужной древесно-кустарниковой растительности;
- структурные – изменение структуры почвы и создание рекультивационного слоя: землевание, торфование, кольматаж, глубокое рыхление, мелиорация почв с внесением сапропелей, создание изолирующих и

водонепроницаемых экранов и водоупоров, замена или засыпка загрязненного слоя;

– химические и физико-химические – изменение химических и физико-химических свойств нарушенных земель: известкование, гипсование, кислование, внесение искусственных сорбентов, химических мелиорантов, природных цеолитов, органических и минеральных удобрений;

– водные гидротехнические – восстановление и регулирование водного режима: орошение, осушение, регулирование сроков затопления поверхностными водами, создание водоемов водохозяйственного, рыбохозяйственного и рекреационного назначения, защита от подтопления, очистка стоков;

– теплотехнические – восстановление и регулирование теплового режима нарушенной геосистемы: особый режим регулирования влажности воздуха и почвы, аэрация почвы, изменение экспозиции склонов, альбедо, т.е. отношения отраженной солнечной энергии к поступающей на поверхность, применение утеплителей, обогрев, мульчирование, грядование.

На нарушенных землях практически всегда необходима планировка поверхности земли и землевание.

Работы по выполаживанию откосов бортов и отвалов карьеров, выравниванию поверхности разрушенных земель в соответствии с последующим использованием, называются *планировочными*.

Планировочные работы в зависимости от расстояния транспортировки почвенного слоя, его объемов и направления рекультивации включают сплошную, частичную, грубую и чистовую планировку поверхности.

Разравнивание или *сплошную* планировку осуществляют при создании лесных массивов, подготовке земель к сельскохозяйственному использованию по всей территории, а *частичную* выполняют при подготовке земель к озеленению, созданию лесных или защитных водоохранных полос, при благоустройстве территорий в целях рекреации или для придания эстетичного вида разрушенным землям по отдельным участкам [1].

Предварительное выравнивание поверхности с выполнением основного объема земляных работ, называется *грубой планировкой земель*.

Окончательное выравнивание поверхности и исправление микрорельефа при незначительных объемах земляных работ, называется *чистой планировкой земель*.

Планировку насыпей проводят в два этапа: предварительный и окончательный, при котором через 2 – 3 года поверхность насыпи обязательно засевают бобово-злаковыми травами.

Нанесение почвенного слоя на уже спланированную поверхность или внесение почвы или потенциально плодородных горных пород в другую почву для улучшения ее свойств (тепловых, водно-физических, агрохимических), называется *землеванием*. Причем, в почве, наносимой на спланированную поверхность, содержание гумуса должно быть не менее 2 %.

Супесчаные и суглинистые грунты используют в качестве потенциально плодородных пород. Землевание особенно необходимо при создании рекультивационного слоя на землях, не пригодных для проведения биологической рекультивации по физическим или химическим свойствам.

От направления использования нарушенных земель зависит мощность рекультивационного слоя на потенциально плодородных породах:

- при создании сельхозугодий наносимый слой почвы должен быть не менее 20 – 25 см;
- для создания кормовых угодий (сенокосы, пастбища) не менее 0,3 – 0,7 м;
- для выращивания деревьев и кустарников не менее 2 м.

Техническая рекультивация может ограничиваться двумя рассмотренными способами землевания, особенно там, где нарушения вызваны технологическим воздействием на поверхность почвы, например, при снятии почвенного слоя на трассах строительства каналов, трубопроводов, дорог, временных площадок под складирование грунта. На объектах, связанных с нарушением функционирования геосистем, или на объектах, где последствия

нарушения представляют угрозу безопасности здоровья населения, устраивают инженерные системы, предназначенные для технического восстановления компонентов этих геосистем, их свойств и технологий управления потоками вещества. На землях сельскохозяйственного использования – это мелиоративные системы, на землях рыбохозяйственного использования – прудовые системы, на землях лесохозяйственного использования – лесомелиоративные системы, на загрязненных землях – инженерно-экологические системы и т.д.

Инженерные системы природообустройства используемые при рекультивации земель:

- инженерные системы мелиорации (для поддержания и восстановления требуемого мелиоративного режима земель);
- инженерно-экологические системы (для уменьшения поступления на территории загрязняющих веществ, удаления очага загрязнения и восстановления природной самоочищаемости загрязненных территорий);
- инженерные природоохранные системы (для обеспечения охраны окружающей среды);
- инженерные противостихийные системы (для борьбы и ликвидации последствий, связанных с наводнениями, подтоплением размывом берегов, с оползнями, селями и т.п.);
- инженерные системы регулирования водных ресурсов (для восстановления и управления поверхностными и подземными водами);
- инженерные системы водоснабжения, обводнения и водоотведения (для восстановления качества поверхностных и подземных водоисточников, систем жизнеобеспечения) [1].

Инженерно-экологические системы строят на больших загрязненных территориях, признанных зоной чрезвычайной экологической ситуации или зоной экологического бедствия, где нарушения функционирования геосистем связаны с участием в природных процессах большого количества

загрязняющих веществ, в частности нефти, нефтепродуктов, тяжелых металлов, радионуклидов и других техногенных веществ.

3.3 Биологический этап рекультивации

Биологический этап рекультивации предназначен для возобновления процессов почвообразования, повышения самоочищающей способности почвы и воспроизводства биоценозов. С помощью биологической рекультивации удастся ликвидировать ущерб, нанесенный ландшафту, или предотвратить его; создать условия для поддержания экологической устойчивости ландшафта; закончить формирование культурного ландшафта.

Основные системы и способы биологической рекультивации:

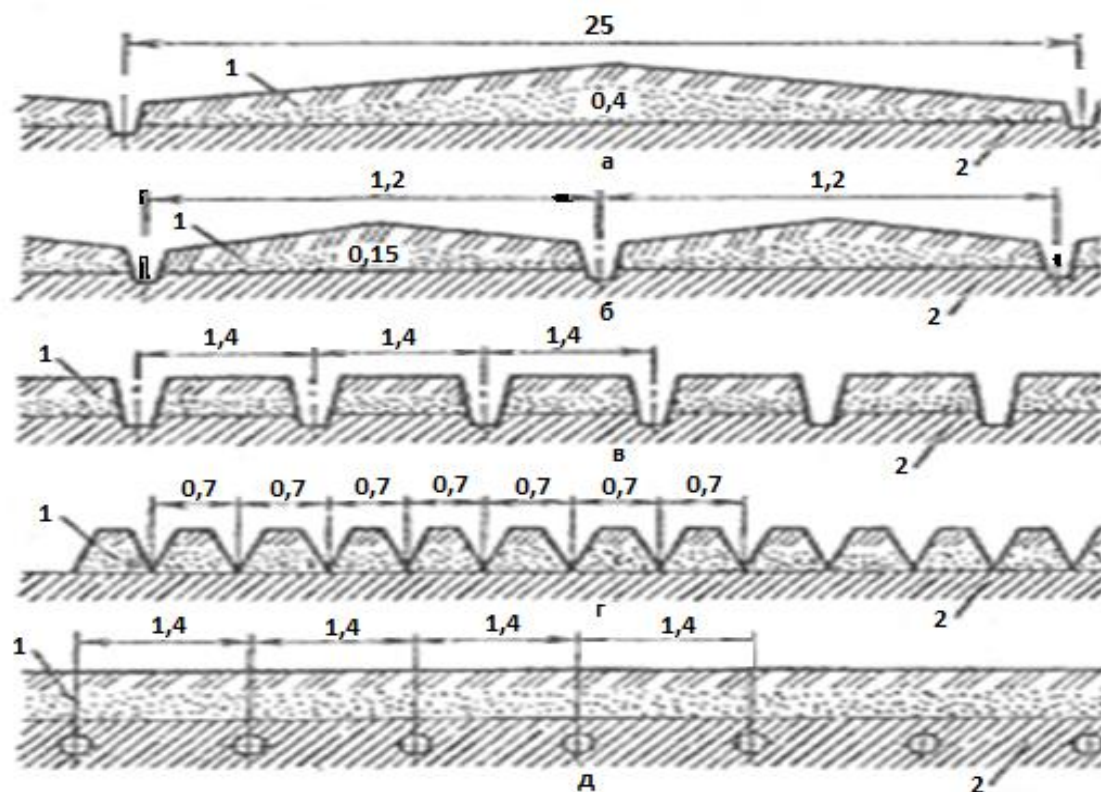
– *растениеводство* – система приемов возделывания сельскохозяйственных культур, включающая: подбор севооборотов; обработку почвы; внесение удобрений; подготовку семян к посеву; посев и посадку; уход за растениями; борьбу с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур; уборку урожая;

– *озеленение* – система приемов, включающая: подготовку участков для проведения озеленительных работ; посадку и уход за деревьями, кустарниками, цветочными растениями; устройства газонов;

– *лесное строительство* – комплекс мероприятий по созданию и восстановлению лесов на рекультивируемых землях (обработка почвы, посев семян или посадка саженцев, уход за деревьями);

– *агролесомелиорация* – система мероприятий по защите рекультивируемых земель от эрозии почв, засухи и суховеев, которая включает создание защитных лесных полос, агротехнические и агромелиоративные мероприятия [1];

– *агромелиорация* – комплекс специальных приемов обработки почвы, направленных на усиление поверхностного (узкозагонная вспашка¹, профилирование поверхности², выборочное бороздование, гребневая вспашка и грядование) или внутрипочвенного слоя (кротование, углубленная вспашка, глубокое рыхление) (рисунок 8);



а – профилирование; б – узкозагонная вспашка; в – грядование;
г – гребневание; д – кротование; 1 – пахотный слой; 2 – подпахотный слой.

Размеры в метрах.

Рисунок 8 – Приемы регулирования водного и воздушного режимов почв

1 Узкозагонная пахота (вспашка в свал) – приём, при котором формируются разъёмные борозды. По ним вода отводится за пределы осушаемой территории.

2 Профилирование - придание поверхности определённого уклона.

– *фиторекультивация* – комплекс мероприятий по восстановлению и улучшению нарушенных земель с помощью культивирования или поддержания естественных растительных сообществ;

– *биологическая очистка загрязненных почв (биоремедиация)* – заселение микроорганизмами загрязненных почв, использующими загрязняющие вещества в пищу или выделяющие вещества, способные разрушать загрязнители, сюда же относят и *фиторемедиацию* – очистку почвы с помощью растений [1].

Биологическую рекультивацию для земель сельскохозяйственного использования проводят в два этапа:

1 После выполнения технической рекультивации, выращивают пионерные (предварительные, авангардные) культуры, умеющие, адаптироваться в существующих условиях и обладающие высокой восстановительной способностью. Пионерные культуры обогащают почву органическими и минеральными веществами.

2 Реализуют проектные решения, которые определяют дальнейшее функционирование объекта.

Основные характеристики мероприятий представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики агромелиоративных мероприятий

Мероприятия	Основные характеристики
Узкозагонная вспашка	Ширина загонов – от 3 до 4 м. Поперек разъемных борозд для отвода воды устраивают выводные борозды через 40 – 100 м (по понижениям)
Бороздование	Глубина борозд – от 20 до 35 см, расстояние между ними – от 8 до 20 м
Гребневание	Гребни вдоль уклона местности высотой от 13 до 15 см, расстояние между гребнями 0,7 м

Продолжение таблицы 2.

Мероприятия	Основные характеристики
Профилирование поверхности	Загоны шириной 12 – 20 м с сохранением положения разъемных борозд. Обеспечивается после 2 – 3 вспашек
Кротование	Глубина заложения кротовин – около 40 см, расстояние между ними – от 1 до 1,5 м
Углубление пахотного слоя	Обеспечивается постепенным пропахиванием 3 – 5 см почвы
Глубокое рыхление	Глубина рыхления – от 0,6 до 1 м (на 0,2 – 0,3 м меньше минимальной глубины заложения дрен)

После проведения технической рекультивации полигонов твердых бытовых и промышленных отходов территорию озеленяют, высевая многолетние травы, а на устойчивых поверхностях высаживают кустарники и деревья, прилегающие территории также озеленяют.

При разработке действенных способов биологической рекультивации необходимо учитывать процессы эволюции растительного покрова. Бедность горных пород питательными веществами, сложно меняющийся во времени рельеф поверхности отвала, неустойчивость как теплового, так и водного режимов, определяют очень медленное развитие растительного покрова на отвалах вскрышных пород.

Естественный растительный покров в лесной и лесостепной зоне формируется в периоды:

- от начала образования нарушенных земель до 5 – 6 лет – появляется мозаичный несомкнутый растительный покров, состоящий из растений с широким диапазоном толерантности;

- до 10 – 12 лет — формируется многовидовое сообщество растений (от 30 до 50 видов), в котором заметно проявляются зональные черты и складывается многоярусная структура биоценозов [1];

– от 10 (12) лет и более — начинает преобладать дифференциация видового состава, господство переходит к многолетникам, создается устойчивый растительный покров с выраженной ярусностью.

В сложных условиях сроки формирования растительного покрова значительно увеличиваются, например: на отвалах Подмосковского бурогоугольного бассейна с большой долей сульфидсодержащих пород к 20 годам растительный покров находится еще в начале второго периода.

На песчаных карьерах в степной зоне растительность появляется через 5 – 7 лет, к 10 – 12 годам может насчитывать от 5 до 10 видов самых устойчивых растений: ястребинка волосистая, полынь полевая, цмин песчаный и др.

На гравийных карьерах отдельные растения появляются на 3 – 4-й год. Первыми из них поселяются полынь обыкновенная, мать-и-мачеха; к 5 – 6 годам это уже от 8 до 10 видов трав (ястребинка волосистая, кошачья лапка, овсяница овечья и др.); к 15 годам насчитывается около 30 видов: мятлик луговой, сон-трава, ежа сборная, клевер полевой, тысячелистник обыкновенный; из древесно-кустарниковых растений: ива, сосна обыкновенная.

На торфяных карьерах уже в первый год появляется растительность, если количество питательных веществ и влаги находится в достатке (таблица 3).

В созданных молодых почвах запас органического вещества пополняется (в результате зарастания), что способствует улучшению питательного режима этих территорий и образованию устойчивого растительного покрова.

Таблица 3 – Ботаническая характеристика выработанных торфяников в зависимости от срока выбытия и видового состава

Основные групповые виды	Видовой состав растений	Срок выбытия, лет
Редкие растения	Осока, зеленый мох, мать-и-мачеха, крапива, овсяница	1 – 2
Травяной покров	Хвощ, овсяница, тростник, кислица, крапива, осока, ситник, череда, гусиная лапка	2 – 5
Кустарник, мелколесье (диаметр деревьев до 11 см)	Осина, ольха черная и серая, ива, клен, калина, береза, лоза	5 – 10
Древесно-кустарниковые (диаметр деревьев более 11 см)	Ольха черная и серая, лоза, тополь, ива, осина, калина, береза, клен	10 – 15

Свойствами почвообразующих пород, их водным и тепловым режимом, природно-климатическими условиями данного района, рельефом, видовым составом растительности и продолжительностью природного восстановления земель определяются *скорость почвообразования и формирование почвенных горизонтов*.

В период от 5 до 20 лет наблюдается интенсивное накопление гумуса на нарушенных землях, по истечении этого срока скорость почвообразования снижается, что объясняется устойчивостью биогеохимических процессов.

Для создания гумусового горизонта мощностью 25 мм на суглинке черноземам типичным и обыкновенным требуется от 100 до 200 лет,

черноземам южным и темно-каштановым – 700 лет, дерново-подзолистым — 900 лет, светло-каштановым – 2000 лет. Огромные потери времени на природное восстановление почв должны быть компенсированы системой рекультивационных мероприятий [1].

При проведении рекультивации необходимо стремиться к стимулированию образования растительного покрова, особенно это касается тех земель, где целевое использование затруднено в силу технологических, природно-климатических, организационных и социальных условий. Для достижения наилучшего результата нужно учитывать приуроченность отдельных видов растений к определенным свойствам и типам почв, горных пород и грунтов. Ботанический и видовой анализ образцов растений позволяет выявлять такие виды. Их рекомендуют в качестве пионерных (т.е. авангардных, предварительных) культур.

Например, процесс разложения углеводов ускоряется, если на загрязненных нефтепродуктами пойменных луговых почвах выращивают вико-овсяную смесь.

Наилучшими пионерными культурами являются бобовые и бобово-злаковые травосмеси.

В качестве пионерных выступает и древесно-кустарниковая растительность: черемуха, акация белая и желтая, ольха, лох узколистный, тополь, облепиха, береза бородавчатая, смородина золотистая, ива.

На 24-летнем отвале Тишинского месторождения полиметаллических руд, отсыпанного серицито-хлорито-кварцевыми породами, алевролитами, порфиритами, встречаются мать-и-мачеха, синяк обыкновенный, овсяница, донник желтый и белый, кострец безостыйвейник наземный, иван-чай, полынь горькая и обыкновенная, мышиный горошек, ежа сборная, горец птичий и др.; из деревьев и кустарников — бузина, клен, осина, шиповник, береза бородавчатая, тополь и др. [1].

Видовой состав растений, приуроченный к отвалам вскрышных пород Курской магнитной аномалии (зона лесостепей) представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Видовой состав растений, приуроченный к отвалам вскрышных пород Курской магнитной аномалии (зона лесостепей)

Порода	Видовой состав растений
Алевриты юры	Синяк обыкновенный, вика яровая, кострец японский, вейник наземный
Пески	Овсяница луговая, одуванчик поздний, мятлик узколистый, клевер ползучий
Мело-мергели	Клевер луговой, полынь горькая и обыкновенная, подорожник ланцетолистный, лядвенец рогатый, цикорий обыкновенный
Глина	Клевер белый, тысячелистник, мать-и-мачеха

В случае повторного использования земель или если затруднено проведение технического этапа рекультивации (например, повторное использование отвалов, содержащих породы с малой концентрацией редких металлов), растительный покров создают путем разбрасывания самолетом дражированных семян, как кустарников, так и травосмесей ранней весной с небольшими дозами минеральных удобрений.

Способность растений приживаться применяют при восстановлении отвалов нетоксичных вскрышных пород без предварительного нанесения почвенного слоя. Для этого разрабатывают специальную технологию культивирования растений, например:

- в течение 3 – 4 лет выращивают бобовые с последующей запашкой на глубину от 25 до 30 см;

- в течение 3 – 4 лет вносят небольшие дозы минеральных удобрений, выращивают злаково-бобовую травосмесь с последующей ее запашкой на глубину от 20 до 25 см;

- посев донника, вико-овсяной смеси, с последующей запашкой.

Использование нарушенных земель в сельскохозяйственном направлении определяет следующий общий состав работ биологической рекультивации:

- для восстановления и формирования почвенного слоя – введение специальных севооборотов;
- планировка поверхности земли и нанесение на нее почвенного слоя;
- для повышения плодородия почвы – применение приемов почвозащитного земледелия;
- для активизации процессов почвообразования – выращивание пионерных растений;
- мониторинг почв.

При лесохозяйственном направлении рекультивации создают лесные насаждения различного назначения (защитного, промышленного, водоохранного и рекреационного, водорегулирующего).

Наиболее эффективный прием биологического этапа рекультивации на нарушенных землях – создание многовидового растительного покрова с участием многолетних трав и устойчивых пород деревьев и кустарников, с целью защиты от дефляции и эрозии. Благодаря корневым системам и листовому опад рекультивируемые земли получают большой прирост органических веществ.

На землях, загрязненных техногенными продуктами, главная задача биологической рекультивации – повышение самоочищающей способности почвы. Решить эту задачу можно с использованием **биоремедиации** – применение специально выращенных микроорганизмов, растений [1].

Рекультивация (очистка) почв с помощью микроорганизмов основана на деструктировании (разложении) этих продуктов. Этот способ применяют для очистки почв, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и пестицидами. Технология биодеструктирования включает создание благоприятных водно-воздушных, тепловых и питательных условий микроорганизмам и регулярного контроля численности применяемой популяции. Эффективность

такого вида рекультивации зависит от управляемости факторов их развития и качества штаммов.

С помощью растений можно определить содержание металлов в почве.

Современную технологию очистки почв от тяжелых металлов с помощью растений называют *фиторемедиация*. Распространение этого метода обусловлено, прежде всего:

- экономическими причинами;
- фиторемедиаторы можно систематизировать и применять в любых регионах, учитывая климатические условия;
- данный способ является экологичным, так как подразумевает полное очищение почв, без применения технических изысканий и прямых физических воздействий.

Некоторые виды растений способны не только выдерживать наличие, но и поглощать и накапливать в десятки – сотни тысяч раз больше ионов свинца, ртути, цинка или других токсичных металлов, чем остальные. Поэтому для очистки почвы необходимо засеять ее нужным видом растений, а в конце сезона собрать «урожай» тяжелых металлов и вывезти на специальное захоронение (таблица 5). Для развития этого метода было предложено добывать металлы из почвы, в частности обыкновенная капуста, способна накапливать в себе все ионы золота, серебра и платины.

На землях с повышенным содержанием мышьяка целесообразно выращивать шиповник, а при рекультивации засоленных территорий применять следующие солеустойчивые сельскохозяйственные культуры, дикие травы, кустарники и деревья (таблица 6).

Фиторемедиация загрязнённых почв и осадочных пород уже применяется для очистки военных полигонов (от тринитротолуола, органических поллютантов, металлов), промышленных зон (мышьяк, органика, металлы), сельскохозяйственных угодий (пестициды, металлы, селен), мест деревообработки (от полихлорбифенилов). Фиторемедиации могут быть подвергнуты загрязнённые водные источники: городские сточные

воды (органические поллютанты, металлы), сточные воды сельского хозяйства (удобрения, металлы, пестициды, бор, селен, мышьяк) и промышленности (металлы, селен), грунтовые воды (органические поллютанты, металлы). Растения также могут быть использованы для очистки воздуха, как в помещениях, так и вне их; например, от оксидов азота, серы и углерода, озона, нервнопаралитических газов, пыли, копоти, летучих галогенированных углеводородов [8].

Таблица 5 – Использование растений на землях загрязненных тяжелыми металлами

Соли тяжелых металлов	Видовой состав растений
Медь, железо	Шиповник
Медь	Качим (растение семейства гвоздичных)
Цинк	Фиалка, ярутка
Цинк, свинец, кадмий	Горец большой
Свинец, хром	Горчица индийская
Цинк, кадмий	Альпийский хеллеркраут
Кобальт	Греческий ибискус
Никель	Гречиха

Таблица 6 – Культуры, используемые при рекультивации засоленных территорий

Солеустойчивые растения	Слабосолеустойчивые растения
Травянистые растения	
Ячмень Богдана, бескильница расставленная и гигантская, полевица белая, вестрен ветвистый, люцерна синегибридная и пестрогибридная, райграс высокий, овсяница луговая, тростниковидная, красная и бороздчатая (типчак), бекмания обыкновенная, житняк гребенчатый, ежа сборная, пырей русский, костер безостый, волоснец ситниковый, мятлик луговой, донник белый и желтый, кохия стелящаяся (прутник)	Тимофеевка луговая Клевер красный Клевер белый
Сельскохозяйственные культуры	
Сорго, просо кормовое и зерновое, хлопчатник, арбуз, соя, морковь, брюква кормовая, пшеница яровая, свекла сахарная, кормовая и столовая, рис, овес, горчица, турнепс, лук, дыня, рожь озимая, капуста кормовая, помидоры	Редис, горох, чеснок, бобы, кукуруза, фасоль, вика, лен, картофель, подсолнечник
Деревья	
Ясень зеленый и американский, абрикос, шелковица белая, бук, туранга, груша обыкновенная, береза бородавчатая и киргизская, ель канадская, акация белая, сосна черная и желтая, вяз шершавый и мелколистный, тополь берлинский, пирамидальный, белый, бальзамический и мдельтовидный, дуб черешчатый, красный, крупноплодный, рябина обыкновенная, лиственница европейская, клен платановидный и остролистный	Яблоня лесная, ель обыкновенная, сосна обыкновенная, липа мелколистная, тополь черный и канадский, ясень обыкновенный, ива белая, каштан конский, лиственница сибирская, орех грецкий, клен ясенелистный, можжевельник казацкий и верганский
Кустарники	
Тамарикс многоветвистый, джужгун, аморфа кустарниковая, соляноколосник, клен татарский, смородина крыжовниковая и золотистая, айва обыкновенная, чингил, боярышник, лох узколистный, свидина, туя восточная, жимолость татарская и обыкновенная, снежягодник белый и обыкновенный, сирень обыкновенная, роза морщинистая, гледичия	Кизильник блестящий, дерен белый, калина

Для создания газонов и устойчивого травяного покрова из многолетних трав при озеленении территорий используют травосмеси, представленные в таблице 7 [1].

Таблица 7 – Травосмеси, используемые при создании газонов и устойчивого травяного покрова из многолетних трав

№ травосмеси	Наименование вида	Состав, %
1	Райграс пастбищный	20
	Костер безостый	50
	Овсяница луговая	30
2	Мятлик луговой	20
	Райграс пастбищный	10
	Овсяница луговая	70
3	Овсяница луговая	20
	Волоснец ситниковый	30
	Костер безостый	50
4	Мятлик луговой	50
	Овсяница луговая	20
	Бескильница расставленная	30
5	Овсяница красная	40
	Типчак (овсяница бороздчатая)	15
	Мятлик луговой	30
	Райграс пастбищный	15
6	Полевица белая	10
	Мятлик луговой	10
	Овсяница красная	60
	Типчак (овсяница бороздчатая)	20

Требования к рекультивации нарушенных земель *по направлениям их целевого использования* в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.3.04-83 заключается в следующем [9]:

1 Если участки удобны по рельефу, форме и размерам, то возможно сельскохозяйственное направление рекультивации земель. Планируемая поверхность должна быть сложена породами, пригодными для биологического этапа рекультивации. На малопродуктивные породы перед подготовкой земель под пашню наносят плодородный слой почвы. При условии, что количества почвенного грунта недостаточно наносят плодородные породы. На рекультивируемом участке проводят мероприятия по повышению плодородия корнеобитаемого слоя – агротехнические и мелиоративные. Затем на них выращивают одно-, многолетние злаковые и бобовые культуры. По окончании работ необходимо заключение агрохимической и санитарно-эпидемиологической служб об отсутствии опасности выноса растениями веществ, токсичных для человека и животных.

2 Создаваемые леса на рекультивированных участках при лесохозяйственном направлении должны быть эксплуатируемого, рекреационного, водорегулирующего и защитного назначения. Подбирают кустарниковые растения и породы деревьев с учетом горных пород, климатических условий и т.д.

3 Водоохранное направление предполагает создание водоемов различного назначения. При этом идет строительство гидротехнических сооружений, цель которых затопить горные выемки, поддерживать в них расчетный уровень воды. Проводятся мероприятия по предотвращению оползней и размыва берегов, по благоустройству и их озеленению, попадания в водоемы кислых и щелочных подземных вод, по поддержанию благоприятного состава и режима воды в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями. Созданные водоемы можно использовать для целей водоснабжения, рыбоводства, орошения и рекреационных целей.

4 Санитарно-гигиеническое направление рекультивации заключается в консервации нарушенных земель в зависимости от состава, свойств и состояния слагаемых пород, природно-климатических условий, технико-экономических показателей. Вяжущие материалы, применяемые для закрепления поверхности нарушенных земель, должны обладать устойчивостью к изменениям температуры, водопрочностью и не оказывать негативного воздействия на ОС. На поверхности промышленных отвалов, которые сложены непригодными для биологической рекультивации субстратами, создают экран, нанося слой почвы из плодородных пород.

5 При рекреационном направлении выполняют планировку поверхности с сохранением форм рельефа (существующих или образованных в результате производства работ). ГОСТ 17.15.02-80 определяет требования к строительству, проектированию и эксплуатации зон рекреации.

Виды нарушенных земель и возможные направления их использования после рекультивации представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Виды нарушенных земель и возможные направления их использования после рекультивации

Преобладающий вид нарушенных земель	Возможное последующее использование рекультивируемых площадей
Невысокие гребневидные отвалы из минеральных пород	Залужение с целью восполнения кормовых угодий, сток регулирующие лесопосадки, овощеводство
Отработанные торфяники, Вывороченные неглубокие котловинно-грядовые карьеры	Водо-, лесо- и сельскохозяйственное направление

Продолжение таблицы 8

Преобладающий вид нарушенных земель	Возможное последующее использование рекультивируемых площадей
Сочетание типов земель, сопутствующих подземной разработке цветных металлов, каменного угля	Озеленение видами растений
Средне-глубокие карьеры различных форм, вскрывающие как коренные породы, так и четвертичные	Равнинная неподтопляемая грунтовыми водами поверхность – при сельскохозяйственном направлении; обводненная часть – при водохозяйственном; по бортам – при лесозащитном
Сочетание отработанных торфяников и средне-глубоких карьеров, вскрывающих минеральные отложения	Тоже, но на основе коренного улучшения вскрываемых минеральных грунтов
Сочетание очень глубоких карьеров и высоких внешних отвалов	Сельскохозяйственное использование отвалов; лесопосадки противозерозионного, водоохранного направления

Контрольные вопросы

1 Дайте определение таким понятиям как: рекультивация земель, отработанные земли, рекультивированные земли, этапы и направления рекультивации земель.

2 Дайте краткую характеристику подготовительному этапу рекультивации.

- 3 Что включает в себя первый этап землеустроительного проекта?
- 4 Из каких этапов складывается обследование территории?
- 5 Что включают в себя изыскательские работы?
- 6 Дайте определение понятию «водоохранная зона».
- 7 Каким образом устанавливают ширину водоохранных зон и прибрежных защитных полос?
- 8 Что запрещается в пределах водоохранных зон?
- 9 Что запрещается в пределах прибрежных защитных полос?
- 10 Какова основная задача технического этапа рекультивации?
- 11 От чего зависит выбор технологии той или иной рекультивации?
- 12 Какие технические решения включает в себя любая инженерная система? Охарактеризуйте.
- 13 Что такое планировка поверхности земли? Охарактеризуйте.
- 14 Что такое землевание? Охарактеризуйте.
- 15 Чем определяется мощность рекультивационного слоя на потенциально плодородных породах? Примеры.
- 16 Какие инженерные системы природообустройства могут быть использованы при рекультивации земель?
- 17 Охарактеризуйте основные системы и способы биологической рекультивации.
- 18 В какие два этапа проводят биологическую рекультивацию для земель сельскохозяйственного использования?
- 19 Приведите примеры естественного формирования растительного покрова в лесной и лесостепной зоне, на песчаных карьерах в степной зоне, на гравийных, торфяных карьерах.
- 20 От чего зависит скорость почвообразования и формирование почвенных горизонтов? Примеры.
- 21 Какие растения считаются пионерными?
- 22 Как создают растительный покров на землях, где проведение технической рекультивации затруднено?

- 23 Что такое биоремедиация? Охарактеризуйте.
- 24 Что такое фиторемедиация? Охарактеризуйте.
- 25 в чем заключаются требования к рекультивации нарушенных земель по направлениям их целевого использования?

4 Рекультивация и обустройство карьеров нерудных материалов при сухой выемке грунта

4.1 Требования к технологии открытых горных работ и рекультивации нарушенных земель

При добыче полезных ископаемых и нерудных материалов открытым способом земли нарушают карьерными выемками, внутренними и внешними отвалами, гидроотвалами, в которые складировуют вскрышные горные породы и отходы обогащения.

Вскрышные породы – горные породы, покрывающие и вмещающие тело полезного ископаемого и подлежащие выемке при открытой разработке месторождения.

Вскрышные породы, выносимые на поверхность и отсыпаемые в насыпи, располагаемые вне карьеров, называют **внешними отвалами** (рисунки 9, 10).

Вскрышные породы, отсыпаемые в насыпи, располагаемые в пределах карьерной выработки, называют **внутренними отвалами** (рисунок 11).

Отходы обогащения – горные породы, образующиеся при обогащении полезных ископаемых с целью повышения их товарной стоимости за счет улучшения технологических и потребительских свойств [1].

В зависимости от глубины карьеров и уровня залегания подземных вод карьерные выемки могут быть *сухими, обводненными или подтопленными*.

Глубина выемки грунта в карьере должна определяться глубиной залегания полезных ископаемых, возможностями землеройной техники, а также намерениями по дальнейшему использованию и обустройству нарушенной территории.

Необводненные карьеры – карьерные выемки, в которых после выемки горных пород грунтовые воды залегают ниже подошвы карьера на глубине более одного метра.

При несоблюдении данного условия карьерные выемки бывают **обводненными или подтопленными** (рисунок 12).

Отвалы, формируемые намывным способом, называют **гидроотвалами** [1].



Рисунок 9 – Отвалы Донецкой области



Рисунок 10 – Внешний отвал



Рисунок 11 – Внутренний отвал



Рисунок 12 – Затопленный карьер (Инкерман)

Промышленные отвалы многочисленны, поэтому возникает необходимость их подразделения. Каждая классификация обобщает явления по каким-то главным, типичным признакам. Если бы, предположим, требовалось создать классификацию отвалов с точки зрения использования их в строительстве, то необходимо было бы обратить основное внимание на их механический состав. Подобная классификация приняла бы крайне простой характер. Поскольку классификация должна служить целям рекультивации отвалов, то в первую очередь необходимо выделение таких признаков и подразделений, руководствуясь которыми, можно было бы уверенно намечать план исследований и сумму практических мероприятий для освоения данного типа отвалов.

Существует множество классификаций промышленных отвалов и две из них принадлежат польским ученым. Первая составлена Е. Папшицким, который подразделил не только отвалы, но и сопутствующие им выемки, т. е.

объединил два противоположных типа образований в рельефе – положительный и отрицательный. Классификационные признаки выделения как отвалов, так и выемок одинаковы: естественное зарастание, происхождение, активность, форма, механический состав (таблица 9) [2]. Однако, предложенная им классификация рассчитана в основном на каменноугольные отвалы и носит несколько механический характер. Тем не менее, Е. Папшицкий впервые попытался внести логический порядок в эти многочисленные антропогенные образования.

Таблица 9 – Классификация промышленных отвалов Е. Папшицкого

Классификационный признак	Пример
Форма	Плоские, столовые, хребтовидные, конусовидные и куполообразные
Температурная активность	Неактивные, используемые неактивные отвалы, горящие, активные (действующие)
Механический состав	Отвалы из гравия, цементированные (например, перегоревшие), отвалы из щебенки, мелочь, пылевидные
Наличие покрытия	С редкой растительностью, голые, заросшие деревьями, заросшие густой растительностью
Происхождение	Из осадков при очистке стоков; угольные, из угольной пыли, угольного шлака; цинковые; цинковые полуобогатенные; железорудные; из отходов химических заводов; известняковые; из железистого шлака (доменных и мартеновских печей); из цинкового шлака; смешанные отвалы из различных промышленных отходов (состав их зависит от вида продукции данного предприятия)

Классификация выемок Е. Папшицкого:

- а) терриконы – места открытой добычи серебра, свинца и цинка в виде выемок и насыпей (пустые породы);
- б) каменные карьеры: известняковые, песчаные;
- в) глиняные карьеры;
- г) старые и активные, в зависимости от температурной активности;
- д) с точки зрения покрытия: заросшие густой растительностью, голые, заросшие деревьями, озелененные;
- е) провалы в местах оседания местности над шахтными выработками: сухие, подмокшие;
- ж) территория после открытой добычи угля, железных руд;
- з) территория оставленных шурфов – в виде углублений и воронок с остатками пустых пород и пыли, заброшенных шахт;
- и) песчаные карьеры: залитые водой, подмокшие, сухие [2].

Польские ученые С. Адамович, Л. Боярский, И. Грешта и др. на Первом Международном симпозиуме по рекультивации в Лейпциге (ГДР, 1962) предложили новую генетическую классификацию, основанную на главном и единственном признаке – происхождении отвалов:

1 Отвалы каменные или земельные из отходов подземной выработки: каменного угля, свинцово-цинковых руд, железных руд, прочих полезных ископаемых.

2 Отвалы из промышленных отходов: черной металлургии, заводских и постфлотационных (цинковых и прочих цветных металлов), химического производства, шлаковые и зольные, прочие отходы и комплексные отвалы различного происхождения.

3 Земельные, наружные и внутренние отвалы, возникшие при открытой добыче: бурого и каменного углей, серы и прочих ископаемых.

4 Глиняные или каменные выработки, возникшие после открытой добычи: извести, песка, каменного и бурого углей, гравия, глины прочих месторождений.

5 Горнопромышленные отвалы.

6 Комплексно-поврежденные территории (отвалы, различные выработки, территории бывших шахт, провалы и т. п.).

7 Местности, расположенные в полосе максимально катастрофического загрязнения промышленными выделениями.

В рассмотренных классификациях отсутствуют весьма важные признаки, без знания которых трудно осуществить рекультивацию отвалов: возраст, физическое строение (механический состав), химический состав отвалов и возможность их использования.

Польскими учеными не была принята во внимание классификация каменноугольных отвалов Англии, составленная И. Холлом, в которой приводится ряд интересных положений. Холл отмечает изменение рН отвалов и характер естественного зарастания в связи с возрастом отвалов. Благодаря такой постановке вопроса, ему удалось убедительно показать характер изменений отвалов и процессов зарастания их в связи с возрастом, т. е. их эволюцию.

Кроме классификации отвалов В. Тарчевского, в 1965 г. Г.Н. Леонтьевым опубликована классификация отвалов Дальнего Востока. Она основана на материалах, характерных для местной промышленности, и потому ее можно назвать региональной.

Как видно из сказанного, отвалы могут быть весьма разнородными и трудно привести простой перечень их, так как для этого пришлось бы назвать все месторождения полезных ископаемых, все типы заводов перерабатывающей промышленности, все обогатительные фабрики, а также предприятия, дающие те или иные отходы, и кроме того, принять во внимание различные типы строительного и заводского мусора.

В природно-генетической классификации почв Польши, разработанной польским обществом почвоведов, отвалы определены как почвы, уничтоженные горнопромышленной и промышленной эксплуатацией, а также строительством, и отнесены к типу почв «начальной стадии развития».

Несмотря на то, что отвалы разнообразны по форме, по физическим и химическим особенностям, зависят от специфики и уровня производства, можно установить некоторые общие черты и закономерности, позволяющие расчленить отвалы на определенные группы.

В.В. Тарчевский предлагает следующую классификацию промышленных отвалов:

1 По происхождению:

а) отвалы добывающей промышленности (при добыче каменного угля, железа, цветных металлов и разработке нерудных месторождений): внешние и внутренние отвалы открытых разработок; породные отвалы при подземной разработке (терриконы); отвалы из перемещенных грунтов (при дражном способе добычи золота);

б) отвалы перерабатывающей промышленности: насыпные (шлаки, отходы заводского происхождения); наливные (шламовые поля, золоотвалы и др.); кладбища (захоронения в контейнерах и др.);

в) прочие отвалы из: остатков основного сырья; строительных остатков; заводского мусора.

2 По возрасту:

а) до 5 лет – свежие;

б) до 15 лет – молодые;

в) до 40 – 50 лет – средневозрастные;

г) старше 40 – 50 лет – старые.

3 По форме:

а) поля нарушений с разнообразным мезо- и микрорельефом;

б) длинновытянутые гребни, гривы;

в) одиночные конусы, бугры;

г) чашевидные (хвостохранилища, шламовые и шлаконаливные поля);

д) неопределенные.

4 По высоте: до 5 м – низкие; до 25 м – средние; до 50 м – высокие; более 50 м – очень высокие.

5 По механическому составу поверхностного субстрата: пылевидные – частицы < 0,01 мм; крупнопылевидные и пески – частицы до 0,1 мм; гравийные – частицы до 1 см; щебенчатые – до 5 см); крупномерные – камни и глыбы свыше 5 см.

6 По кислотности (рН): кислые, нейтральные, щелочные.

7 По утилизации: идущие на вторичную переработку; употребляемые в строительстве; пригодные в качестве удобрений; применяемые для дорожного покрытия; неиспользуемые.

Также различаются две крупные категории семейства промышленных отвалов, принципиально отличные по происхождению, составу и свойствам слагающих их субстратов.

I Отвалы, сложенные минеральными грунтами (субстратами).

Лишены органического вещества, а, следовательно, и азота или крайне бедны ими. Органическая жизнь на отвалах этого семейства возникает в основном от диаспор организмов, заносимых извне с соседних местообитаний. Факторы, лимитирующие показатели биологической продуктивности таких отвалов, – недостаток органики (а также азота) в усвояемой растениями форме и иногда также других основных элементов питания (фосфор, калий). Для грунтов отвалов, сложенных углистыми сланцами, аргиллитами и подобными им осадочными породами, агрохимические анализы нередко показывают значительное содержание органического вещества и общего азота, обусловленное включениями в породу ископаемых остатков органической жизни прошлых геологических эпох. Такое органическое вещество повышает потенциальное плодородие грунтов отвала, но мобилизуется современной растительностью не сразу, постепенно, медленно.

II Отвалы, сложенные субстратами, насыщенными органическим веществом, или даже нацело образованные последним (торф, опилки и т. п.).

Азота в субстратах много или избыточно. На таких отвалах органическая жизнь вообще может возникнуть автохтонно, при участии

организмов и их диаспор, поступивших на отвал непосредственно с субстратом. Лимитирующие факторы – избыток органики (иногда и азота), нередко на фоне недостатка минеральных солей.

Отвалы семейства I образуются в результате производственной деятельности горнодобывающей (уголь, сланцы, алмазы, железо, бокситы, руды цветных и редких металлов и т. д.) и рудоперерабатывающей (черная и цветная металлургия) промышленности, промышленности строительных материалов (камень, щебень, песок, глина, цемент, асбест, тальк, известняки, мрамор, облицовочный камень и т. п.), теплоэнергетики (зола); семейства II – в результате производств, добывающих и перерабатывающих органическое сырье (торф, деревообработка, целлюлозно-бумажная и лесохимическая, легкая и пищевая промышленность). К ним можно причислить также отвалы, образованные твердыми отходами коммунального хозяйства и городским строительным мусором.

Промышленные отвалы I семейства по происхождению, морфометрии, особенностям субстратов являются специфическими техногенными образованиями, не имеют прямых аналогов среди природных форм поверхности Земли.

Отвалы разделены на два класса. За дифференцирующий признак взята степень изменения горной породы до складирования ее в отвал.

Класс 1 образуют породные отвалы, которые образованы грунтами, не подвергавшимися дополнительной переработке. Это горные породы, извлеченные на поверхность, перемещенные и отложенные в отвал. Такие отвалы образуются предприятиями, преимущественно занятыми добычей полезных ископаемых.

На предприятиях перерабатывающей промышленности породы подвергаются измельчению, сепарации, химической или термической обработке и в виде зол, шламов, «хвостов» перемещаются в отвалы. Для транспортировки их часто используется вода (гидравлический способ). Такие отвалы образуют класс II – золоотвалы тепловых электростанций, шламо- и

шлакоприемники, хвостохранилища, гидроотвалы углеобогадательных фабрик и др. Эти отвалы сложены в большинстве случаев достаточно однородными по физическому составу измельченными субстратами, характеризуются ровной поверхностью с легкими волнистыми повышениями и понижениями нано- и микрорельефа.

В отличие от них, породные отвалы обычно имеют резко выраженный микро- и мезорельеф, ярусное строение, неоднородный агрегатный состав поверхности грунтов.

Группы отвалов в обоих классах выделяются по агрохимическим характеристикам их грунтов-субстратов:

а) потенциально плодородные отвалы, характеризующиеся нормальным содержанием основных элементов питания и нормальной кислотностью;

б) бедные, с недостаточным содержанием минеральных солей, но с нормальной кислотностью;

в) токсичные отвалы, для которых характерны избыточное содержание тех или иных элементов и солей, чрезмерная кислотность или щелочность.

Дальнейшее подразделение в каждой группе идет на типы отвалов с использованием водно-физических характеристик грунтов-субстратов.

Выделяются следующие их типы:

1) вполне пригодные для биологической рекультивации и самозаращения;

2) пригодные;

3) пригодные после улучшения;

4) непригодные, нуждающиеся в сложных мелиоративных мероприятиях [2].

Сухие карьерные выемки чаще используют для сельско- и лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных территорий.

Часто при выемке грунта, осуществляемой стихийно, разработку ведут до той глубины, достичь которую в том или ином случае позволяют рабочие

параметры землеройной техники в зависимости от мощности пласта добываемого материала и колеблющегося уровня грунтовых вод. После выемки горных пород в таких карьерах грунтовые воды находятся на глубине не более 1 м от подошвы выработанного пространства или несколько выше ее, в результате чего остается заболоченная или частично обводненная, практически неподдающаяся рекультивации территория. В таких случаях перед проведением работ по рекультивации возникает потребность в проведении осушительных мероприятий или их засыпают безвредными, нефитотоксичными вскрышными горными породами до достижения параметров необводненных карьеров. После чего рекультивацию ведут в установленном порядке как для необводненных карьеров.

Интерес таких территорий и в том, что они имеют природоохранное значение и используются животными, например, земноводными, в качестве места обитания.

Как показывает опыт, если определенные операции рекультивации начинать выполнять с самого начала разработки карьера, то рекультивация земель идет более успешно.

Технический этап рекультивации рассматривается как неотъемлемая часть горной технологии, и учет требований биологической рекультивации на этом этапе обеспечивает создание наиболее благоприятных экологических условий для последующего освоения нарушенных земель, особенно при ведении открытых горных работ.

Выбор схем вскрытия месторождений, систем разработки, размещения внешних отвалов, их параметров и технологии отсыпки должен производиться в тесной увязке с ландшафтной организацией территории, установлением очередности рекультивации отдельных объектов и последующих направлений использования рекультивируемых земель на основе эколого-экономического сравнения вариантов. Если позволяют горно-геологические условия, следует отдавать предпочтение системам разработки

с размещением вскрыши в выработанном пространстве проектируемых или отработанных карьеров [1, 9].

Технологические схемы производства открытых горных работ должны обеспечивать:

- оптимальное изъятие и минимальные сроки использования земель в технологическом процессе;

- формирование как внешних, так и внутренних отвалов с учетом выбранного (рекомендованного) направления рекультивации земель и ускоренного возврата рекультивированных площадей для использования в народном хозяйстве;

- опережающее снятие плодородного слоя почвы и его транспортировку для нанесения на рекультивируемые поверхности или складирование и хранение в целях землевания малопродуктивных угодий. При этом величина опережающего снятия плодородного слоя почвы по отношению к верхнему уступу или нижнему ярусу внешнего отвала должна не превышать величину годового подвигания фронта горных работ и обеспечивать сохранность снятой плодородной почвенной массы от потерь и разубоживания;

- селективную выемку потенциально плодородных пород и их размещение на поверхности отвалов в объеме, достаточном для создания рекультивационного слоя после выравнивания поверхности отвалов;

- минимальные потери и разубоживание плодородной почвенной массы и пригодных пород при их разработке, транспортировке и укладке в отвалы;

- укладку в отвалы максимально возможного объема вскрышных пород наиболее производительным валовым способом в случае отсутствия во вскрышной толще токсичных пород и подготовки нарушенных площадей под лесонасаждения или озеленение;

- формирование оптимальных по форме и структуре, негорящих и устойчивых отвалов;

– осушение отвалов, образованных средствами гидромеханизации.

С целью сокращения горно-планировочных работ и соответственно затрат на рекультивацию принимаемая схема отвалообразования должна обеспечивать создание проектного рельефа поверхности (или близкого к нему) уже в процессе отсыпки отвала [1, 9].

Отвалы горных пород и отходов обогащения размещают, как правило, на землях, не пригодных для сельскохозяйственного использования или не занятых лесами первой группы, за пределами площадки предприятия и селитебной территории. Для этих целей наиболее подходят отработанные карьеры, шахтные провалы, овраги, балки и другие неудобные земли.

При выборе места размещения отвалов в проекте учитываются также роза ветров, течения рек и водостоков, расположение населенных пунктов и предприятий, необходимость соблюдения установленных размеров санитарно-защитных зон.

В целях уменьшения вредного влияния на окружающую среду дефляции пород в период формирования отвала необходимо по границам участка, отведенного под отвалы, заблаговременно создавать ветрозащитную полосу из быстрорастущих древесных культур.

Высоту отвалов и углы откосов устанавливают в каждом конкретном случае с учетом устойчивости слагающих пород и последующего использования рекультивируемой поверхности отвалов.

Рельеф и форма рекультивируемых участков должны обеспечивать их эффективное хозяйственное использование. Предпочтение отдается крупноплощадным отвалам с основанием правильной формы, приближающейся к квадрату, прямоугольнику или кругу.

Наиболее благоприятные условия для развития растений складываются на сравнительно невысоких (до 5 м) гребневидных отвалах или на отвалах с платообразной поверхностью не менее 10 га.

При необходимости формирования высоких многоярусных отвалов в районах с недостатком тепла их следует размещать так, чтобы преобладали

южные и юго-западные экспозиции откосов, а в южных засушливых районах отвалы целесообразно ориентировать длинной стороной на север или северо-восток. В процессе формирования отвалов следует между ярусами оставлять транспортные бермы-террасы шириной не менее 5 м.

Откосы окончательно сформированных отвалов и карьерных выемок, сложенных мягкими горными породами, должны быть устойчивы к оползневым явлениям и осыпям, защищены от ветровой и водной эрозии путем их облесения или залужения. Мероприятия по борьбе с эрозией откосов проводятся на основе зональных требований к противоэрозионной организации территории. Не допускается неорганизованный сброс ливневых, паводковых и технических вод по откосам. Для организации концентрированного стока воды с поверхности отвалов устраиваются разной конструкции водосливы (каменные, бетонные, залуженные) и другие гидротехнические сооружения.

При размещении породных отвалов в балках и оврагах, а также при перекрытии ими естественных водотоков предусматривают строительство обводных каналов или канав, а также специальных устройств для пропуска дождевых и паводковых вод (фильтрующие насыпи, дренажные канавы с фильтрами из фашин, камня и т.п.) или переносят русла водостоков в другое место. По периметру отвала и у подножья откосов выемок предусматривают устройство канав для перехвата поступающего сверху стока. Отвалы, расположенные на косогорах, необходимо защищать от стока поверхностных вод путем устройства обвалований, нагорных канав, водоотводов и других простейших гидротехнических сооружений.

Дренируемые из отвалов воды, содержащие токсичные вещества, должны собираться и подвергаться очистке с целью предотвращения загрязнения природной среды.

Формирование отвалов из пород, подверженных горению, должно производиться по технологическим схемам, исключаящим их самовозгорание. При этом на поверхности отвалов создается

рекультивационный слой из пород, пригодных для биологической рекультивации.

Водоотводящие и осушительные сети, оросительные системы на рекультивируемых землях, гидротехнические сооружения, подъездные пути к объектам рекультивации должны выполняться в соответствии с действующими техническими условиями и нормами проектирования для конкретных условий. Сети сооружений и устройств не должны препятствовать работе сельско- и лесохозяйственных машин и механизмов.

При консервации или ликвидации горно-добывающих предприятий должны проводиться мероприятия по охране поверхности и защите окружающей среды в соответствии с установленными природоохранными нормами и правилами [1, 9].

Рекультивированные земли и прилегающая к ним территория после завершения всего комплекса работ должны представлять собой оптимально организованный, экологически сбалансированный и устойчивый ландшафт, т.е. земельный участок, характеризующийся оптимальным для данной зоны соотношением земельных угодий, обеспечивающих наиболее благоприятные условия для развития долголетних и продуктивных экосистем.

Если при комплексном освоении месторождений невозможно непосредственное использование попутных полезных ископаемых, то их следует складировать в отдельных отвалах с учетом последующей переработки, рекультивируя эти отвалы в природоохранных целях и не претендуя на народно-хозяйственное использование таких территорий.

4.2 Требования к снятию и сохранению плодородного слоя почвы

При разработке карьера снимаемые плодородный слой почвы (ПСП) и потенциально плодородные породы (ППП) перемещают во временные отвалы, откуда впоследствии используются для повышения плодородия малопродуктивных земель, на создание рекультивационного слоя [7, 10, 11].

Уровень плодородия почвенного покрова конкретной природной зоны, региона, показатели свойств почв, направление рекультивации, подтипы и типы почв определяют целесообразность избирательного снятия ПСП, PPP и их смесей. Снятый плодородный слой почвы должен обладать благоприятными свойствами как химическими, так и физическими, быть не опасным в эпидемиологическом отношении, а также не должен содержать тяжелые металлы, радиоактивные элементы, пестициды (остаточные количества) в количествах, превышающих предельно допустимые уровни. Кроме того, не должен быть засорен и загрязнен камнями, строительным мусором, щебнем, твердыми предметами, галькой, отходами производства.

Избирательное снятие почвенного слоя проводится в сухое, теплое время года, т.е. сезонно. Если участки заняты сельскохозяйственными культурами, то снятие проводится после уборки урожая.

Избирательно плодородный слой не снимается:

- на территориях покрытых лесом и подлежащих раскорчевке;
- если мощность ПСП менее 20 см;
- микрорельеф местности не обеспечивает его снятие.

Учитывая эти факторы плодородный слой целесообразнее снимать вместе с потенциально плодородными подстилающими породами.

Нецелесообразно снятие ПСП на:

- солончаках, почвах щебнистых, слаборазвитых, песчаных;
- участках, занятых лесом, с мощностью менее 10 см.

Оценив уровень плодородия почвы, отдельных генетических горизонтов, структуры почвенного покрова, определяется мощность снимаемого плодородного и потенциально плодородного слоев почвы.

Если содержанием гумуса в почве составляет от 1 % до 3 %, то мощность снимаемого ПСП:

- не менее 2 % – 3 % – в лесостепной и степной зонах;
- от 1 % до 1,5 % – в лесостепной для серых лесных почв, сухостепной, предгорной, южно-таежной лесной, полупустынной зонах [7, 10, 11].

Снятый плодородный слой почвы в случае излишков может быть применен для землевания малопродуктивных угодий, что определяет и экономическую целесообразность. Если снятый плодородный слой почвы сразу в ходе работ не использовался, то его складировуют в соответствии с ГОСТ 17.5.3.04-83 в отвалы, где он может храниться в течение 10 лет.

Территория, на которой располагают эти отвалы (за контуром рабочей зоны карьеров), не должна подвергаться засолению, подтоплению, загрязнению промышленными отходами, строительным мусором, т.е. необходимо принимать меры, предотвращающие размыв и выдувание отвалов и исключаящие ухудшение качества складировуемой почвенной массы (смешение с подстилающими породами и др.). Высота создаваемого отвала должна равняться или быть менее 5 м, что обеспечивает их наилучшую сохранность.

Если срок хранения почвы в отвале превышает 2 года, его засевают многолетними травами с использованием гидроспособа [7, 10, 11].

4.3 Требования к составу вскрышных пород в отвалах

Отвалы вскрышных пород – это техногенные образования с искусственно созданной литогенной основой из смеси горных пород верхней части земной коры. Это объект горнопромышленных ландшафтов, нуждающийся в рекультивации, а именно в создании почвенного и растительного покровов на поверхности отвалов, которые были разрушены или полностью уничтожены при вскрышных работах и отвалообразовании.

От технологии вскрышных работ, от особенностей геологического строения вскрываемой толщи зависит распределение разнообразных пород в отвалах, в результате поверхность отвалов может быть сложена глубинными породами, содержащими избыточное количество солей, токсичных для растений [7]. От пород, расположенных на поверхности отвала, зависит необходимость мелиоративных мероприятий, их трудоемкость. Породами определяется возможность использования рекультивируемых земель в том или ином направлении, проведение биологической рекультивации. Следовательно, необходимо изучать их химические, водно-физические, агрохимические, минералогические свойства, их пригодность к биологической рекультивации. С учетом всех этих требований предложена классификация вскрышных горных пород (ГОСТ 17.5.1.03-86):

1 Пригодные – плодородные и потенциально плодородные породы, используемые при рекультивации земель для сельскохозяйственных целей – создания пастбищ, сенокосов, пашни, с применением зональных типов агротехнических мероприятий. Потенциально плодородные породы при создании пахотного горизонта рекомендуют использовать в качестве подстилающих. Породы этой группы укладывают в верхнюю часть отвала.

2 Малопригодные – породы, требующие проведение мелиорации и агротехнических мероприятий по улучшению физических и химических свойств, так как они не отвечают основным требованиям – это полускальные,

несвязные и связные осадочные породы, быстро выветривающиеся, кислые. Их используют под сенокосы или в качестве подстилающих под пашню. Малопригодными породами также считаются содержащие сульфиды, карбонаты, гипс, легкорастворимые соли. Породы этой группы укладывают в нижнюю часть отвалов.

3 Непригодные – сильно токсичные породы, которые можно размещать только в основании отвалов.

Если во вскрываемой толще встречаются породы различной степени пригодности, то необходимо применять избирательную (селективную) их выемку и укладку в отвалы.

Малопригодные и непригодные породы можно укладывать в верхнюю часть отвалов в том случае, если месторождение представлено только породами этой группы, а потенциально плодородные породы отсутствуют.

При перевалке вскрыши в выработанное пространство (при бестранспортных технологических схемах экскавации) нельзя допускать примешивания сильно токсичных пород в верхней части внутренних отвалов в объеме более 10 % – 20 % от объема потенциально плодородных пород, так как при разравнивании и планировки гребней отвалов они попадают в рекультивационный слой, что осложняет процессы биологического этапа рекультивации и последующего использования рекультивированных земель [7, 12].

При примешивании в отвал 20 % – 40 % сульфидсодержащих или других токсичных пород на разровненной поверхности предусматривают частичную мелиорацию крупных пятен. Разровненная поверхность становится непригодной для прямого биологического освоения, если содержание токсичных пород составляет более 40 %. В этом случае поверхность отвалов либо перекрывают породами первой группы, либо подвергают промывке или химической мелиорации, либо экранируют нейтральными породами (карбонатные лёссовидные суглинки) или капилляропрерывающими материалами (щебень, гравий, галька). Только

после агрохимического обследования спланированной поверхности рекомендуют нанесение плодородного слоя почвы.

Потенциально плодородные породы по сравнению с плодородным слоем могут быть хуже по агрохимическим свойствам, но по физическим и химическим должны быть благоприятными. Допускается содержание до 30 % карбонатов, до 0,4 % – засоление по сумме токсичных солей, до 10 % – содержание гипса.

В нижней части рекультивационного слоя предполагается создание экранирующего слоя, если подстилающие породы представлены породами третьей группы – непригодными токсичными. Характер и мощность экранирующего слоя зависят от свойств местности, типа водного режима.

Например, при выпотном типе водного режима мощность капилляропрерывающих прослоек определяется высотой капиллярного подъема воды в грунтах:

- от 0,5 до 0,8 м – для торфа;
- от 0,5 до 1 м – для песков;
- от 1 до 1,5 – для супесей;
- от 1,3 до 3 м – для суглинков;
- от 0,4 до 0,5 м – для уплотненных глин.

При нехватке суглинков и супесей экран формируют из капилляропрерывающего прослойка мощностью от 0,5 до 1 м (нейтральные породы, галька, щебень). Кислые пиритсодержащие породы рекомендуется перекрывать карбонатными породами, лучше карбонатными лёссами с содержанием CaCO_3 от 10 % до 15 %, как более питательным субстратом по сравнению с другими породами.

Не допускается вынос пород непригодных по физическим и химическим свойствам на поверхность отвалов, а именно полускальных метаморфических и магматических, скальных трудновыветриваемых, содержащих карбонаты, легкорастворимые соли, сульфиды, гипс. Их складывают в основании отвала. В случае их наличия на поверхности

необходимо создание экрана из нейтрализующих токсичные свойства или капилляропрерывающих пород, проведение химической мелиорации в пределах корнеобитаемого слоя, перекрытие потенциально плодородными породами [7, 12].

4.4 Требования к техническому этапу рекультивации при формировании горнопромышленных ландшафтов

Требования, предъявляемые к средствам механизации и технологическим схемам технического этапа рекультивации:

- 1) защита от эрозии рекультивируемой территории;
- 2) создание оптимальных форм рельефа для проектируемого направления использования рекультивируемых земель;
- 3) создание благоприятного гидрогеологического режима;
- 4) формирование корнеобитаемого рекультивационного слоя из пород, обладающих благоприятными для роста и развития растений свойствами.

Учитывая эти требования можно снизить стоимость рекультивационных работ и повысить их эффективность.

Технический этап рекультивации земель проводится либо предприятием, которое ведет открытые горные работы и нарушает земли, либо специализированной организацией, а биологический этап – землепользователями, которые владеют этими землями.

Однако, если весь процесс восстановления земель (рекультивации) осуществляется одной организацией, достигается наилучший результат, что подтверждает зарубежный опыт (США, Чехия, Германия, Словакия и др.) [7, 13].

Технический этап рекультивации должен создать все необходимые условия, позволяющие осуществить биологический этап. Срок проведения рекультивации в целом и этапов в отдельности определяется проектом.

При проведении технического этапа рекультивации земель сначала снимают и складывают плодородный слой почвы, затем разрабатывают избирательно потенциально плодородные вскрышные породы. Проводят планировку (грубую и чистовую) и ремонт поверхности отвалов; засыпают каналы – водоотводящие, водоподводящие, нагорные, а в случае необходимости строят гидротехнические сооружения (оросительную, водоотводящую, дренажную сети и т.д.).

Остаточные карьерные выемки и созданные откосы отвалов террасируют и (или) выполаживают.

Поверхность отвалов, карьеров очищают от производственных конструкций, крупногабаритных обломков пород, строительного мусора.

К участкам рекультивации строят подъездные пути, с учетом прохода и работы техники на них устраивают дороги и въезды. Проводят противозерозионные мероприятия.

При создании водоема в карьерных выемках проводят устройство дна и его бортов.

В случае токсичности пород проводят их мелиорацию, либо создают экранирующий слой. Затем покрывают подготовленную поверхность (промелиорированную или экранированную) слоем потенциально плодородных пород и (или) плодородной почвы.

Уклон поверхности отвалов должен быть на породах легкого механического состава не более $1^{\circ} - 2^{\circ}$, на более тяжелых породах – до 5° . Поверхность отвала планируется в зависимости от направления рекультивации с соблюдением баланса земляных работ (равенства объемов выемки и насыпи) [7, 13].

Замкнутые бессточные понижения, образуемые при сплошной планировке отвалов, либо способствуют скапливанию и застаиванию воды на

тяжелых породах с низкой водопроницаемостью, либо развитию суффозионных процессов на породах легкого механического состава. Поэтому важно не допустить их образование.

При чистовой планировке поверхности необходимо избегать переуплотнения поверхности, используя машины с низким удельным давлением на грунт. Если горизонт уплотнен, должно быть проведено глубокое безотвальное рыхление, что создаст благоприятные условия развития корневых систем растений.

В результате эрозии или усадки пород на поверхности отвала могут возникнуть неровности в рельефе, в этом случае проводится их ремонт. Ремонт осуществляется как до нанесения на поверхность плодородного слоя почвы, так и в процессе биологической рекультивации.

На платообразных отвалах, формируемые откосы террасируют и(или) выполаживают, после чего на них высаживают кустарниковые и древесные культуры, высевают травы с целью закрепления их поверхности.

Ширина террасы, угол выполаживания, расстояние между террасами определяются условиями произрастания древесно-кустарниковой растительности и возможностью машинной обработки насаждений.

Если затруднено выполаживание откосов, но их параметры и устойчивость обеспечивают безопасный проход техники и размещение террас, то производится их нарезка. В случае использования террасера Т-4У (ТК-4) или универсального бульдозера Д-533С ширина террас составляет от 4,0 до 4,5 м, террасер ТР-2А делает ширину террас равной 2,3 – 2,5 м. Обратный уклон полотна не должен превышать 2°.

Только полная стабилизация отвалов делает возможным проведение механизированных работ на выположенных откосах. Устраиваемые профили дорог, уклоны, съезды, подъездные пути не должны препятствовать свободному проходу сельско- и лесохозяйственной техники и обязаны обеспечивать подъезд к каждому из осваиваемых участков в период проведения биологической рекультивации[7].

Рекультивационный слой создают на стабилизированной от просадок, выровненной и очищенной от металлолома, крупных камней и других предметов, вызывающих поломку машин и рабочих органов почвообрабатывающих орудий, поверхности. Очистку поверхности отвалов ведут в процессе и по окончании разравнивания.

Если рекультивационный слой представлен породами с высоким коэффициентом фильтрации, то создают искусственный водоупорный горизонт для регулирования водного режима.

В общем виде мощность насыпного рекультивационного слоя на отвалах, поверхность которых сложена непригодными для биологической рекультивации породами, определяется по выражению

$$P = K_{\text{слой}} + H_{\text{к}} + 0,2, \text{ м}, \quad (9)$$

где $K_{\text{слой}}$ – мощность корнеобитаемого слоя (слой, где сосредоточен максимальный объем корней), м;

$H_{\text{к}}$ – мощность экранирующего слоя, м.

$K_{\text{слой}}$ создаётся из пригодных пород и после усадки составляет:

- от 1,0 до 1,5 м (почва вносится в ямы при посадке) – для многолетних насаждений;
- от 0,6 до 1 м (в том числе плодородный слой почвы – от 0,3 до 0,4 м) – для пашни;
- от 2,0 до 2,5 м – для лесных насаждений хозяйственного назначения;
- от 1,0 до 1,5 м – для озеленения;
- от 0,6 до 0,7 м (в том числе плодородный слой почвы – 0,1 м) – для сенокосов.

Мощность экранирующего слоя устанавливается с учетом характера и степени токсичности подстилающих пород, вида рекультивации, зонально-

климатических условий, особенностей водного режима. Ориентировочно мощность слоя равна:

- от 0,5 до 1,0 м – песков;
- от 1,0 до 1,5 м – супесей;
- от 0,3 до 3,0 м – суглинков;
- от 0,3 до 0,4 м – для глин (уплотненных).

Направление использования земель, свойства почв и пород, тип водного режима определяют структуру рекультивационного слоя и его мощность. Например, при непромывном режиме мощность экранирующего слоя уменьшается до 0,2 – 0,3 м, при выпотном режиме – увеличивается, или создается капилляропрерывающий слой.

Окончательные минимальные отметки поверхности внутренних отвалов во избежание заболачивания должны быть не менее чем на 1,5 м выше уровня грунтовых вод, существовавшего до начала разработки карьерного поля. В случаях, когда отметки внутренних отвалов будут ниже уровня грунтовых вод, должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие заболачивание рекультивированной отвальной поверхности.

Основные морфометрические параметры техногенного рельефа земель, осваиваемых после открытия разработки месторождения, в зависимости от направления рекультивации приведены в приложении А, а последовательность выполнения рекультивационных работ на вновь создаваемых отвалах показана в приложении Б [7].

4.5 Природно-техногенные условия, определяющие направления использования рекультивированных земель

Из приведенных выше определений рекультивации нарушенных земель и горнопромышленных ландшафтов следует, что в результате проведения рекультивационных работ эти земли и окружающие их территории должны представлять оптимально организованные и устойчивые природно-техногенные комплексы (ландшафтные участки). С этой целью для каждой рассматриваемой территории с высокой концентрацией нарушенных или подлежащих нарушению земель, оказывающих существенное влияние на природный ландшафт, при рассмотрении перспектив ее развития необходимо определять оптимальное сочетание направлений рекультивации как отдельных объектов, так и их элементов. Однако ни в отечественной, ни в зарубежной практике еще не отработаны четкие и надежные критерии оптимизации ландшафтов путем рекультивации нарушенных и подлежащих нарушению земель. Действующая до настоящего времени в Земельном законодательстве правовая норма о приоритете сельскохозяйственного использования рекультивируемых площадей не имеет научного обоснования и часто противоречит конкретным социальным, экологическим и экономическим условиям района месторождения. Необходимо, прежде всего, руководствоваться тем, что путем рекультивации нарушенных земель в рассматриваемом регионе может быть устранен полностью или частично дефицит в необходимых для данного района угодьях. Поэтому при определении основных направлений рекультивации, с одной стороны, необходимо выявить дефицитные земельные угодья, с другой – возможные варианты направлений рекультивации отдельных объектов, которые обуславливаются в основном типом и видом техногенного рельефа (таблица В.1 приложения В), характером обводнения (таблица В.2 приложения В) и пригодностью горных пород для биологического освоения [7, 14].

Возможные направления рекультивации определяются характеристикой техногенных условий нарушенных земель и сложностью их подготовки, целесообразные – возможностью удовлетворения потребностей рассматриваемого региона в увеличении площадей различного назначения за счет рекультивации нарушенных земель, оптимальные – показателями эколого-экономической эффективности рекультивации. Порядок анализа исходных данных приведен в блок-схеме укрупненного алгоритма поиска оптимального направления рекультивации (рисунок 13) [7].

4.6 Рекультивация территории карьеров при сельскохозяйственном направлении использования

Сельскохозяйственное направление рекультивации распространено в районах с благоприятными почвенно-климатическими условиями и в густонаселенных районах с низкой долей пашни на душу населения.

К землям сельскохозяйственного направления рекультивации по виду использования относятся: пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения.

Для сельскохозяйственного использования в первую очередь должны рекультивироваться участки нарушенных земель, удобные по рельефу, размерам и форме, поверхностный слой которых сложен породами, пригодными для биологической рекультивации. Созданию сельскохозяйственных угодий на рекультивируемых землях должно предшествовать их обследование, выявление пригодности пород для биологической рекультивации, положительное заключение агрохимической и санитарно-эпидемиологической служб об отсутствии опасности выноса растениями веществ, токсичных для людей и животных [1, 7].

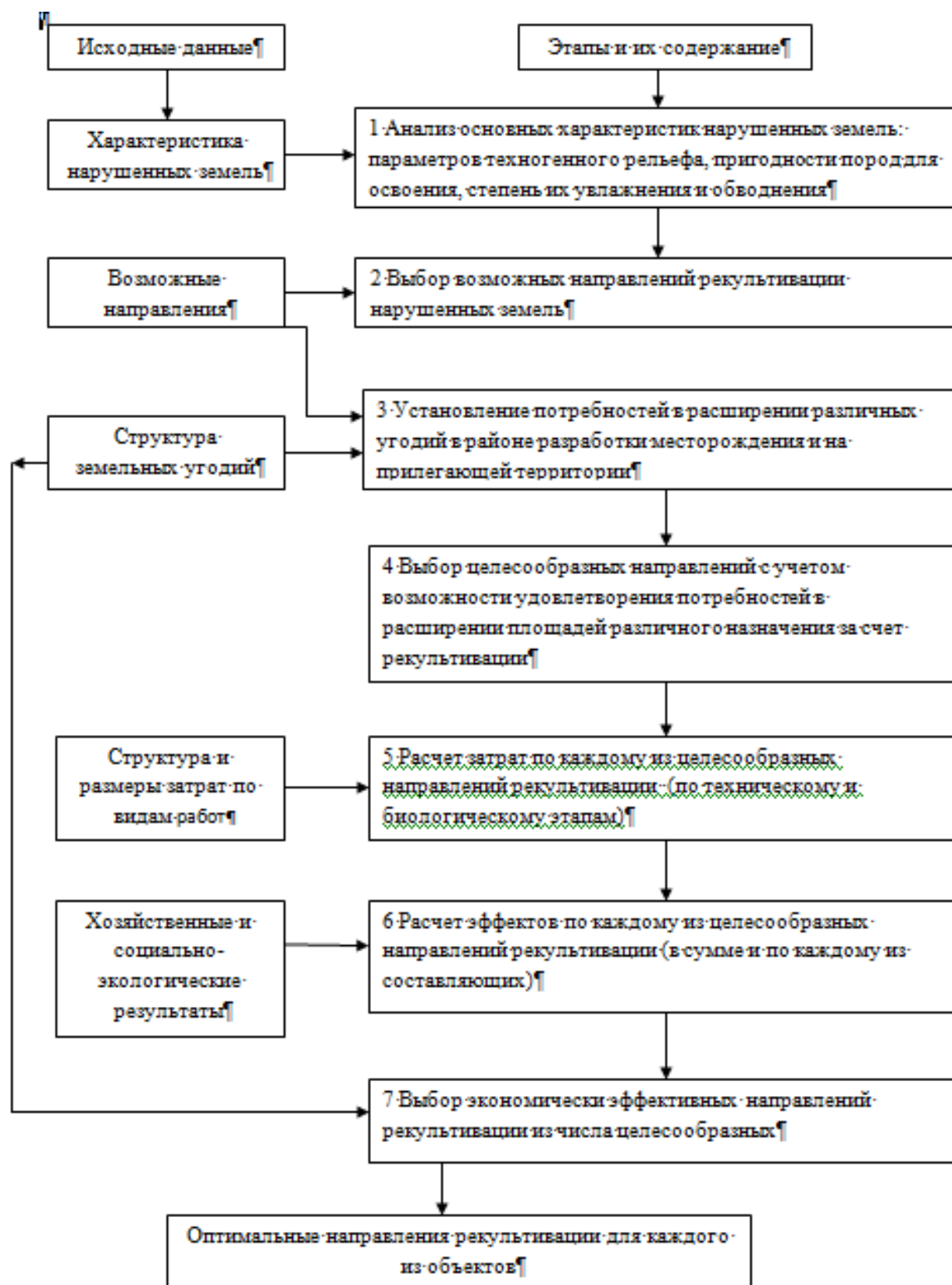


Рисунок 13 – Блок-схема укрупненного алгоритма поиска оптимального направления рекультивации

Добычу нерудных материалов в сухих карьерах осуществляют горнодобывающие предприятия механизированным способом с использованием землеройных, землеройно-транспортных, транспортных и специальных машин и механизмов. Технологическая схема добычи нерудных материалов показана на рисунке 14.

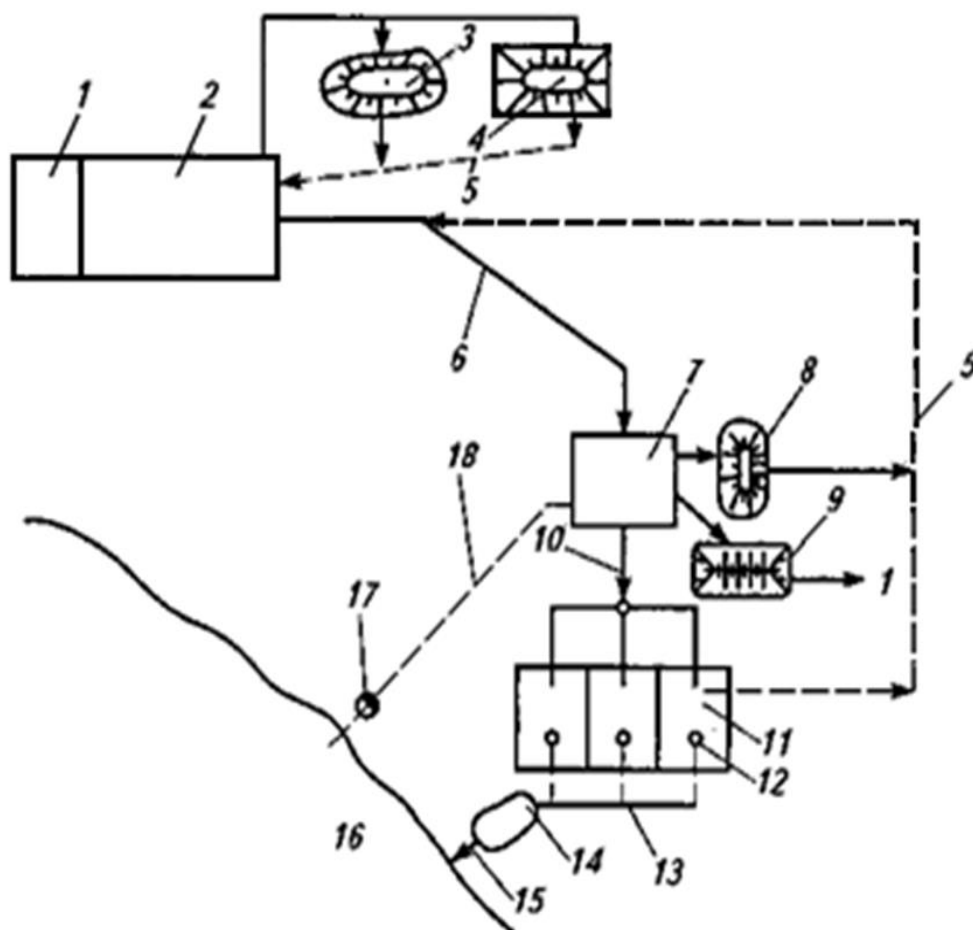
Перед массовой выработкой грунта снимают плодородный слой почвы и перемещают его во внешний, временный кавальер. Нормы снятия плодородного слоя почвы при производстве вскрышных работ определяются требованиями ГОСТ 17.5.3.06-85 [1, 15].

После снятия плодородного слоя выполняют вскрышные работы: вначале разрабатывают потенциально плодородные горные породы, а затем непригодные горные породы с перемещением их во внешние временные отвалы. После вскрытия карьера ведут добычу полезного ископаемого, при этом добываемую горную массу направляют во временный отвал (находящийся вблизи с обогатительной фабрикой, где добытую горную массу обогащают до получения товарного продукта).

Часто после рекультивации отмечают даже некоторое повышение урожайности, так как при выемке грунта удаляют высокопроницаемые слои песка и гравия, а плодородный грунт приближается к грунтовым водам.

При рекультивации карьеров для сельскохозяйственного использования необходимо учитывать изменение микроклимата, сопровождающееся скоплением холодного воздуха. С целью уменьшения влияния холодного воздуха дну карьера придают легкий уклон в сторону общего понижения местности, а отвалам (постоянным) – форму, обеспечивающую продуваемость.

В процессе производства работ в карьерах подпочвенные слои за счет рабочих перемещений техники уплотняются. Поэтому для повышения ценности рекультивируемой территории уплотненную породу тщательно рыхлят на глубину до 0,5 м [1, 15].

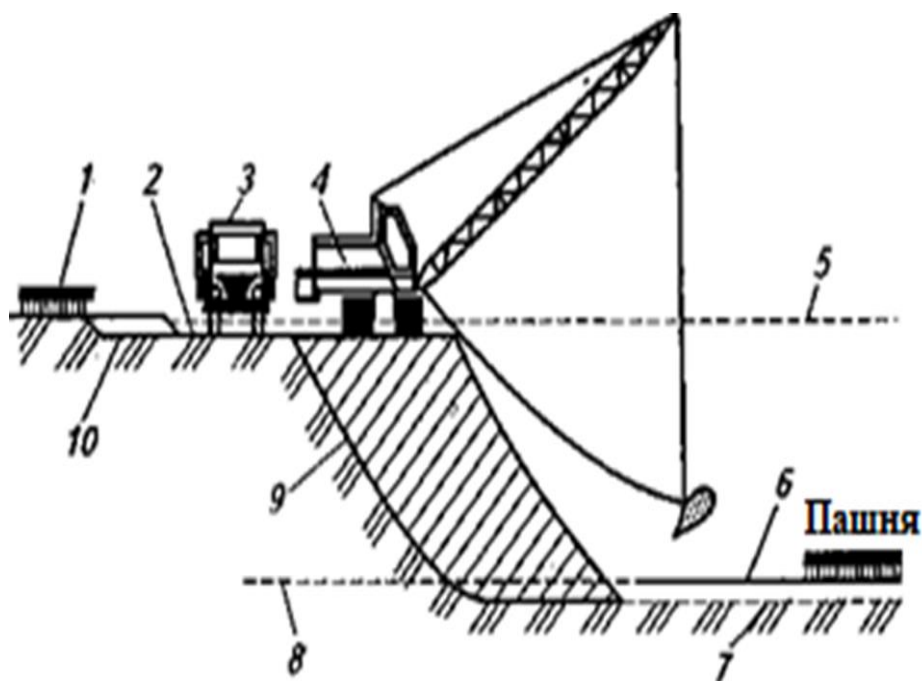


1 – запасы месторождения; 2 – территория карьера; 3 – временный внешний отвал вскрышных пород; 4 – временный внешний отвал плодородного грунта; 5 – направление возврата горных пород вскрыши при формировании рекультивационного слоя; 6 – направление доставки полезного ископаемого на обогащение; 7 – обогатительная фабрика; 8 – фабричный отвал сухих отходов обогащения; 9 – фабричный товарный отвал; 10 – направление отвода жидких отходов обогащения; 11 – система отстойников; 12 – водосбросные колодцы; 13 – открытый канал для отвода осветленной воды; 14 – биоплато для доочистки осветленной воды; 15 – канал для сброса очищенной воды в водоприемник; 16 – водоприемник (водный объект); 17, 18 – система технического водоснабжения из поверхностного водоисточника.

Рисунок 14 – Принципиальная технологическая схема добычи нерудных материалов

На рациональное использование рекультивируемых территорий под сельскохозяйственные угодья влияют форма и размеры карьера. Наиболее благоприятны участки прямоугольной формы площадью не менее 2 га.

Состав вскрыши может быть монопородным (только плодородный слой почвы и потенциально плодородные горные породы) или многопородным (плодородный слой почвы, потенциально плодородный и вмещающие горные породы). Схема экскаваторной добычи полезного ископаемого с формированием рекультивационного слоя показана на рисунке 15.

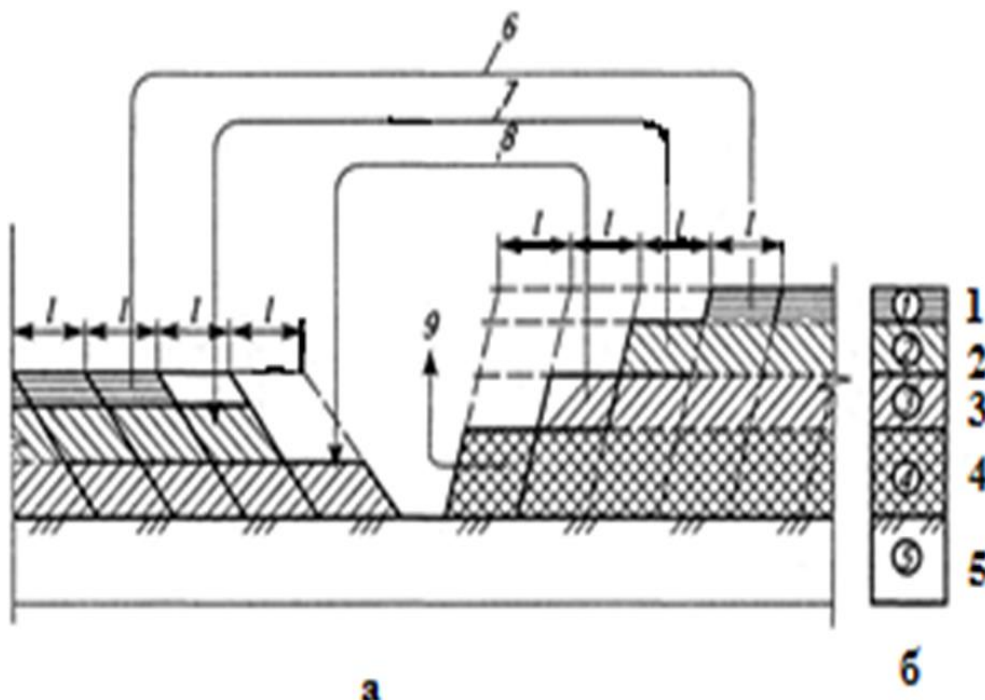


- 1 – пашня до снятия почвенного слоя; 2 – подъездная дорога;
- 3 – автосамосвал; 4 – экскаватор; 5 – дневная поверхность земли;
- 6 – перемещение верхнего слоя почвы с разравниванием по рекультивируемой поверхности; 7 – неуплотненная подошва выработки;
- 8 – поверхность земли после выемки грунта и рекультивации карьера;
- 9 – забой экскаватора; 10 – слой почвы, снимаемый поэтапно.

Рисунок 15 – Схема экскаваторной добычи полезного ископаемого с одновременным формированием рекультивационного слоя на дне карьера

После образования выработанного пространства в карьере до отметки подошвы горные породы отсыпают на дно пластами в последовательности, в которой они залегали в естественном сложении [1].

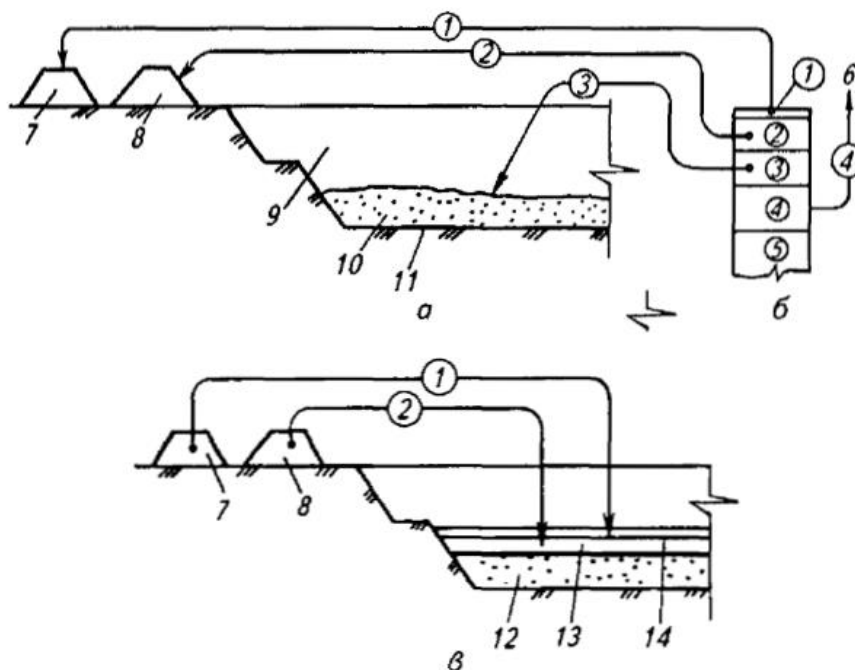
Схема очередности производства работ и перемещений горных пород при совмещении вскрышных работ и добычи полезных ископаемых с техническим этапом рекультивации карьеров показана на рисунке 16.



а – участок карьера, в пределах которого ведут работы по добыче полезного ископаемого и техническому этапу рекультивации; б – геологический разрез;
 1 – почвенный слой; 2 – потенциально плодородный слой; 3 – непригодные горные породы; 4 – полезное ископаемое; 5 – подстилающие горные породы;
 6 – 8 – направления перемещений вскрышных горных пород для технической рекультивации выработанной части карьера; 9 – направление отгрузки полезного ископаемого; l – длина участков, на которых одновременно ведут вскрышные работы, добычу полезного ископаемого и рекультивацию выработанного пространства, организованные поточным методом.

Рисунок 16 – Схема производства работ при совмещении вскрышных работ с техническим этапом рекультивации карьера

Схема выполнения работ при горнотехническом этапе рекультивации выработанного пространства карьеров после прекращения их эксплуатации представлена на рисунке 17 [3].



а – разрез карьера в период эксплуатации; б – геологический разрез; в – разрез карьера в период проведения рекультивации; 1 – плодородный слой почвы; 2 – потенциально плодородный слой; 3 – непригодные породы; 4 – полезное ископаемое; 5 – подстилающие горные породы; 6 – потребитель; 7 – внешний временный отвал плодородного грунта; 8 – внешний временный отвал потенциально плодородного грунта; 9 – выработанное пространство карьера; 10 – внутренний отвал непригодного вскрышного грунта; 11 – дно карьера; 12 – выровненный внутренний отвал непригодного грунта; 13 – насыпка нетоксичного (потенциально плодородного) слоя; 14 – отсыпка слоя почвы.

Рисунок 17 – Схема выполнения работ при горнотехническом этапе рекультивации выработанного пространства карьеров после прекращения их эксплуатации

Часто техническую рекультивацию можно начинать, не дожидаясь завершения эксплуатации карьера.

Особая проблема при рекультивации территорий под сельскохозяйственные угодья в местах сухой выемки грунта – формирование откосов карьера. Рекультивацию карьеров глубиной до 5 – 6 м выполняют с выполаживанием откосов, а глубиной более 6 м – без выполаживания.

При выполаживании откосов:

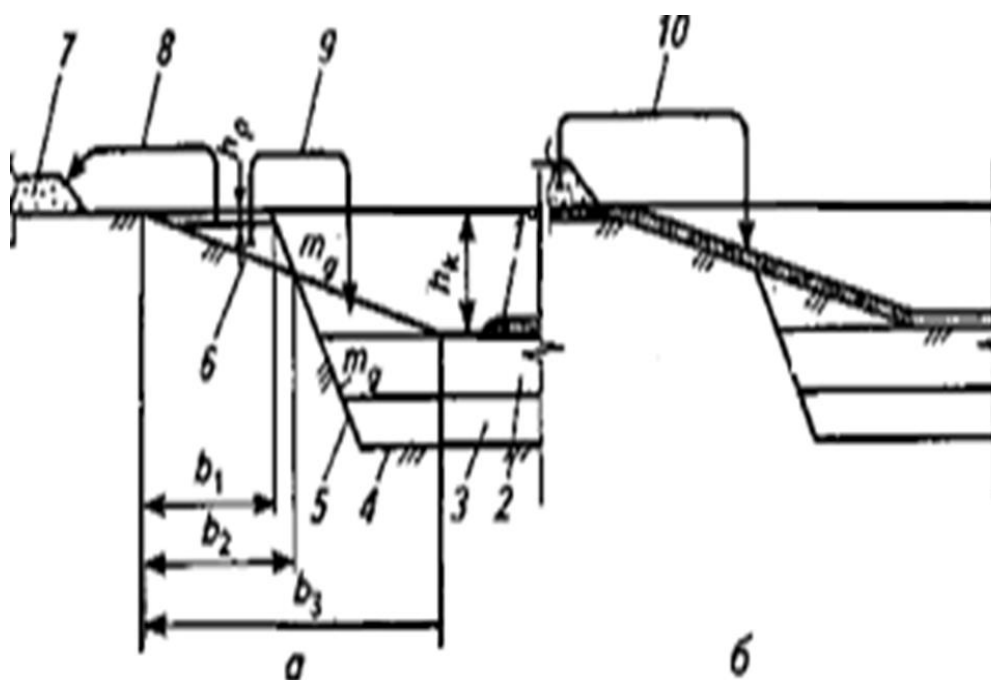
- получают дополнительные площади, пригодные для включения их в сельскохозяйственные угодья;
- ослабляются эрозионные процессы на откосах;
- предохраняют рекультивированную территорию дна карьера от заноса частицами грунта, смываемыми с откосов;
- улучшают общий ландшафт рекультивируемой территории.

Крутизна склонов должна обеспечивать беспрепятственное движение машин. Откосы карьеров должны быть выположены до крутизны $m = 5$ и более.

Выполаживание откосов карьера выполняют исходя из баланса грунтовых масс: ***объем срезаемого минерального грунта с верхнего горизонта равен объему подсыпанного в подножье выполаживаемого откоса.***

Выполаживание откосов выполняют в следующей последовательности: вначале с полосы определенной ширины бульдозером срезают почвенный слой и перемещают его во временный отвал, затем минеральный грунт и перемещают его вниз к подножию откоса, формируя наклонную плоскость. На спланированную поверхность из временного отвала наносят плодородный слой почвы [1].

Схема производства работ при выполаживании откосов карьера показана на рисунке 18.



а – разработка минерального грунта; б – нанесение почвенного слоя на спланированную поверхность откосов карьера; 1 – плодородный слой почвы; 2 – потенциально плодородный слой; 3 – слой непригодного грунта; 4 – дно карьера; 5 – крутизна бортов карьера до выполаживания; 6 – проектная крутизна бортов карьера после выполаживания; 7 – временный отвал плодородного грунта; 8 – 10 – направление перемещения грунтовых масс при выполаживании, соответственно срезка плодородного слоя почвы и перемещение его во временный внешний отвал, планировка бортов карьера, нанесение почвенного слоя на спланированную поверхность; $h_p, h_k, b_1 \dots b_3$ – проектные размеры.

Рисунок 18 – Схема производства работ по выполаживанию бортов карьера

Рекультивацию карьеров глубиной более 6 – 10 м выполняют без выполаживания откосов, и их крутизна должна составлять $m > 1,5$. Учитывая большую длину склонов в глубоких карьерах, через каждые 5 м по высоте на откосах устраивают бермы шириной 3 м и более, для защиты его от обширной эрозии и обеспечения доступа техники в процессе рекультивации

(рисунки 19 – 21). Схема обустройства необходимых глубоких карьеров показана на рисунке 22.



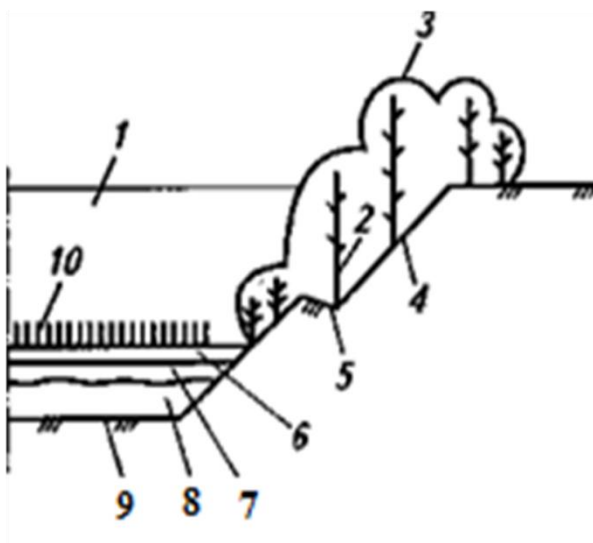
Рисунок 19 – Устройство берм (Коркино)



Рисунок 20 – Устройство берм (Кировка)



Рисунок 21 – Устройство берм (Курская магнитная информация)



1 – выработанное пространство карьера; 2 – посадка саженцев деревьев и кустарниковой растительности, посаженной после активации бедной почвы на склонах; 3 – сформировавшаяся древесно-кустарниковая растительность; 4 – многоярусный склон выработки; 5 – берма; 6 – восстановленный почвенный слой по дну карьера; 7 – потенциально плодородный слой; 8 – вскрышные породы внутренних отвалов после их разравнивания; 9 – дно карьера; 10 – пашня.

Рисунок 22 – Схема рекультивации и обустройства глубоких карьеров

Нередко выработанное пространство карьеров в период эксплуатации используют для бессистемного размещения внутренних отвалов.

В этом случае внутренние отвалы вскрышных непригодных и малопригодных горных пород разравнивают и по их верху отсыпают нетоксичные (потенциально плодородные) грунты, пригодные для развития корневой системы растений, слоем не менее 0,6 м для пашни, 0,7 м – для сенокосов, 1 – 2 м – для лесопосадок.

Затем отсыпают плодородный слой почвы мощностью не менее 0,3 – 0,4 м под пашни, 0,2 – 0,3 м – под сенокосы.

Для лесопосадок почвенный грунт засыпают непосредственно в ямы перед посадкой деревьев и кустарников [1, 7].

Таким образом, при всех видах использования рекультивированных земель в сельском хозяйстве мощность наносимого плодородного слоя и потенциально плодородных пород определяется проектом с учетом свойств подстилающих пород, наносимого материала и последующего вида использования.

Планировка поверхности отвалов должна быть особенно тщательной. Ее рекомендуется выполнять в такой последовательности: грубая планировка – вслед за отсыпкой отвалов, первая чистовая – после основной усадки отвалов, вторая чистовая – после покрытия их плодородным материалом. В результате проведения чистовых планировок уклоны поверхности не должны превышать 2°.

Нанесение плодородного материала на спланированные поверхности отвалов и чистовые планировки производятся в теплый период года при естественной влажности пород. По границам участков следует предусматривать создание полезащитных лесных полос с 5 – 7-рядными древесно-кустарниковыми насаждениями. Планировка отвалов в пределах полос будущих полезащитных лесонасаждений производится до ровной поверхности с уклоном не более 5°.

На завершающем этапе технической рекультивации карьеров проводят агротехнические мероприятия:

1 Дополнительное выравнивание и окончательная планировка поверхностей для ликвидации возвышений и понижений в целях равномерного распределения выпадающих осадков и недопущения вымочек.

2 Внесение химических мелиорантов с помощью комплекса машин по транспортированию, разбрасыванию и заделке химических мелиорантов в почву. Виды и дозы внесения устанавливают на основании анализов почв. Например, минеральные удобрения в соотношении K_2O – 50 %, P_2O_5 – 30 %, NO_3 – 20 % вносят машинами МВУ-8Б. Обычная доза внесения минеральных удобрений составляет около 0,5 т/га. Вносимые в почву удобрения заделывают дисковыми боронами на глубину до 0,06 м.

Период мелиоративной подготовки устанавливается соответствующим проектом на биологический этап рекультивации. В этот период должен осуществляться комплекс мероприятий по интенсификации процессов окультуривания рекультивируемых земель: введение мелиоративных севооборотов; применение повышенных норм высева семян сельскохозяйственных культур и внесения удобрений; проведение специальных агротехнических и агролесомелиоративных мероприятий, а также инженерных противоэрозионных мероприятий; выполнение ремонта рекультивируемых участков.

Виды работ, основные агротехнические и технологические требования и применяемые механизмы при послойном известковании почв приведены в таблице 10 [1].

Таблица 10 – Технология послойного известкования почв

Вид работы	Средство механизации	Основные агротехнические и технологические требования
Вспашка с оборотом пласта	Плуги общего назначения (ПЛП 6-35 и трактор Т 150К)	На глубину 0,2 м пахотного слоя
Разбрасывание 50 %-й дозы известковых материалов	Разбрасыватель удобрений (РУМ-8, РУП-8 к трактору Т150К или РУМ-16 к трактору К-701)	В зависимости от рН норма внесения 2 % – 6 % массы мелиорируемого слоя (2 – 10 т/га)
Доставка известковых материалов	При расстояниях транспортирования: 25 км – тракторные прицепы; до 70 – 100 км – автосамосвалы; 10 – 25 км – разбрасыватели удобрений на базе автомобилей	Своевременная доставка; защита от сырости; создание необходимого запаса; обеспечение сохранности
Разбрасывание оставшихся 50 % дозы известковых материалов	Разбрасыватель удобрений (РУМ-8, РУП-8 к трактору Т150К или РУМ-16 к трактору К-701)	В зависимости от рН норма внесения 2 % – 6 % массы мелиорируемого слоя (2 – 10 т/га)
Перемешивание извести с верхним слоем почвы	Борона дисковая навесная (трактор Т-75 и БДН-3)	Наполовину пахотного слоя или на глубину 0,1 м
Перемешивание во втором перевернутом слое почвы	Борона дисковая навесная (трактор Т-75 и БДН-3)	Наполовину пахотного слоя или на глубину 0,1 м

Основным критерием окончания мелиоративного периода является достижение эффективного плодородия рекультивируемых земель, уровень которого был бы не ниже, чем на ненарушенных зональных почвах прилегающих (окружающих) участков. Обычно мелиоративный период длится от 5 до 10 лет.

4.7 Рекультивация территории карьеров при лесохозяйственном направлении использования территории

Когда сельскохозяйственное использование восстанавливаемой территории сопряжено с определенными трудностями (неудовлетворительного качества горные породы, удаленность от населенных мест, отсутствие потребности в увеличении сельскохозяйственных угодий, неблагоприятный микроклимат для выращивания сельскохозяйственных культур), принимают лесохозяйственное направление [1, 7].

Посадка лесных культур на рекультивируемых землях производится при лесохозяйственном и рекреационном направлениях рекультивации, а также в природоохранных и санитарно-гигиенических целях. Леса на нарушенных землях следует рассматривать как один из основных компонентов рекультивируемых горнопромышленных ландшафтов, обеспечивающих возобновление флоры и фауны, которые характерны для данной местности.

Лесохозяйственное направление рекультивации предусматривает создание эксплуатационных насаждений, а при необходимости – лесов защитного, водорегулирующего и рекреационного назначения.

Лесные насаждения эксплуатационного типа должны иметь преимущественное распространение в лесной или лесостепной зонах с целью восстановления и увеличения лесного фонда и выращивания товарной древесины. Для создания лесонасаждений эксплуатационного назначения рекомендуется использовать в первую очередь крупноплощадные отвалы. При этом рельеф поверхности рекультивируемых отвалов должен быть выровнен.

Допускается создавать волнистую поверхность, умеренно расчлененную или покатую с углами склонов, обеспечивающими безопасную работу почвообрабатывающих, лесопосадочных машин и машин по уходу за посадками.

Леса защитного, водорегулирующего и рекреационного назначения, а также противозерозивные насаждения при необходимости создаются в различных природно-климатических зонах.

При подготовке отвалов для облесения им следует придать форму, вписывающуюся в окружающую местность. Наибольший объем земляных работ по выравниванию поверхности характерен для внутренних отвалов, образованных при бестранспортной технологии разработки. При этом применяется сплошное, волнистое, частичное или комбинированное разравнивание.

При создании массивных лесных насаждений наилучшие условия для механизации лесокультурных работ и предупреждения водной эрозии достигаются в случае формирования равнинно-волнистого рельефа с уклонами, не превышающими 3° . При создании небольших по площади лесных насаждений специального назначения, а именно рекреационного и почвозащитного, допустимо также формирование умеренно волнистого рельефа с уклонами от 3° до 8° .

На внутренних отвалах с высоким статическим уровнем грунтовых вод производят частичную планировку путем срезки вершин гребней отвалов. При комбинированном способе планировки отвалов частично срезаются вершины гребней и создаются горизонтальные площадки, на которых можно высадить не менее трех рядов лесных культур. По границам отвалов площадки соединяются между собой. Минимальная ширина площадки 8 м. Комбинированный способ разравнивания позволяет композиционно решать вопросы ландшафтного оформления местности. Поверхность отвалов, террасовидные уступы и площадки, образующиеся при частичных и комбинированных схемах планировки по площади и по форме, должны обеспечивать нормальный проход и работу лесохозяйственных машин и орудий [1, 7].

На отвалах, сложенных грунтосмесями с преобладанием мало- и непригодных горных пород, следует применять лесонасаждения,

выполняющие мелиоративные функции, в сочетании с необходимыми мерами химической мелиорации.

В случае наличия на поверхности отвалов непригодных горных пород должен создаваться рекультивационный слой, обладающий благоприятными лесорастительными свойствами. Мощность и структура этого слоя определяются в зависимости от состава и свойств горных пород на участках, типа водного режима, который установится после окончания горно-планировочных и мелиоративных работ, и типа планируемых лесных насаждений. При отсыпке многоярусных отвалов поверхностный слой их откосов и берм следует формировать из мелкозернистого нетоксичного материала, пригодного для произрастания травянистой, древесной или кустарниковой растительности.

Откосы отвалов и бортов карьерных выемок, подготавливаемые для лесохозяйственного использования, должны обеспечивать их устойчивость к оползневым явлениям. В зависимости от условий горных работ и целей облесения после основной усадки пород в отвалах должно производиться сплошное выполаживание откосов отвалов и бортов выемок, их террасирование или сочетание этих мероприятий, обеспечивающих устойчивость откосов и безопасность работ. На породах легкого механического состава допустимая крутизна откосов после выполаживания не должна превышать 14° , а на грунтах тяжелого механического состава – 22° .

Подбор древесных и кустарниковых пород и технология создания лесонасаждений проектируются применительно к преобладающим типам однородных участков, выделенных в соответствии с классификацией горных пород, характером гидрогеологического режима, экологических факторов. При этом необходимо учитывать пригодность горных пород для биологической рекультивации, природно-климатические условия района, тип лесных насаждений, биологические особенности и фитомелиоративные свойства древесных и кустарниковых пород. Соотношение между главными,

сопутствующими древесными породами и кустарниками в лесонасаждениях должно обеспечивать их наибольшую биологическую совместимость и устойчивость. Размещение посадочных мест также устанавливается в каждом случае с учетом типа лесопосадок, биологических свойств древесных и кустарниковых культур, пригодности к рекультивации горных пород, форм и особенностей рельефа рекультивируемых участков, природно-климатических особенностей района, применяемых механизмов для посадки и ухода за насаждениями.

В случае создания на первом этапе облесения отвалов лесомелиоративных насаждений в последующем их следует заменять более ценными породами для хозяйственного использования. Одновременно с этим при необходимости производится ремонт рекультивированных площадей, не ухудшая уже сложившихся благоприятных экологических условий местообитания лесной фауны [1, 7].

При проектировании лесной рекультивации необходимо предусматривать противопожарные мероприятия, особенно в лесонасаждениях, расположенных вблизи населенных пунктов или сельскохозяйственных угодий, что может быть, в частности, обеспечено созданием насаждений смешанного типа. В крупных массивах хвойных и лиственных пород проводятся противопожарные мероприятия, общепринятые в лесном хозяйстве. Отдельные участки отработанных карьерных выемок, а также остающиеся в отвальном массиве замкнутые понижения используются под противопожарные водоемы с оборудованными водозаборными зонами и подъездами.

Рекреационное направление может быть обеспечено путем сочетания санитарно-гигиенической и лесохозяйственной рекультивации при соответствующем ландшафтно-архитектурном оформлении различных участков отвалов, карьерных выемок и прилегающей территории. При этом в результате проведения рекультивации должно быть устранено негативное воздействие нарушенных земель на окружающую природную среду, а на их

месте созданы эстетически ценные и привлекательные ландшафтно-архитектурные композиции с включением в их состав прилегающих земельных участков. Такая организация территории применяется при создании парков и лесопарков, спортивных сооружений, инженерных коммуникаций, площадок для занятия зимними и летними видами спорта, искусственных водоемов для купания и занятий спортом, охотничьих хозяйств и других объектов (зон) отдыха.

Рекреационные объекты (зоны) на рекультивированных землях должны представлять собой территориальный или экваториальный комплексы, пригодные для удовлетворения потребностей отдыхающих. При их создании должна быть обеспечена устойчивость формирующихся объектов и комфортабельные условия для отдыха, а также обоснована их социально-географическая (медико-географическая) целесообразность, определяемая по сравнительной оценке фактической обеспеченности и нормативной потребности населения в отдыхе.

На стадии технического этапа в соответствии с проектом строительства объектов должна осуществляться вертикальная планировка территории с минимальным объемом земляных работ и максимальным сохранением существующих или образованных в результате проведения основных работ форм рельефа. При строительстве сооружений для отдыха и занятий спортом должна быть обеспечена стабильность грунтов и определенная их несущая способность [1, 7].

Требования к техническому этапу рекультивации при рекреационном облесении в основном те же, что и вышеизложенные. Однако лесные насаждения парков, лесопарков и зеленых зон населенных пунктов должны создаваться из наиболее ценных в эстетическом отношении и устойчивых в данных условиях пород. При выборе их ассортимента следует учитывать влияние насаждений на микроклимат участка и санитарно-гигиеническое состояние окружающей человека среды. Для создания благоприятных условий для отдыха необходимо:

- в южных районах – организация закрытых пространств с сомкнутостью насаждений, обеспечивающей затенение дорог и площадок;
- в северных районах – организация открытых пространств с сомкнутостью насаждений, обеспечивающей хорошую инсоляцию территории;
- создание ветрозащитных лесных полос, озеленение склонов для предотвращения эрозии, организация водоохранных зон.

Таким образом, рекультивацию карьеров облесением проводят следующим образом: вначале выравнивают дно карьера и выполяживают откосы до $m = 1,5$ и более, а при глубине карьера более 5 – 6 м на откосах устраивают бермы шириной не менее 3 м через каждые 5 м по высоте. После завершения этих работ выполняют рыхление уплотненных горных пород на дне карьера, а затем высевают бобовые культуры, способствующие образованию гумуса и накоплению азота. Затем закладывают лес, избегая монокультур. Одни лишь хвойные породы деревьев не способствуют полному развитию потенциала территории. Их дополняют лиственными породами деревьев.

При посадке смешанных пород деревьев более полно формируется ландшафт и обеспечивается оздоровление биотипа. Лесопосадки по периметру необходимо обсадить кустарником и низкорослыми деревьями, образуя опушку шириной от 3 до 5 м [1, 7].

4.8 Требования к рекультивации земель, проводимой в природоохранных, санитарно-гигиенических целях и под застройку

Рекультивация нарушенных земель, независимо от вида и направления их последующего использования, прежде всего, выполняет экологические функции, а затем хозяйственные и социальные. Однако рекультивация земель может иметь и только природоохранное назначение, не преследуя цели хозяйственного использования.

К землям природоохранного и санитарно-гигиенического направления рекультивации по виду использования относятся:

- участки природоохранного назначения – противоэрозионные лесонасаждения, задернованные или обводненные участки;
- участки, закрепленные или законсервированные техническими средствами;
- участки самозарастания, т.е. естественного развития биоценозов на нарушенных землях.

Это направление рекультивации должно обеспечивать ликвидацию либо значительное сокращение отрицательного влияния нарушенных земель на окружающую среду, в том числе атмосферу, прилегающие земельные угодья, поверхностные и грунтовые воды [1, 7].

В целях ликвидации отрицательного влияния на атмосферу рекультивационные мероприятия должны обеспечивать прекращение пылегазовых выбросов до установленных норм (ПДВ – предельно допустимых выбросов). Это достигается тушением горящих отвалов, осуществлением мер по профилактике самовозгорания, проведением мероприятий по пылеподавлению, закреплении поверхности путем озеленения или химическим способом.

В части ликвидации вредного влияния нарушенных земель на прилегающие земельные угодья осуществляемые мероприятия должны

обеспечивать предупреждение эрозионного сноса с поверхности отвала продуктов, загрязняющих почву. Достигается это путем закрепления (задернения) поверхности отвала и устройства ограждающих дамб, канав, организованного сбора и отвода поверхностных вод.

Мероприятия по ликвидации вредного влияния нарушенных земель на поверхностные и грунтовые воды должны обеспечивать организованный сбор загрязненных вод, их отстаивание и, при необходимости, нейтрализацию в соответствии с действующими нормами ПДК.

Биологической или технической консервации подвергаются также нарушенные отработанные земельные участки, если направление их использования в народном хозяйстве временно не установлено, или при длительной приостановке горных работ на участке карьерного поля, а также при намечаемой вторичной переработке отвалов вскрыши или некондиционных руд. Выбор средств консервации нарушенных земель производится в каждом конкретном случае в зависимости от состояния, состава и свойств слагающих пород, природно-климатических условий, технико-экономических показателей. Все мероприятия по технической или биологической рекультивации с целью консервации нарушенных земель должны согласовываться с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Вяжущие материалы, применяемые для закрепления поверхности нарушенных земель, не должны оказывать отрицательное влияние на окружающую среду. Они должны обладать достаточной водопрочностью и устойчивостью к температурам колебания.

Горно-планировочные работы следует проводить в минимальном объеме, достаточном для обеспечения безопасного использования машин и механизмов при производстве рекультивационных работ. На поверхности промышленных отвалов, сложенных непригодными для биологической рекультивации субстратами или содержащих токсичные реагенты, которые использовались при обогащении полезных ископаемых, а также

гидроотвалов вскрыши, состоящих из засоленных грунтов, должен создаваться экранирующий слой, затем наноситься плодородный слой почвы или потенциально плодородных пород и выполняться мелиоративные работы.

К землям строительного направления рекультивации по виду использования относятся площадки для промышленного, гражданского и прочего строительства, включая размещение отвалов отходов производства (вскрышных пород, строительного мусора, отходов обогащения и др.).

Земли, нарушенные открытыми разработками и примыкающие к крупным населенным пунктам, рассматриваются как резервные площадки для промышленного и гражданского строительства. Площади, намечаемые под застройку, должны располагаться в местах, которые не будут подвержены вредному влиянию горных разработок.

Чаще всего под застройку используются невысокие (от 10 до 15 м) отвалы, простоявшие не менее 10 – 15 лет. Целесообразность использования нарушенных земель под промышленное, гражданское и иной вид строительства устанавливается на основе генеральных планов планировки и застройки территорий, данных инженерно-геологического исследования и соответствующих технико-экономических расчетов. Инженерно-геологические исследования нарушенных земель, намечаемых к застройке, должны проводиться согласно требованиям действующих нормативных документов и СНиПов [7].

Территории рекультивируемых земель, подлежащие освоению под строительство, должны иметь:

- размеры, достаточные для размещения намечаемых для строительства объектов;
- рельеф, обеспечивающий возведение зданий и сооружений без существенных изменений типовых решений при минимальных объемах земляных работ;

- породы, допускающие строительство намечаемых типов зданий и сооружений;
- гидротехнические условия, не требующие понижения уровня грунтовых вод и устройства сложной гидроизоляции;
- устойчивость откосов.

Вертикальная планировка породных отвалов должна обеспечивать ровную площадку для размещения объектов и отвод поверхностных вод, увязанный с системой водотоков.

Геолого-маркшейдерские службы разрезов должны иметь топографические карты погребенного (естественного) рельефа в масштабе 1 : 2000 или крупнее, с нанесением горизонталей через 0,5 – 1 м. Топографические планы, геологические и инженерно-геологические карты, данные о физико-механических свойствах пород отвалов, входящих в городскую черту и пригородные зоны, подлежат длительному хранению, а при ликвидации горного предприятия передаются в соответствующие местные органы и организации [7].

4.9 Требования и методические указания к биологическому этапу рекультивации

После усадки отвалов и полного завершения технического этапа осуществляется биологическая рекультивация нарушенных земель. Она включает в себя комплекс агротехнических мероприятий по улучшению водно-воздушного и питательного режимов рекультивационного слоя для сельскохозяйственных растений или лесных культур.

Основные задачи биологического этапа – создание продуктивных сельскохозяйственных угодий, лесных насаждений, рыбохозяйственных, водохозяйственных и охотничьих объектов, зон отдыха, закрепление с

помощью растительности эродируемых поверхностей промышленных отвалов, предотвращение отрицательного воздействия на окружающую природную среду.

На основании комплексного учета природно-климатических условий места расположения рекультивируемого участка, экспозиции и крутизны его склонов, уровня плодородия земель, биологических и хозяйственных особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур, создаваемых насаждений, их целевого назначения на стадии проектирования биологической рекультивации решаются следующие задачи.

При сельскохозяйственном освоении:

- период сельскохозяйственного освоения;
- ассортимент и чередование сельскохозяйственных культур по годам биологической рекультивации;
- нормы и периодичность внесения органических и минеральных удобрений, извести и т.д.;
- нормы высева семян сельскохозяйственных культур;
- агротехника обработки почвы, возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

При лесохозяйственном освоении:

- тип и размещение лесных насаждений;
- ассортимент древесно-кустарниковых пород;
- схемы размещения лесных насаждений;
- нормы и периодичность внесения извести, минеральных удобрений;
- технология выращивания лесных насаждений до смыкания кроны.

Период биологической рекультивации при сельскохозяйственном освоении нарушенных территорий принимают с учетом:

- мощности и качественной характеристики нанесенного плодородного слоя почв и потенциально-плодородных пород;
- характера последующего хозяйственного использования площадей и требований возделываемых сельскохозяйственных культур;

– условий увлажнения участка и уровня грунтовых вод.

В таблице 11 приведена примерная продолжительность периода биологической рекультивации при различном характере использования рекультивируемых площадей.

Таблица 11 – Длительность периода сельскохозяйственной рекультивации, лет

Вид создаваемых угодий	Рекультивируемые земли	
	с нанесенным плодородным слоем почв	без плодородного слоя почв
Пашня	4 – 6	–
Сенокос	2 – 3	6 – 8
Пастбище	6 – 8	8 – 10

На период биологической рекультивации, как правило, вводятся посевы мелиоративных – почвоулучшающих бобовых культур: люцерны, донника, эспарцета и других. В первые годы биологической рекультивации предпочтение зачастую отдают в определенных климатических зонах люцерне синегибридной как многолетнему растению, ассимилирующему атмосферный азот и ценному в кормовом отношении [7].

Сельскохозяйственная рекультивация под пашню предусматривается, как правило, на участках с нанесенным плодородным слоем почв. Для восстановления его структуры и обогащения органическим веществом возделывание многолетних злаково-бобовых травосмесей рекомендуется в течение 4 – 6 лет с внесением органических и минеральных удобрений.

Внесение органических удобрений (стойлового навоза, торфа, различных компостов, навозной жижи, соломы и т.д.) следует предусматривать на участках, расположенных вблизи животноводческих

ферм и при интенсивном последующем использовании рекультивируемых земель. На участках рекультивируемых земель, удаленных от животноводческих ферм, в период биологической рекультивации внесение органических удобрений может быть заменено заашкой зеленой массы на второй год возделывания.

На участках с небольшим по мощности нанесенным плодородным слоем почв заашка сидератов рекомендуется на 2-й и 4-й годы возделывания бобовых многолетних трав.

Посевы зерновых культур рекомендуется вводить на участках с нанесенным плодородным слоем почв только после 3 – 4 лет возделывания злаково-бобовых травосмесей.

При биологической рекультивации под кормовые угодья в целях создания мощного дернового слоя на территориях, сложенных потенциально-плодородными породами, возделывание мелиоративных культур рекомендуется в течение 8 – 10 лет, с заашкой зеленой массы в качестве органических удобрений на 2-й и 4-й годы.

Возделывание пропашных культур, и особенно корнеплодов, в период биологической рекультивации не допускается в связи с относительно меньшими урожаями этих культур, относительно большим выносом питательных веществ и особенностями агротехники их возделывания, не способствующей интенсивному оструктуриванию нанесенного почвенного покрова.

На участках, подверженных эрозии почв, следует предусматривать ускоренное их залужение посевом лугопастбищных трав после возделывания в течение одного или двух лет покровных или предварительных культур с внесением повышенных доз минеральных и органических удобрений. На откосах отвалов и бортах карьеров, имеющих уклоны, близкие к уклонам естественного осыпания грунта, применяется гидропосев многолетних трав.

Состав и количество минеральных и органических удобрений, вносимых в различные периоды биологической рекультивации,

устанавливаются с учетом проектируемой продуктивности создаваемых угодий, высеваемых травосмесей на основании рекомендаций научно-исследовательских учреждений и зонального опыта возделывания сельскохозяйственных культур на нарушенных землях.

Как правило, в первый год биологической рекультивации следует проектировать «стартовое» внесение минеральных удобрений из расчета 1,5 – 2 нормы, рекомендуемой на целинопрофильных почвах. В последующие годы внесение минеральных удобрений рекомендуется из расчета зональных норм [7].

Известкованию подлежат в обязательном порядке кислые минеральные почвы с $pH < 5$ и торфяные с $pH < 4,5$. Минеральные почвы с $pH > 5$ и торфяные почвы с $pH > 4,5$ подлежат известкованию в соответствии с зональными рекомендациями при возделывании кальциелюбивых культур.

Нормы и технология внесения известковых материалов, периодичность известкования (фосфоритования) принимаются в соответствии с зональными рекомендациями в зависимости от механического состава и показателей кислотности потенциально-плодородных пород и плодородного слоя почв с учетом требований возделываемых культур.

Технология обработки почвы, посева и возделывания сельскохозяйственных культур устанавливается с учетом зональных рекомендаций и особенностей нарушенных земель.

В связи с резким дефицитом влаги на нарушенных территориях, более быстрым сдуванием и таянием снега, особенно на внешних отвалах, необходимо предусматривать агротехнические и лесомелиоративные мероприятия по снегозадержанию и сохранению влаги. При установлении технологии производства работ по биологической рекультивации необходимо учитывать более ранние сроки высева сельскохозяйственных культур, чем на целинопрофильных почвах естественного рельефа.

В проекте биологической рекультивации даются рекомендации по использованию рекультивированных площадей в хозяйственный период,

указываются вводимые на них севообороты, сенокосообороты, пастбищеобороты, прогнозируется урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур и рассчитываются показатели валовой и товарной продукции, валового и чистого дохода от использования рекультивируемых земель в рекомендуемых севооборотах, сенокосооборотах и пастбищеоборотах.

Лесные насаждения на рекультивируемых землях создаются следующих типов:

- сплошные насаждения хозяйственно-ценными хвойными и лиственными породами;
- сплошные насаждения временного типа древесными породами, способными фиксировать атмосферный азот, с последующей поэтапной их заменой на хозяйственно-ценные породы;
- полосные и сплошные насаждения на выположенных или террасированных откосах, имеющие противоэрозионный характер;
- насаждения по бровкам отвалов и карьеров, водозадерживающих валов, водопоглощающих канав, водоемов и т.д.;
- полевые защитные и водорегулирующие лесные полосы;
- насаждения рекреационного типа.

Период лесохозяйственной рекультивации принимается равным периоду развития лесных культур до смыкания кроны. Интенсификацию роста хозяйственно-ценных лесных культур следует осуществлять путем введения в культуры древесных пород азотонакопителей и возделывания в междурядьях в качестве сидератов многолетних бобовых культур (донник, люпин и т.д.), имеющих мелиоративное значение.

На участках, отводимых под облесение, проводится безотвальное рыхление, а в ряде случаев – предпосадочная обработка почв или грунтов по системе чистого и сидерального¹ пара. При организации на отвалах садов и

¹ Сидеральный пар – паровое поле севооборота, занимаемое в 1-ю половину лета растениями-сидератами, которые затем запахивают в почву как зеленое удобрение

ягодников почвенный слой вносится в посадочные ямы или траншеи. Наиболее пригодны на отвалах низкорослые формы плодовых деревьев.

Породный состав насаждений, нормы внесения извести, «стартовых» доз минеральных удобрений устанавливаются с использованием результатов научно-исследовательских работ в этой области и зонального практического опыта создания насаждений в различных условиях. Принятая технология работ с указанием их видов, норм высева семян, внесения органических и минеральных удобрений, извести по годам биологической рекультивации как при сельскохозяйственном, так и при лесохозяйственном последующем использовании отражается в проектных материалах [7].

Виды работ при проведении биологического этапа рекультивации необводненных карьеров представлены в таблице 12 [3, 7].

Таблица 12 – Состав процессов при выполнении работ на биологическом этапе рекультивации

Вид работы	Основные агротехнические и технологические требования	Применяемые машины
Дополнительное выравнивание и планировка после завершения осадок поверхности	Ликвидация возвышений и понижений в целях равномерного распределения выпадающих осадков и недопущение вымочек	Выравниватель-планировщик навесной к трактору 1,4 т (МТЗ) ВПН-5,6
Внесение химических мелиорантов	Виды и дозы внесения устанавливаются на основании анализов почв, выполняемых агрохимлабораторией	Комплекс машин по транспортированию, разбрасыванию и заделке химических мелиорантов в почву. Разбрасыватели удобрений
Комплекс работ по первичному освоению с посевом злакобобовых многолетних трав на 2 – 3 года: - внесение удобрений - предпосевная обработка с заделкой удобрений	В установленные сроки и с учетом запасов питательных веществ в почве На глубину 0,1 м	Плуги дисковые и зубовые бороны, культиваторы

Продолжение таблицы 12

Вид работы	Основные агротехнические и технологические требования	Применяемые машины
Посев травосмесей	В соответствии с нормами высева после протравливания семян	Сеялки травяные и лугопастбищные с междурядьями 7,5 или 15 см
Уход за посевами (рыхление, борьба с сорняками, орошение)	По мере необходимости; при образовании корки	Культиваторы, бороны игольчатые
Уборка	Злаковые – в фазе выколашивания; бобовые – в начале цветения	Косилки, валкообразователи, грабли-ворошилки, подборщики, погрузчики и прочие машины
Введение специального переходного севооборота (на 5 – 9 лет)	В соответствии с агротехникой каждой культуры, принятой в севообороте	Комплексы сельскохозяйственных машин в соответствии со спецификой возделываемых культур
Введение зонального севооборота, характерного для региона	-	-

Контрольные вопросы

1 Дайте определение таким понятиям: вскрышные породы, внешние и внутренние отвалы, отходы обогащения, необводненные карьеры, обводненные или подтопленные карьеры, гидроотвалы.

2 Что должны обеспечивать технологические схемы производства открытых горных работ?

3 Где, как правило, размещают отвалы горных пород?

4 Что необходимо учитывать при выборе места размещения отвалов?

5 Какими должны быть отвалы по высоте, рельефу, углам откосов, форме?

6 Какие основные требования предъявляются к снятию и сохранению плодородного слоя почвы?

7 Какие основные требования предъявляются к составу вскрышных пород в отвалах?

8 Каким образом используют плодородные, малоплодородные и непригодные породы?

9 Какие основные требования предъявляются к техническому этапу рекультивации при формировании горно-промышленных ландшафтов?

10 Какова должна быть мощность корнеобитаемого слоя для пашни, сенокосов, многолетних насаждений, лесных насаждений?

11 Чем определяется мощность и структура рекультивационного слоя?

12 Дайте характеристику природно-техногенным условиям, определяющим направления использования рекультивированных земель.

13 В чем заключаются особенности рекультивации территории карьеров при сельскохозяйственном направлении использования?

14 Опишите необходимость и требования к выполнению откосов карьера.

15 Когда и каким образом осуществляют устройство берм?

16 В чем заключаются особенности рекультивации территории карьеров при лесохозяйственном направлении использования?

17 В чем заключаются особенности рекультивации земель, проводимой в природоохранных, санитарно-гигиенических целях и под застройку?

18 Каковы требования и методические указания к биологическому этапу рекультивации?

5 Рекультивация территории карьеров добычи камня

5.1 Рекультивация и обустройство подошвы выработки и складских площадок

При добычи камня рекультивация выработанного пространства карьеров и поверхностей отвалов из скальной породы требует выполнения специальных предварительных мероприятий, так как скальные грунты и конгломераты не пригодны для биологической рекультивации по физическим свойствам.

Карьер по добычи камня – серьезное вторжение в структуру ландшафта, полностью изменяющее природные условия и оставляющие после себя многочисленные и большей частью очень заметные раны в природном балансе и внешнем виде ландшафта.

В процессе добычи камня образуются насыпи из вскрышных (поверхностный слой месторождения) пород, непригодных для производственных целей. Эти породы можно разделить на плодородный слой почвы и материнскую породу или выветренные скальные породы, снимаемые при выполнении вскрышных работ. Верхний почвенный слой должен быть сохранен и складирован во временные отвалы [1, 3].

На некоторых горнодобывающих предприятиях в отвал отправляют отсев, а также другие производственные отходы, добытые в месторождении, непригодные для товарного использования. Объемы и доля вскрышных работ и производственных отходов в объеме добычи непостоянны и изменяются по мере разработки месторождения, однако их можно предварительно рассчитать, чтобы определить размеры отвалов временного их хранения и окончательного формирования рельефа местности в процессе рекультивации.

При рекультивации земель, нарушенных карьерами добычи камня, создание рекультивационного слоя в зоне подошвы выработки,

производственных и складских площадок, а также в зоне образовавшихся склонов достаточно сложны.

Подошва выработанного пространства в карьерах скального грунта, а также уплотненные в процессе производства горных работ и движения транспортных средств производственные и складские площадки непригодны для озеленения без предварительного проведения земляных работ по их рекультивации. В связи с этим перед планомерной высадкой саженцев древесно-кустарниковой растительности в пределах подошвы карьера, производственных и складских площадок, освобожденных от временных строений и складированного материала, отсыпают слой рыхлых вскрышных пород толщиной не менее 1 м и плодородный слой почвы – не менее 0,1 м.

Для погрузки в автосамосвалы вскрышных пород и почвенного грунта из временных отвалов используют одноковшовые экскаваторы. Доставляемый автосамосвалами вскрышной и почвенный грунт поочередно разравнивают бульдозерами по рекультивируемой поверхности [1, 3].

5.2 Рекультивация и обустройство склонов скальной выработки

При выемки скального грунта его периодически предварительно рыхлят буровзрывным способом, в отдельных случаях – механической распиловкой более слабых (известняки, известняки-ракушечники, мрамор) горных пород на отдельные блоки. Независимо от способа рыхления скального грунта после завершения работ в карьере остаются крутые склоны. При обустройстве таких склонов придавать им пологую форму необязательно. Примером их обустройства могут служить отвесные скалы, оставляемые после выемки камня. Однако крутизна оставляемого откоса зависит от прочностных характеристик горных пород, слагающих склон. Должна быть

Если в процессе разработки месторождения эти условия не были выдержаны, то устойчивое положение склонам придают, выполаживая их, проводя дополнительные земляные работы буровзрывным способом (рисунок 23).

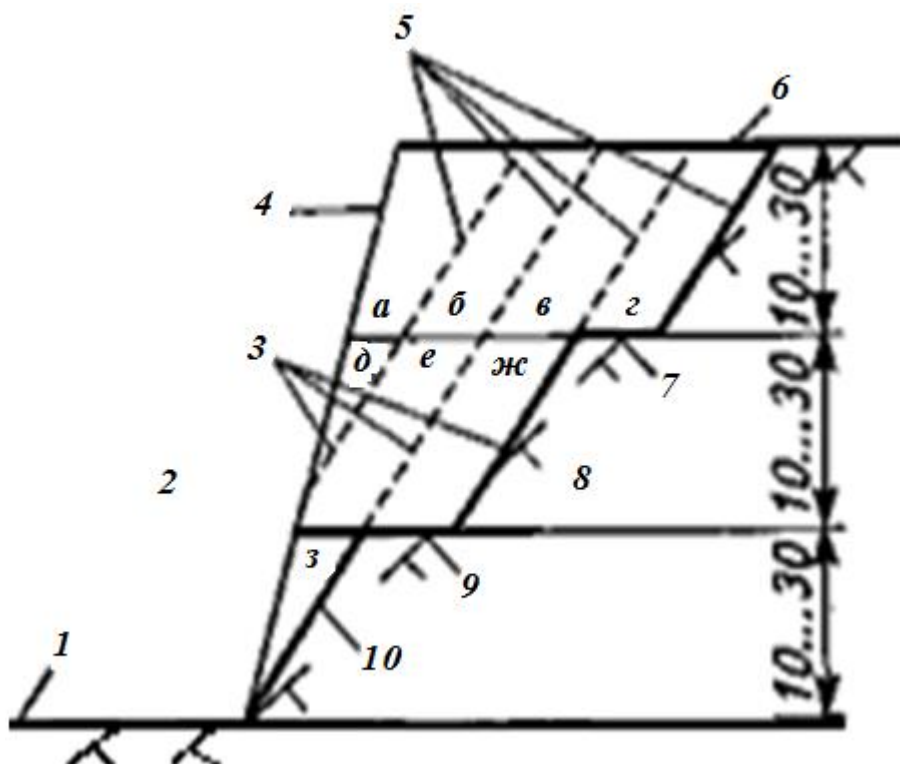


Рисунок 23 – Пример формирования устойчивого склона в скальных породах (размеры в м)

После того как будет сформирован устойчивый скальный склон, его начинают обустраивать, ссылая сверху на его поверхность вначале мелкозернистые минеральные породы, а затем плодородную почву из временных внешних отвалов, которые были размещены на верхних отметках вблизи карьера при производстве вскрышных работ. При падении часть грунта задерживается на уступах и неровностях рекультивируемого склона, создавая условия для естественного распространения травянистой и древесно-кустарниковой растительности. Для ускорения и планомерного достижения этой цели можно использовать гидропосев семян и внесение химических удобрений, а также других питательных веществ. Для выполнения этих работ применяют гидросеялки, используемые в мелиоративном, гидротехническом и дорожном строительстве [1, 3].

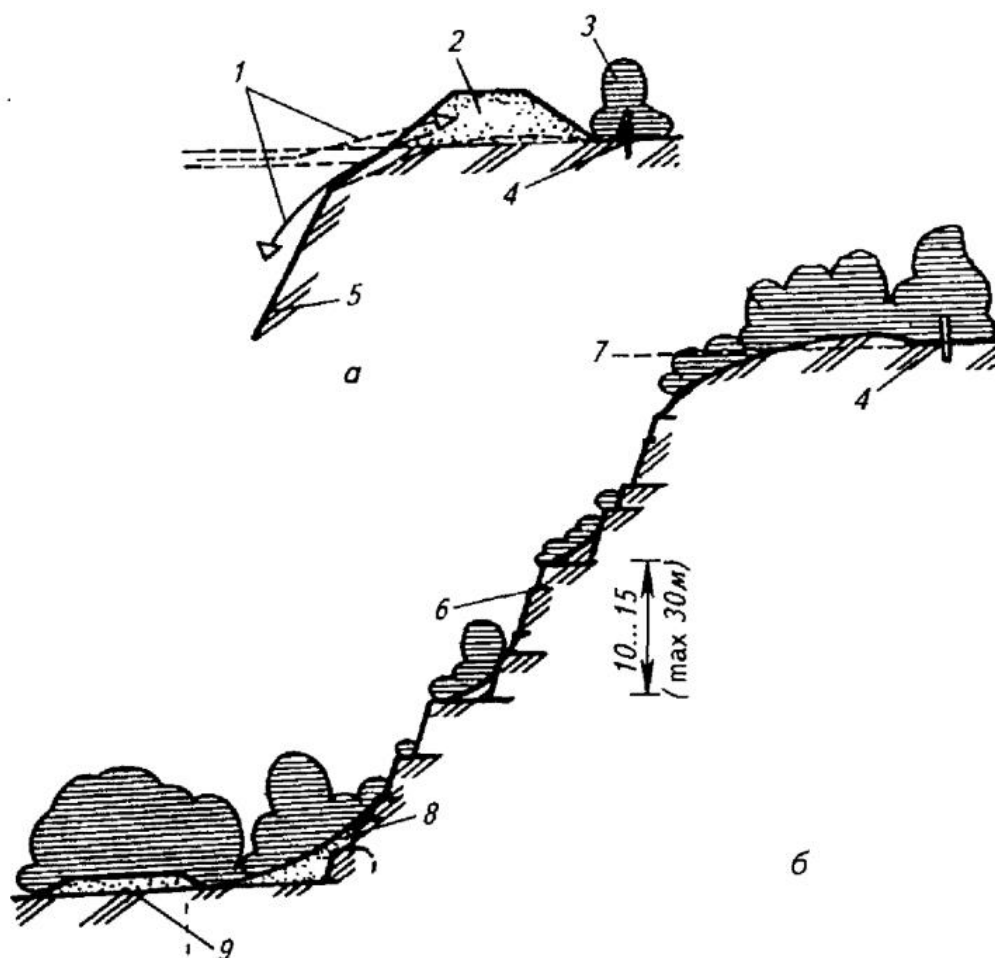
Наряду с сельскохозяйственным и лесохозяйственным целевым использованием нарушенных земель необходимыми карьерами их также можно использовать и для других целей – для создания спортивных и игровых площадок, устройства кемпингов и отвода участков под строительство.

Схема обустройства склонов карьера после выработки камня показана на рисунках 24, 25.

Использование выработанного пространства карьеров после добычи камня для водохозяйственных целей проблематично из-за непостоянства уровня воды в них после их затопления и опасных отвесных берегов.

Не исключается и обратная засыпка выработанного пространства карьеров неопасными с точки зрения загрязнения материалами, например отвальными породами, образующимися при проходке тоннелей метрополитена или другого назначения, безопасными строительными отходами после слома домов и другими безвредными материалами. После заполнения карьера этими материалами формируют верхний рекультивационный слой, отсыпaeмый из минерального потенциально-плодородного грунта толщиной до 0,5 м и почвенного – не менее 0,15 м, с

последующей рекультивацией территории для сельскохозяйственного или иного использования [1, 3].



а – схема перемещения вскрышного грунта; б – обустройство склона;
 1 – направления перемещений грунта при вскрытии карьера и обустройстве
 склона; 2 – временный отвал почвенного слоя грунта; 3 – защитные
 насаждения; 4 – ограждение; 5 – склон выработки; 6 – устойчивая стенка
 склона; 7 – закругленная верхняя кромка выработки с насыпанным верхним
 слоем почвы и посаженными защитными насаждениями; 8 – насыпной грунт;
 9 – подошва выработки покрытия мелкозернистой почвой для посадки
 деревьев и кустарников.

Рисунок 24 – Пример обустройства склона выработки скального грунта
 (размеры в м)



Рисунок 25 – Территория до и после рекультивации

Контрольные вопросы

- 1 Чем отличается рекультивация карьерных выработок, образованных при добыче нерудных материалов и скальных пород?
- 2 Каким образом проводится рекультивация и обустройство подошвы выработки и складских площадок?
- 3 Каким образом проводится рекультивация и обустройство склонов скальной выработки?

6 Рекультивация и обустройство обводненных карьеров

К землям водохозяйственного направления рекультивации относятся в основном остаточные или не полностью заполненные отвалами карьерные выемки, в которых создаются водоемы различного назначения:

- водохранилища и водоемы для промышленности, сельского хозяйства и водоснабжения;
- водоемы для рыбохозяйственных и рекреационных целей;
- резервуары охлаждения воды для промышленности;
- бассейны для нейтрализации и осадочные резервуары для промышленности (по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой).

В проектах рекультивации карьерных выемок следует предусматривать комплексное использование водоемов преимущественно для водоснабжения, орошения, рыбоводческих и рекреационных целей. При этом рекомендуется использовать мелкие (1,5 – 5 м), неглубокие (5 – 15 м) и среднеглубокие остаточные карьерные выемки, борта и днища которых сложены нетоксичными породами и где имеется возможность их затопления.

При использовании карьерных выемок и траншей для создания водоемов должны быть решены следующие вопросы:

- возможность и целесообразность затопления остаточных выемок;
- мероприятия по обеспечению устойчивости бортов и борьбе с абразией берегов создаваемого водоема;
- обеспечение благоприятного химического состава воды;
- благоустройство территории и озеленение откосов [1, 7, 16].

Проектом должно предусматриваться строительство соответствующих гидротехнических сооружений, необходимых для затопления карьерных выемок и поддержания в них расчетного уровня воды. Объем воды должен быть достаточным для покрытия потерь на фильтрацию, испарение и

полезное потребление. При подготовке выемок к затоплению предусматриваются меры по предотвращению оползней бортов и поддержанию благоприятного режима и состава воды в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями. Выходы пластов, склонных к самовозгоранию в зоне переменного уровня и выше уровня воды, должны засыпаться слоем глинистых пород или экранироваться другими способами. При заполнении водоема предусматриваются мероприятия по предотвращению попадания в них кислых или щелочных подземных вод.

Откосы надводной части водоемов в зоне волновой переработки берегов должны выполняться до углов естественного откоса грунта в состоянии полного водонасыщения. При наличии неустойчивых или размываемых грунтов береговая полоса водоема должна быть укреплена специальным покрытием. Водоемы должны иметь защиту дна и берегов от возможной фильтрации. В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями глубина воды в водоеме должна быть не менее 1,5 м. В прибрежной полосе создается мелководная зона шириной 30 – 50 м с постепенным увеличением глубины от 1,5 до 4 – 8 м. Длина этой зоны должна быть не менее 40 % общей протяженности береговой линии. Мелководная зона выравнивается и покрывается слоем плодородных пород (черноземом или дерново-луговыми почвами) не позднее, чем за 1 – 2 года до затопления. Пляжную полосу выполняют с уклоном 1 : 7 до глубины 1,7 м.

Помимо перечисленных при создании водоемов для занятий спортом и отдыха необходимо удовлетворение следующих требований:

- глубина водоема и химико-бактериологический состав вод должны удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям к местам отдыха;
- ложе водоема должно быть освобождено от крупных кусков пород, металлического лома и других посторонних предметов;
- откосы бортов карьера должны быть выложены до устойчивого состояния или закреплены от разрушающего действия волны;

- пляжные участки должны иметь ширину до 30 м, остальная прибрежная полоса подлежит озеленению;
- при глинистых грунтах необходима искусственная подсыпка песчаными грунтами;
- устройство подъездов, площадок, водозаборных и водосборных сооружений, проведение противозерозионных и противооползневых мероприятий [1, 7, 16].

Организация, проектирование, строительство и эксплуатация зон рекреации водных объектов для организованного массового отдыха и купания должны осуществляться в соответствии с ГОСТ 17.1.5.02-80 «Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов» [16].

6.1 Водный режим и глубина водоема

Места мокрой выемки грунта – это затопляемые водой карьеры, в которых грунт добывают с глубин, расположенных ниже уровня грунтовых вод (рисунки 26 – 29).

Затопленные карьеры после прекращения добычи в них полезных ископаемых и нерудных материалов, будучи заброшенными, представляют собой опасность, и их интеграция в ландшафт силами самой природы происходит чрезвычайно медленно. Рекультивация и обустройство затопленных карьеров ускоряют процесс интеграции их в природную среду и позволяют уменьшить негативное их воздействие на ландшафт и превратить нарушенные территории в среду обитания животных, растений и в прекрасное место отдыха человека.



Рисунок 26 – Черемшанский карьер



Рисунок 27 – Меловые карьеры



Рисунок 28 – Затопленный карьер (Кривой рог. Украина)



Рисунок 29 – Затопленный карьер (после добычи алмазов)

Грунтовые воды в затопленных карьерах после завершения в них горных работ переходят в разряд поверхностных или озерных вод, качество которых с санитарной точки зрения можно считать безупречным.

Глубина карьера формируется в процессе добычи полезных ископаемых или нерудных материалов и определяется уровнем залегания полезных ископаемых или нерудных материалов и способом их добычи. Разработку горных пород в обводненных карьерах ведут механизированным, гидромеханизированным и комбинированным способами. *Механизированный способ* позволяет вести разработку горных пород до глубины 5 – 6 м, *гидромеханизированный* – до 18 – 20 м. При *комбинированном способе* разработку горных пород, расположенных выше уровня грунтовых вод, – ведут механизированным способом, ниже уровня грунтовых вод ведут землесосными снарядами, что способствует образованию достаточно глубоких обводненных карьеров.

Для водохозяйственного использования обводненных карьеров вода в них должна отвечать рыбохозяйственным и санитарно-эпидемиологическим нормам.

Площадь зеркала водной поверхности в рекультивируемых карьерах должна быть не менее 5 га для купален и не менее 10 га – для рыбоводства и спортивного рыболовства. Для целей рекреации и поддержания процессов саморегенерации в водных объектах благоприятными глубинами считают от 0,5 до 2 м и более, общая площадь акватории с такими глубинами должна составлять около 80 %.

Поддержание качества воды во вновь создаваемых водных объектах со временем становится проблемой. Поэтому в состав работ технического этапа рекультивации и обустройства водоема необходимо включать мероприятия, направленные на уменьшение поступления загрязняющих веществ или их консервацию на подступах к водному объекту [1, 3, 7, 16].

Качество воды часто страдает не только от количества загрязняющих веществ, поступивших в водный объект, но и от общего избытка

питательных веществ (биогенов), поступивших извне, либо вследствие подкормки рыб и большого скопления водоплавающих птиц. Мелкие водоемы быстро загрязняются и зарастают йодными растениями, становясь непригодными для использования.

Не менее важны требования, предъявляемые к форме водного объекта в плане и очертанию его береговых склонов.

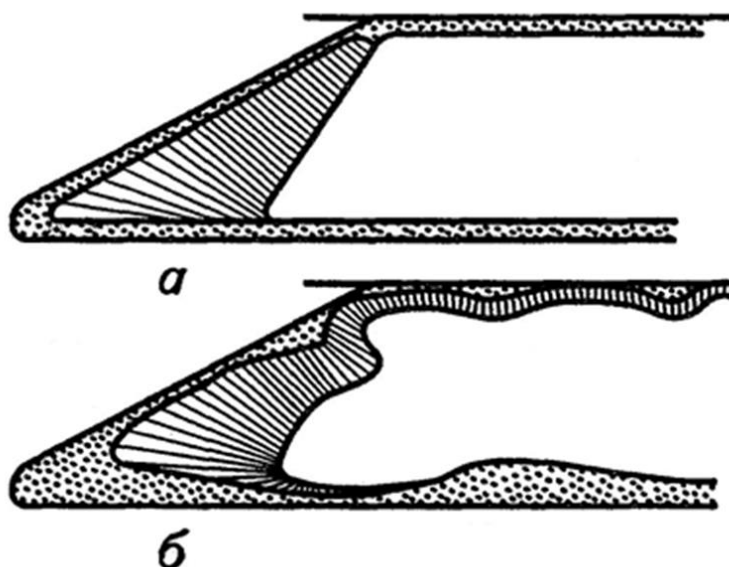
6.2 Требования к форме, размерам и берегам при обустройстве водоемов

Чем больше размеры карьера, тем больше возможностей для последующего использования его как водного объекта. В небольших водных объектах, площадью до 5 га, вероятен экологический дисбаланс, и их рекультивация менее эффективна по сравнению с рекультивацией крупных обводненных карьеров.

Формирование ландшафта будущего водного объекта зависит от придаваемой в плане формы карьерной выработки. Из условия удобства карьерам стараются придать прямолинейную форму (рисунок 30, а).

При глубоком залегании грунтовых вод после выемки горных пород образуются протяженные сухие береговые склоны, недостаточно устойчивые к эрозионным процессам. Внешний вид таких береговых склонов и форма их очертания плохо удовлетворяют условиям формирования ландшафта водного объекта. После прекращения добычи полезных ископаемых или нерудных материалов в таких карьерах необходимо придание овальных форм береговой линии и устройство плавных плоскостей береговых склонов (рисунок 30, б). Очертание береговых склонов определяется их устойчивостью и целевым использованием создаваемого водного объекта.

Для обеспечения устойчивости береговых склонов необходимо их выполаживание. Крутые береговые склоны менее устойчивы и более подвержены эрозионным процессам, затруднено их озеленение. Пологие склоны желательно создавать в процессе добычи полезных ископаемых. Любая доработка по превращению крутых склонов в пологие ведет к увеличению стоимости рекультивации нарушенных земель. Особенно трудно дорабатывать береговые склоны, расположенные ниже уровня воды.

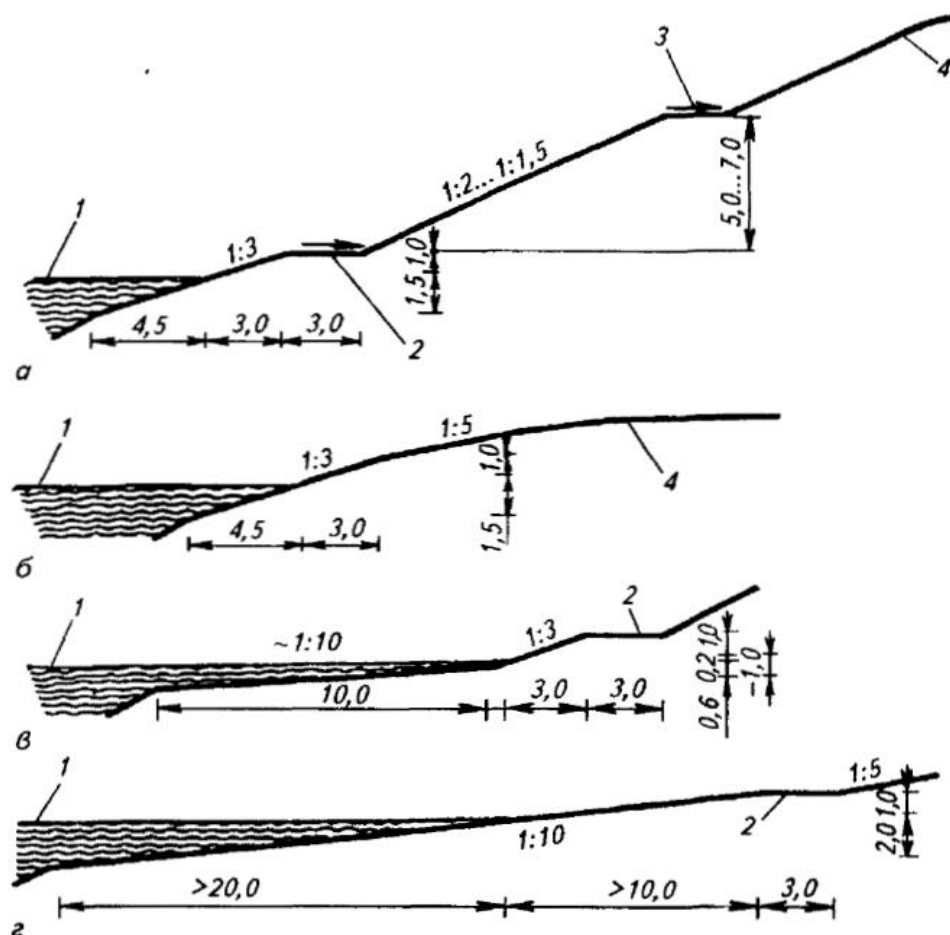


- а – прямолинейная форма карьерной выработки в плане после завершения добычи полезных ископаемых или нерудных материалов;
б – формирование извилистой береговой линии в процессе технического этапа рекультивации обводненного карьера.

Рисунок 30 – Карьерные выработки

На форму очертания береговых склонов также влияет планируемое целевое использование, например, для водного объекта или его части, предназначенных для купания и отдыха, рекомендуется создавать более пологие склоны, а для рыбной ловли, гребно-парусного спорта – более крутые [1, 3, 7, 16].

Возможные профили береговых склонов, искусственно создаваемых в карьерах водных объектов с учетом последующего их целевого использования, показаны на рисунке 31.



а – высокий береговой склон водного объекта, образованного в глубоких обводненных карьерах; б – невысокий береговой склон водного объекта, образованного в неглубоком обводненном карьере; в – мелководный участок берегового склона для нужд рыбоводства; г – пляжный участок берегового склона; 1 – уровень воды в водном объекте; 2 – берма для размещения окружной дороги; 3 – промежуточная берма; 4 – плавное сопряжение склона с рельефом местности.

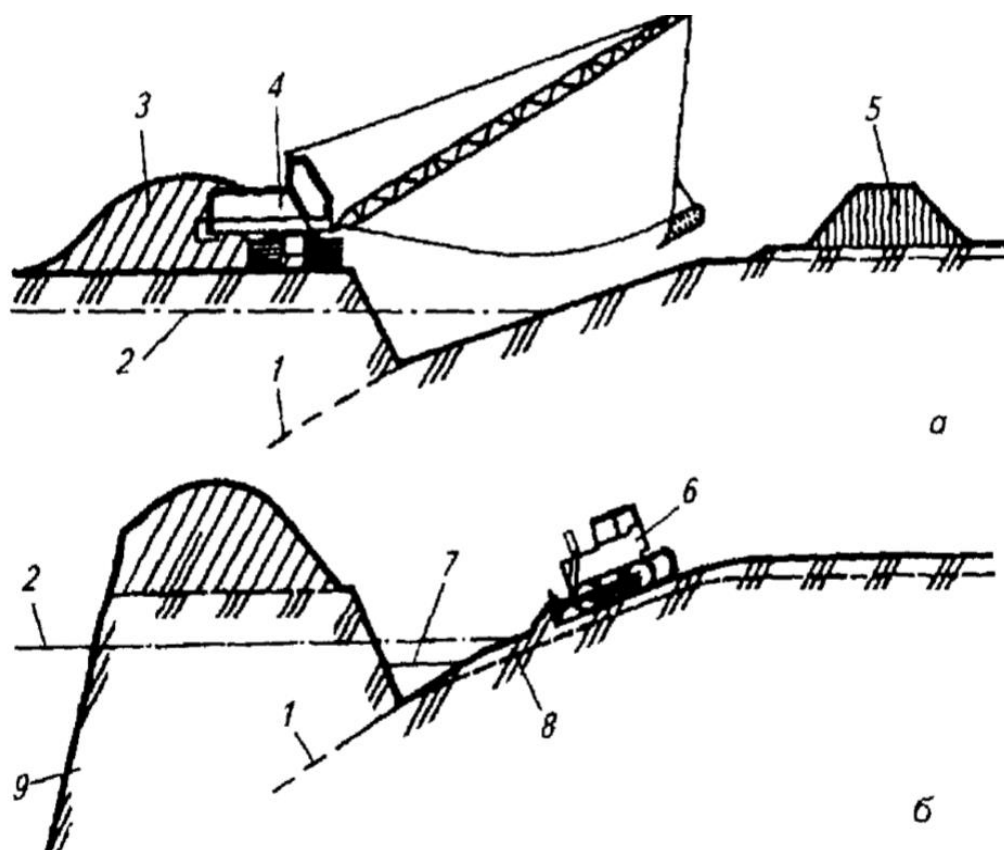
Рисунок 31 – Профили береговых склонов водных объектов, образуемых в карьерах (размеры в м)

На границе водного пространства береговые склоны должны быть особенно пологими, чтобы предотвратить несчастные случаи на воде и обеспечить благоприятные условия для развития прибрежной растительности, которая снижает эрозионные процессы и закрепляет берега. Крутизна береговых склонов в таких местах должна быть не менее $m = 3 - 10$, обеспечивая глубину воды в прибрежной зоне от 0,5 до 2 м. На большей глубине подводные береговые склоны могут иметь большую крутизну, оставаясь устойчивыми длительное время.

Выше уровня воды в неглубоких карьерах береговой склон переходит в берму, шириной не менее 3 м на высоте не менее 1 м над максимальным уровнем воды [1, 3, 7, 16].

При формировании береговых склонов с приданием им проектных размеров в зависимости от последующего использования создаваемого водного объекта горные породы в пределах береговой зоны вынимают экскаваторами, перемещая их в рабочую зону (забой) землесосного снаряда (рисунок 32).

Склоны, которым придана окончательная форма, покрывают слоем почвенного грунта, снятым перед началом разработки карьера. Грунтом покрывают и подводные склоны в местах высадки водной растительности.



а – формирование пологого откоса экскаватором; б – нанесение слоя почвенного грунта перед повышением уровня воды; 1 – формируемый пологий откос; 2 – уровень грунтовых вод; 3 – вынутый минеральный грунт при формировании пологого откоса экскаватором; 4 – экскаватор; 5 – временный кавальер почвенного грунта; 6 – бульдозер; 7 – частичное понижение уровня грунтовых вод в пределах забоя экскаватора; 8 – нанесение слоя почвенного грунта на сформированный откос; 9 – часть грунтового массива, разрабатываемого земснарядом.

Рисунок 32 – Формирование пологих береговых склонов при выемке горных пород землесосами в мокрых карьерах

6.3 Формирование береговой растительности искусственных водоемов

После завершения формирования береговых склонов и создания на них рекультивационного слоя проводят работы по озеленению. Для обеспечения продолжительной защиты склонов от разрушения и восстановления полноценной и устойчивой природной среды сажают водные растения, тростник, кустарники и деревья. Главное растительный покров расположить правильно; это будет способствовать поддержанию чистоты воды в водоеме и достижению живописного и разнообразного расчленения прибрежной территории.

В зависимости от размеров береговых склонов и сезонного колебания уровня воды можно выделить *четыре пояса*, каждый из которых характеризуется различными размерами (определяются природными условиями конкретного объекта рекультивации), условиями для развития прибрежной растительности:

1 *Подводный пояс* – постоянно покрытый водой береговой склон.

2 *Пояс переменного уровня* – периодически затопляемый водой береговой склон, степень увлажненности которого зависит от сезонного колебания уровней воды и наката волн.

3 *Первый надводный пояс* – береговой склон, находящийся выше максимального уровня воды. Его почвы находятся под влиянием воздействия капиллярного поднятия грунтовых вод, но недостигаемы воздействию наката волн.

4 *Второй надводный пояс* – береговой склон, находящийся выше первого надводного пояса и вне влияния грунтовых вод. Источник воды – атмосферные осадки [1, 3].

В поясе переменного уровня воды для создания условий биологической регенерации водоема, естественной защиты берега от наката волн и

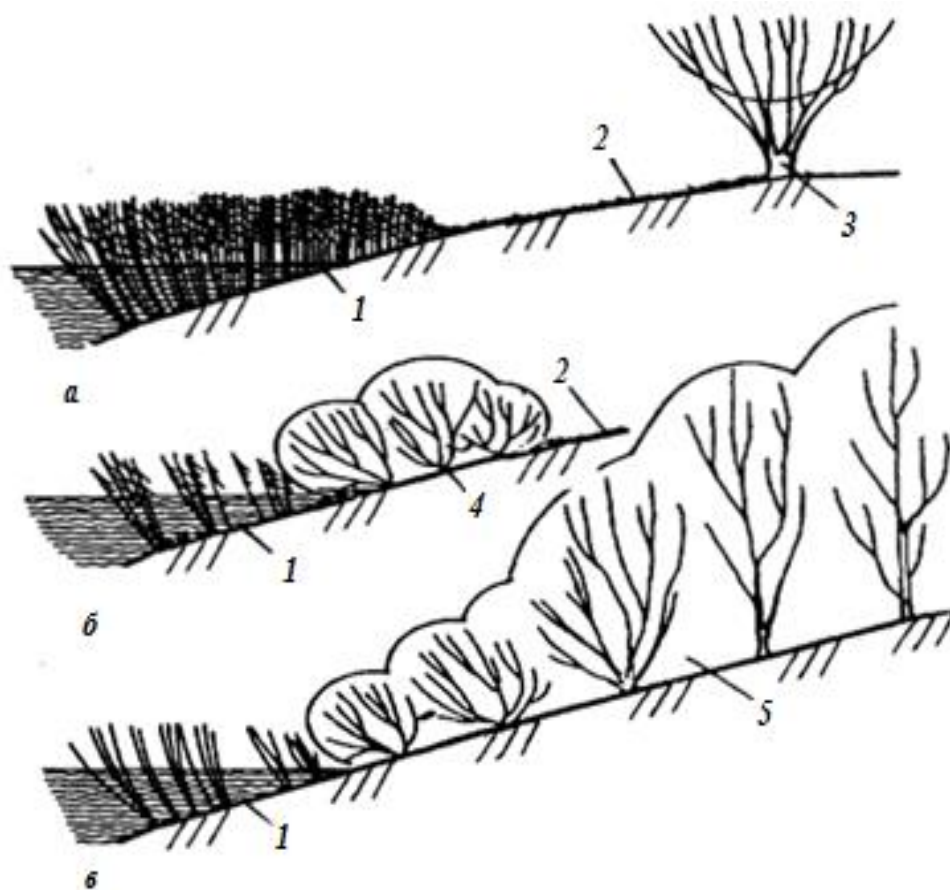
формирования среды обитания для болотных и водоплавающих птиц, высаживают полосу тростника, ширина которой зависит от крутизны берегового склона. Чем более пологий склон, тем более широкую полосу тростника формируют. Тростник высаживают у самой кромки воды на узкой прибрежной полосе, а оттуда тростник распространяется в обе стороны, но более интенсивно – в сторону воды.

Береговой склон, расположенный выше уровня воды закрепляют инженерно-биологическим способом: укладка в виде выстилок хворостяных прутьев с последующей присыпкой слоем почвенного грунта. Хворостяные прутья прорастают, образуя заросли прибрежного ивняка.

Береговой склон, расположенный выше зоны прибрежного ивняка, крепят *залужением* – посевом трав по слою почвенного грунта и посадкой отдельных деревьев. При недостаточном количестве питательных веществ в почвах, образованных после разработки песчаных и гравийных карьеров, низкое расположение уровня грунтовых вод ограничивает выбор видового состава. В качестве посадочного материала используют саженцы дуба и березы. Водой в этом поясе растения снабжаются лишь за счет поверхностных вод, образующихся атмосферными осадками [1, 3, 7, 16].

Примеры закрепления береговых склонов озеленением показаны на рисунке 33.

Не все водные объекты могут служить для купания, а также других видов отдыха на воде: любительского рыболовства, гребли, парусного спорта и т.д. Только крупные водные объекты площадью более 30 га позволяют, например, заниматься парусным спортом или допускают параллельно водный спорт и рыбную ловлю. В любом случае нельзя превращать водоем исключительно в место только для купания.



а, б и в – при рекультивации неглубоких, средней глубины и глубоких обводненных карьеров; 1 – тростник; 2 – дернина; 3 – отдельные деревья; 4 – ивняк; 5 – древесно-кустарниковые насаждения

Рисунок 33 – Примеры закрепления береговых склонов озеленением

Обязательно следует создавать участки берега с растительным покровом: они выполняют регенерационную роль; позволяют искусственный водный объект приблизить к естественному виду.

Важнейшее условие пригодности водного объекта для купания – безупречное качество воды. Его постоянно контролируют органы здравоохранения. В компетенцию органов надзора входит выдача и изъятие разрешений на использование водных объектов для купания. Необходимые условия для организации купания: надлежащий надзор; достаточное

количество санитарных сооружений; наличие свободного пространства и места для стоянки автомобилей.

Берега в местах купания должны быть пологими. Должны быть созданы широкие зоны мелководья перед пляжем, рассчитанные на людей, не умеющих плавать, и для детских игр. Такие пологие откосы сооружают до глубины 2 м. Зоны купания людей, не умеющих плавать, четко огораживают.

Предпочтительнее располагать пляж на северном берегу, как на наиболее солнечном месте.

При хорошем качестве песка устраивают широкие пляжи. Предела их ширине нет. Разнообразная форма этой зоны создает возможности для разных видов отдыха и позволяет более интенсивно использовать территорию.

То же самое касается и прилегающих к водоему лужаек для отдыха, а также зон для игр. Здесь учитываются такие требования, как защита от ветра, создание затененных мест, тихих лужаек, открытых площадок для игр с мячом и т.п. Целесообразно проложить четкую границу между пляжем и газоном, например дорожку. Прокладку остальных дорожек сводят до минимума.

Все искусственные насаждения, создаваемые вокруг рекультивируемого объекта, требуют на начальной стадии их развития защиты от вандализма.

Надо определиться, до какого предела можно использовать водный объект в целях отдыха, сколько можно предусмотреть причалов для лодок, открытых площадок, прибрежных зон, стоянок для автомобилей [1, 3, 7, 16].

Надо предвидеть, какую техногенную нагрузку может выдержать водный объект определенного размера без нанесения вреда качеству воды.

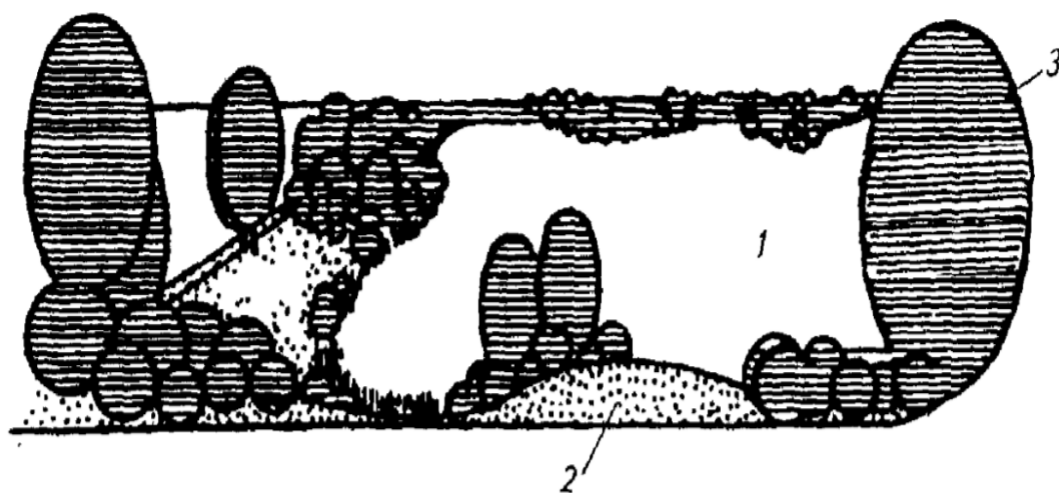
На площадь акватории водного объекта, используемого для купания, должно приходиться не менее 5 га; на площадь автомобильной стоянки – около 5 м². Одному посетителю необходимо 20 м² акватории и не менее 10 м²

открытых площадок. Протяженность пляжа должна составлять не более 1/3 берега.

Из 1000 посетителей в воде должно находиться 100. Пловцу требуется 3 м² акватории, не умеющему плавать – 1,5 м² [1, 3, 7, 16].

Для открытых купален действуют следующие нормы распределения территории, %: 65 – открытых площадок (лужайки для игр, отдыха); 10 – водной поверхности; 10 – стоянок и дорог; 10 – кустарниково-древесных насаждений; 5 – строительных сооружений (кабины для переодевания и т.д.).

На рисунках 34, 35 показан внешний вид водоема, созданного в карьере после проведения его рекультивации и обустройства территории.



1 – акватория водоема; 2 – залужение; 3 – кустарниково-древесная растительность.

Рисунок 34 – Внешний вид водоема, созданного в карьере после проведения его рекультивации и обустройства территории



Рисунок 35 – Территория до и после рекультивации

Контрольные вопросы

- 1 Что относится к землям водохозяйственного направления рекультивации?
- 2 Какие должны быть решены вопросы при использовании карьерных выемок и траншей для создания водоемов?
- 3 Каким требованиям должны соответствовать создаваемые водоемы?
- 4 Как осуществляется рекультивация в зависимости от водного режима, площади и глубины водоема?
- 5 Охарактеризуйте способы разработки горных пород в обводненных карьерах.
- 6 Каковы требования к форме, размерам и берегам при обустройстве водоемов?

7 Каким образом должна быть сформирована береговая растительность искусственных водоемов?

7 Рекультивация горных отвалов и гидроотвалов

7.1 Формирование и технический этап рекультивации горных отвалов

Отвалы — земляные насыпи, не имеющие делового назначения, образуемые отсыпкой грунта, разрабатываемого в выемках различного назначения.

Породные отвалы — насыпи, сформированные «пустыми» горными породами, некондиционными¹ [17] полезными ископаемыми и хвостами обогащения (рисунки 36, 37).

Необустроенные бесформенные, бросающиеся в глаза отвалы обезображивают пейзаж. Отвалы, сформированные токсичными горными породами, а также отходами производства и потребления, являются источниками распространения загрязняющих веществ и наносят серьезный ущерб окружающей среде.

¹ К некондиционным запасам твердых полезных ископаемых относятся:

- запасы полезных ископаемых в недрах, добыча и переработка которых не обеспечивает получение продукции соответствующего государственного стандарта Российской Федерации, стандарта отрасли, регионального и международного стандарта;

- запасы полезных ископаемых разрабатываемых месторождений, количество, качество, условия залегания, технологические свойства которых не отвечают требованиям технико-экономического обоснования действующих в рассматриваемый период постоянных разведочных или эксплуатационных кондиций на минеральное сырье, утвержденным в установленном порядке.



Рисунок 36 – Внешний отвал

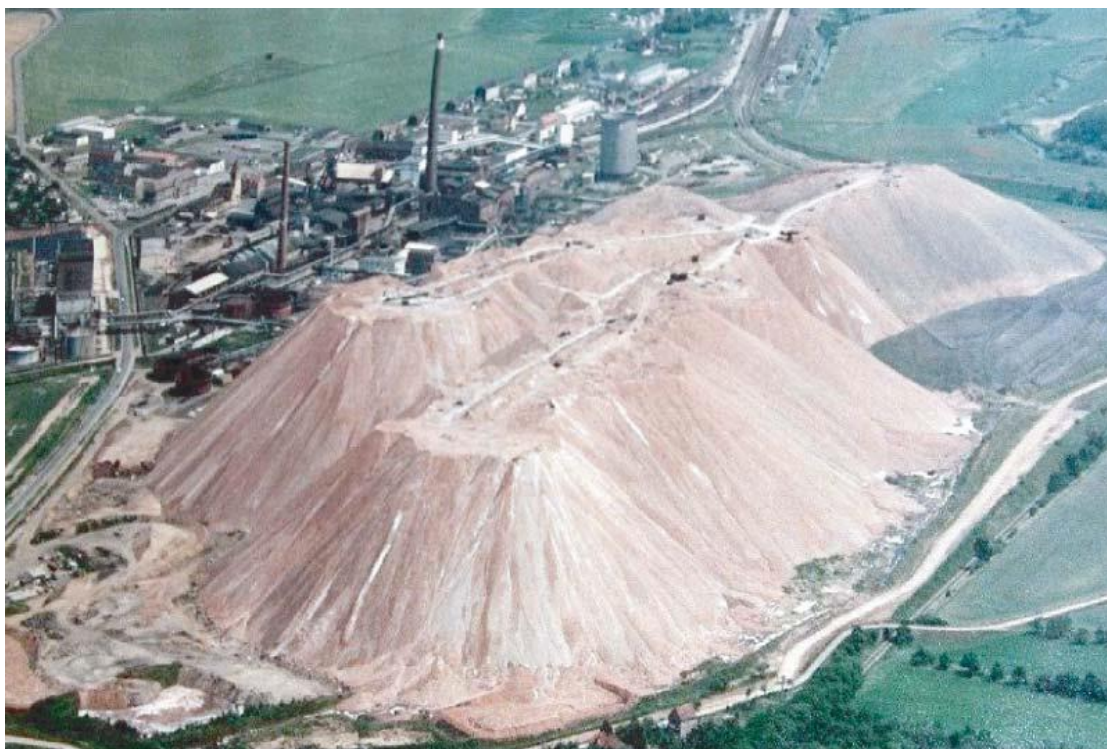


Рисунок 37 – Внешний отвал

Ущерб, наносимый ландшафту отвалами, можно предотвратить, если правильно выбрать место для их размещения и соответствующе обустроить их.

При любых обстоятельствах формированию отвалов горных пород должно предшествовать снятие верхнего слоя почвы в его основании. При этом желательно снимать не только гумусовую часть верхнего слоя почвы, но и подстилающую породу, пронизанную корнями растений, представляющую собой важный и ценный материал для последующей рекультивации. *Норму снятия плодородного слоя* почвы при производстве земляных работ устанавливают в соответствии с ГОСТ 17.5.3.06-95. Объемы снимаемой почвы обычно велики. Снимают верхний слой почвы и подстилающую породу отдельно, с учетом сохранения их во временных кавальерах для последующего использования.

При добыче полезных ископаемых образуются породные отвалы, которые необходимо располагать на участках, непригодных для хозяйственного использования (отработанные карьеры, балки, овраги и т.д.) в отдалении от жилых массивов и промышленных площадок. Желательная форма закладываемых породных отвалов – плоская. В понижениях рельефа без предварительного проведения защитных мероприятий против геохимической миграции загрязняющих веществ запрещается размещать отвалы, состоящие из *пиритизированных* (сульфидсодержащими) фитотоксичных пород.

Все породные отвалы должны позволять совмещать операции по доставке, разгрузке и разравниванию породы (в необходимых случаях – с уплотнением), обладать минимальным пылеобразованием, а также позволять проводить мероприятия против самовозгорания породы, т.е. отвечать санитарно-гигиеническим требованиям. Занимаемая ими площадь при высоте, гарантирующей их устойчивость, должна быть минимальной.

При размещении отвалов в оврагах и балках необходимо предусматривать сооружение земляных дамб и для отведения ливневых вод от

площадок отвалов – прудов-аккумуляторов. Водоотводные каналы и быстротоки, перепады (сопрягающие сооружения) строят для сброса воды из прудов.

Бывают одноярусные и многоярусные отвалы. Высоту многоярусных отвалов принимают до 40 м, а высоту каждого яруса — по 10 м.

Угол наклона межъярусных откосов к линии горизонта не должен превышать:

- для горных пород шахт – $30^{\circ} - 32^{\circ}$;
- для шлама обогатительных фабрик или при совместном складировании – $25^{\circ} - 28^{\circ}$.

Коэффициент устойчивости внешних откосов должен быть не менее 1,2.

Для работ по формированию отвалов используют бульдозеры, а при необходимости уплотнения породы – грунтоуплотняющие машины и механизмы.

В случае возгорания отвала тушат его полным либо выборочным проливом поверхностного слоя отвальных пород пульпой¹, приготовляемой из антипирогенных материалов (т.е. в зависимости от характера горения).

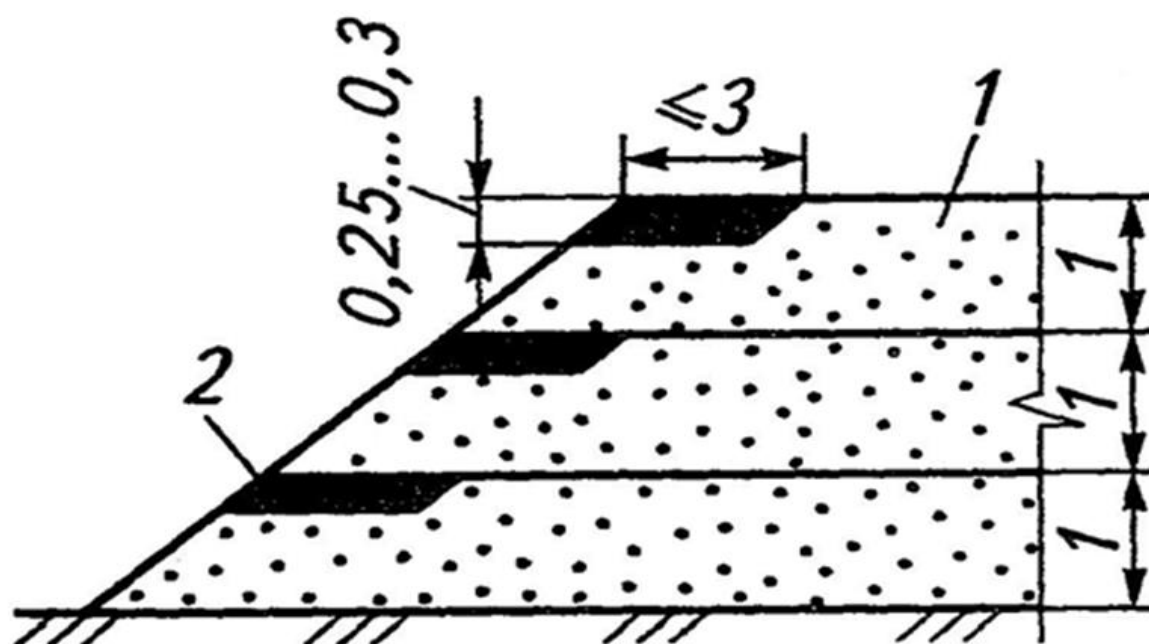
Отдельные незначительные поверхностные очаги горения на отвалах подавляют, замывая пульпой или засыпая негорючим материалом (глинистый и песчано-глинистый материал, инертная пыль, песок и др.).

Для предупреждения распространения горения со смежного горящего отвала на закладываемый или действующий негорящий отвал устраивают противопожарный барьер – отвальную породу в местах сопряжения отвалов проливают пульпой, состоящей из глины и воды с соотношением твердого компонента к жидкому 1 : 6 – 1 : 8 по объему. Пульпу закачивают через иньекторы².

¹ Пульпа – смесь воды и грунта или горной породы, получаемая при земляных и горных работах гидравлическим способом.

² От лат. *inijcere* – выбрасывать. Иньектор – оборудование для нагнетания под давлением пульпы в грунт.

Желательно при формировании новых породных отвалов породы укладывать послойно с устройством пожаробезопасных заходок – переслаивание бульдозерами по контуру отвала отвальной массы (ширина полосы не менее 3 м) негорючими материалами слоем толщиной 0,25 – 0,3 м (рисунок 38).



1 – складированная горная порода; 2 – пожаробезопасная заходка из негорючего материала.

Рисунок 38 – Формирование плоского породного отвала (размеры в м)

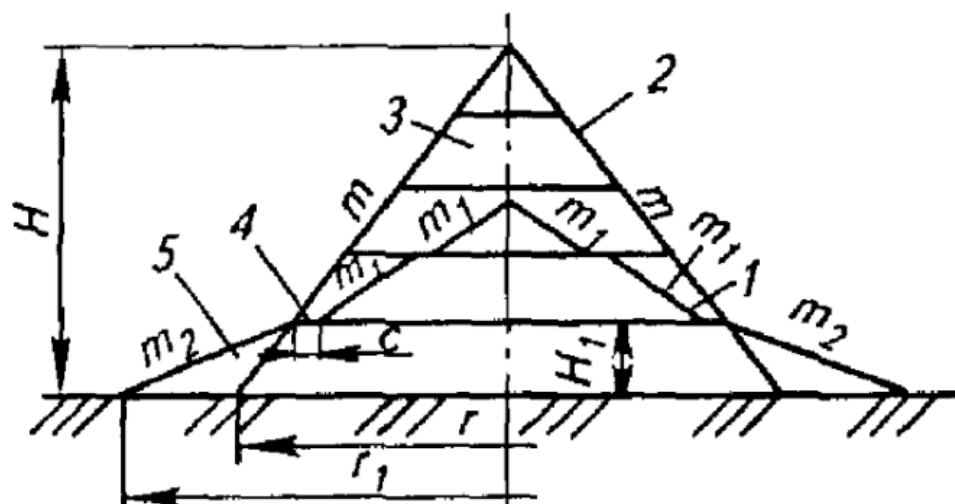
Устойчивую форму терриконам (рисунки 39, 40) (конической формы) или гребневидным породным отвалам, сформированным из пород, подверженных самовозгоранию, создают путем их переформирования на прежнем месте в плоские отвалы послойным перемещением отвальной массы под откос бульдозерами с верхних отметок на нижние, либо путем вывоза последних самосвалами с учетом требований пожарной безопасности (рисунок 41).



Рисунок 39 – Террикон до рекультивации



Рисунок 40 – Террикон до рекультивации



1 – неустойчивое очертание формы террикона; 2 – проектное очертание формы террикона, получаемое в процессе перемещения части материала с верхних отметок в его основание; 3 – место вокруг террикона для складирования перемещаемого материала, укладываемого вокруг основания террикона; 4 – берма; 5 – снимаемая часть материала.

Рисунок 41 – Схема переработки начальной формы террикона в устойчивую

После проведения технического и биологического этапов рекультивации земли, нарушенные породными отвалами, можно использовать как площадки для строительства, под сенокосы, лесонасаждения, пастбища, пашни, под зоны отдыха и спорта.

Под зоны отдыха и спорта, лесонасаждения с задерновкой участков природоохранного назначения используют земли, нарушенные высокими гребневидными и коническими отвалами.

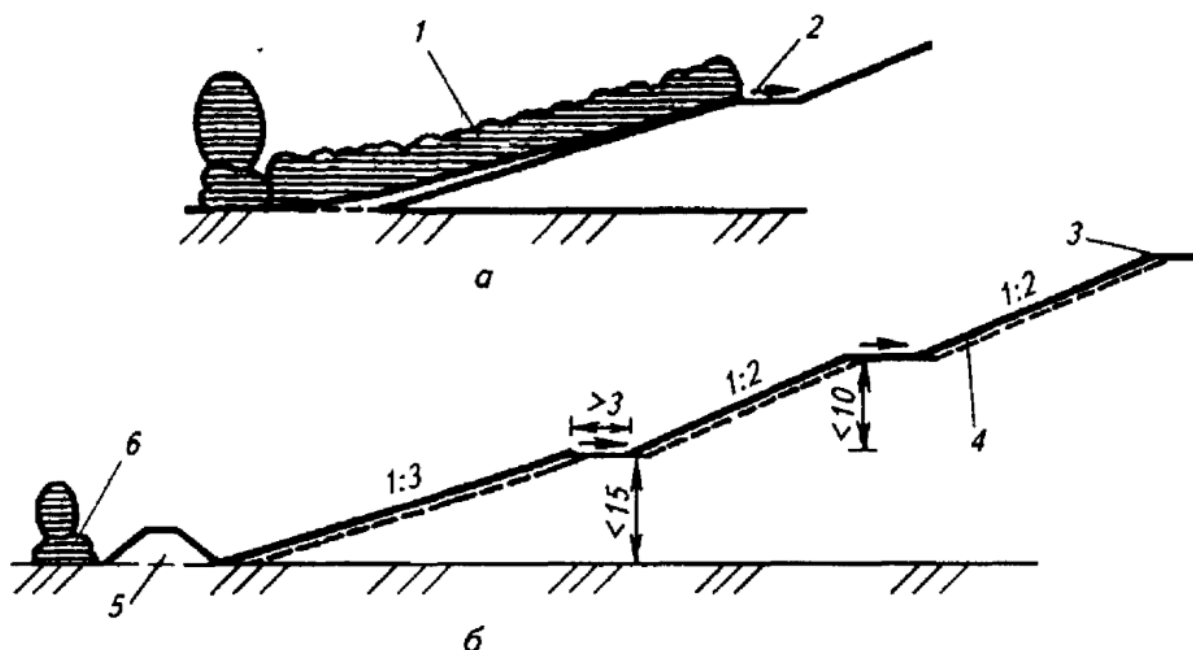
Перед проведением биологического этапа рекультивации на сформированных поверхностях отвала создают рекультивационный слой из потенциально плодородных пород и почвы. Их наносят поочередно на откосы и гребень отвала.

Погрузку почвенного грунта осуществляют фронтальными погрузчиками или одноковшовыми экскаваторы. В качестве транспортных средств используются автосамосвалы или тракторные прицепы, саморазгружающиеся на три стороны.

Непородные отвалы формируют из материалов и пород, которые не оказывают отрицательных воздействий на природную среду и не подвержены самовозгоранию. Пример, отвалы линейно протяженные в виде многоярусной террасированного холма (горы).

Перед закладкой непородного отвала верхний слой почвы и слой потенциально плодородной породы в его основании также снимают и укладывают во временные отвалы, которые располагают поблизости проектируемого отвала. Затем высотой до 15 м из складировемых материалов и пород создают первый ярус с террасой в виде уступа шириной не менее 3 м (рисунок 42). Все последующие ярусы формируют высотой не более 10 м. Уступы выполняют с небольшим уклоном в сторону откоса последующего яруса. Они расчлениают откосы большой протяженности и распределяют поверхностный сток, уменьшая эрозионные процессы, и служат в качестве дорог.

По завершении работ по формированию каждого яруса на откосы наносят слой потенциально плодородных пород, а по его верху – слой почвы, тем самым создают рекультивационный слой толщиной до 1 м, который поэтапно озеленяют. Такая форма отвала обеспечивает благоприятные условия для развития древесно-кустарниковой растительности.

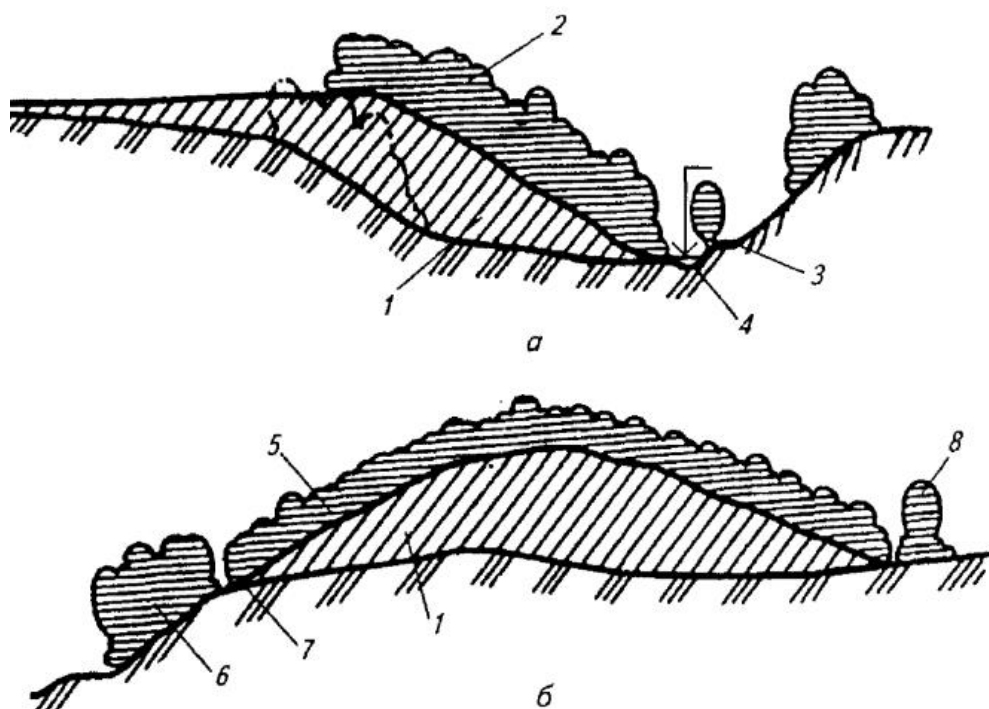


а – обустройство склона первого яруса отвала; б – форма склона насыпного отвала в виде террасированной горы; 1 – озеленение по нанесенному слою почвы, проводимое после завершения каждой ступени насыпки; 2 – направление уклона бермы; 3 – выступающая верхняя кромка отвала; 4 – покровный слой отвала из слоя почвы; 5 – снятый верхний слой почвы с основания отвала; 6 – окаймляющие насаждения шириной не менее 5 м.

Рисунок 42 – Формирование насыпного непородного отвала в виде террасированной горы (размеры в м)

Однако отвалы, формируемые в виде террасируемой горы, при большой высоте плохо вписываются в ландшафт, даже будучи покрытыми растительностью.

Наиболее удачная форма отвала требует создания более пологих откосов слегка округленной формы в подножье (рисунки 43 – 45). Для предотвращения эрозии необходимо прокладывать уступы на откосах или устраивать системы небольших водоотводных каналов.



а – в естественных понижениях; б – в виде достройки округлой формы, дополняющей естественный ландшафт; 1 – складированный материал; 2 – озелененная часть отвала; 3 – дорога; 4 – существующий водоем; 5 – озелененный откос, плавно переходящий в естественный рельеф местности; 6 – оставшийся зеленый массив от естественного ландшафта; 7 – защитная полоса; 8 – окаймляющая полоса зеленых насаждений, устраиваемая перед отвалом.

Рисунок 43 – Формирование ландшафтных отвалов



Рисунок 44 – Террикон после рекультивации

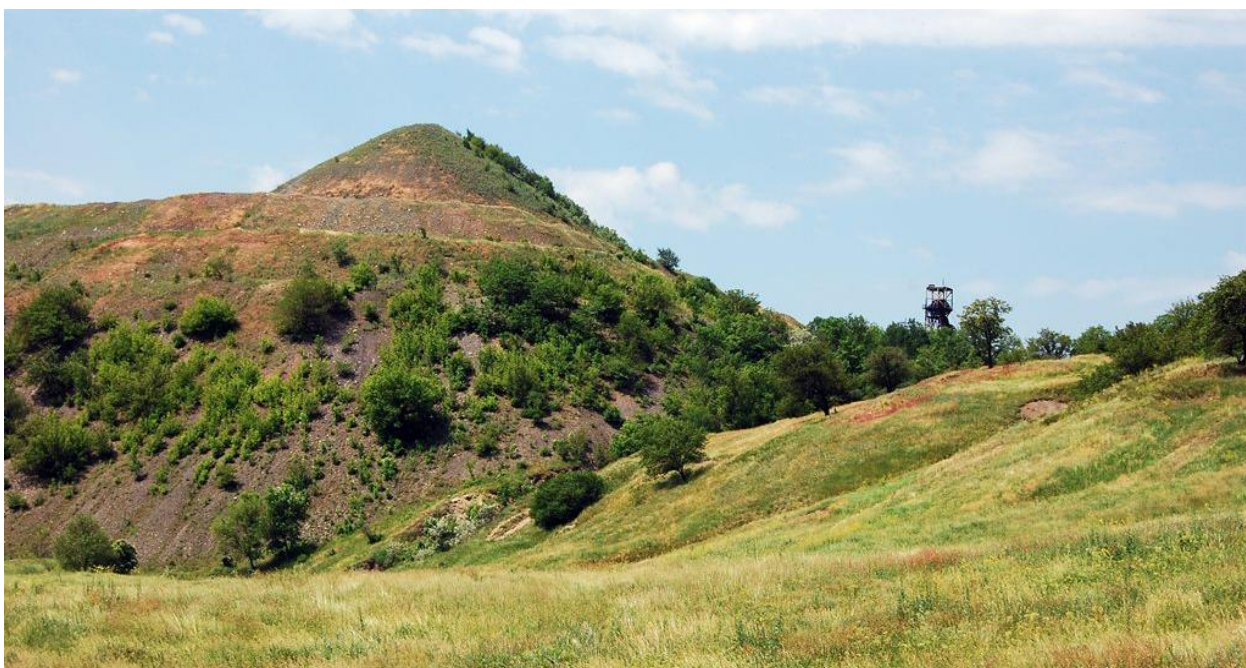


Рисунок 45 – Террикон после рекультивации

7.2 Рекультивация гидроотвалов

Гидроотвалы – отвалы, возводимые намывным (гидромеханизированным) способом (рисунки 46 – 48).

Гидромеханизация – вид открытых горных работ, в котором основные рабочие процессы выполняются за счет энергии потока воды. Она включает следующие основные технологические процессы: размыв пород с применением различных механизмов (гидромониторов, земснарядов) и образование водопородной смеси – пульпы, ее транспортирование до места складирования и намыв в гидроотвал (гидроотвалообразование).



Рисунок 46 – Намыв гидроотвала на реке Еловка (Моховский угольный разрез)



Рисунок 47 – Гидроотвал



Рисунок 48 – Намытый гидроотвал

Различают два вида гидроотвалов:

- отвалы, которым не требуется придавать определенной конфигурации в процессе формирования;
- отвалы, намываемые по проектному профилю.

В первом случае это гидроотвалы, устраиваемые путем свободного выпуска пульпы в водоем (старицу, озеро, море), а также в балку или овраг. Если такой возможности нет, то отвалы располагают на ровной или слабопересеченной местности вблизи устраиваемых выемок или недалеко от обогатительных предприятий с обеспечением управляемого выпуска пульпы (рисунок 49).

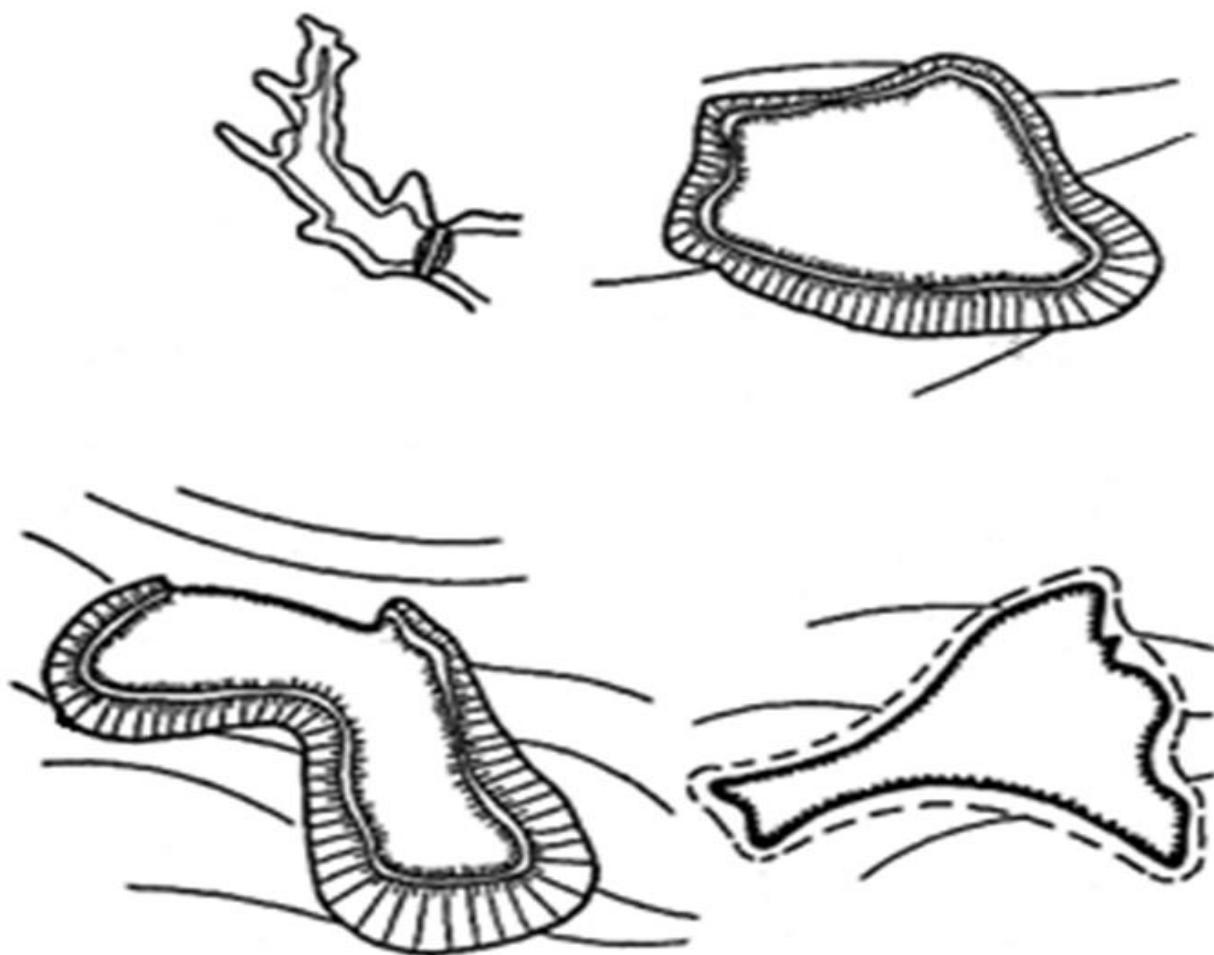


Рисунок 49 – Формы гидроотвалов

Гидроотвалы образуют при производстве вскрышных работ в карьерах гидромеханизированным способом перед добычей полезных ископаемых и нерудных материалов, при складировании продуктов очистки (донных отложений) водных объектов в процессе их очистки.

Гидроотвалами также считают накопители жидких или пастообразных отходов предприятий лесной, бумажной, горнодобывающей и химической промышленности, в энергетике — содовых, соляных отходов, хвостов¹ горнообогажительных фабрик, шлака² и золы, других видов отходов. Эти отходы удаляют с помощью воды в виде пульпы с последующим намывом в специальные отстойники, называемые *шламонаполнителями*, *хвостохранилищами*³ и *золошлакоотвалами*.

При намывании гидроотвалов в балках и оврагах в процессе производства работ необходимо устраивать сооружения для отвода осветленной воды и поверхностных вод, поступающих с поверхности водосбора.

Устройство ограждающих дамб, предотвращающих произвольное растекание пульпы в процессе намыва, необходимо при создании гидроотвалов проектного профиля. Если гидроотвалы устраивают на ровной местности, то территорию ограждают дамбами высотой 0,7 – 1,5 м (рисунок 50, а).

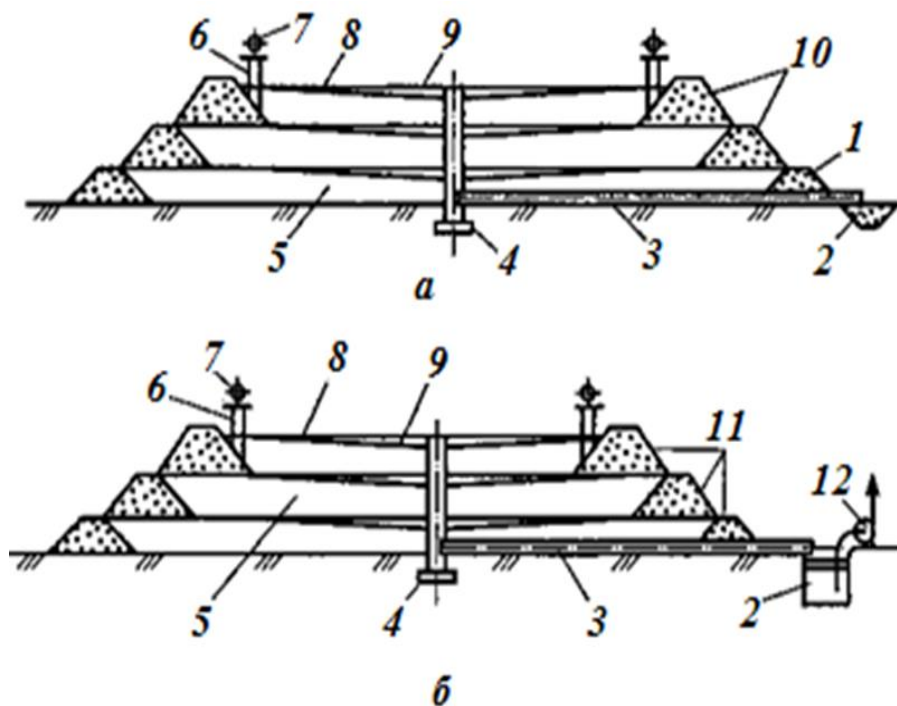
Возводят дамбы из минерального грунта. Если устраивают в оврагах, то также ограждают дамбами тех же размеров. По мере заполнения гидроотвала дамбы обвалования наращивают по высоте, используя либо намытый в гидроотвал материал, если он удовлетворяет строительным требованиям, либо минеральный грунт, забираемый из котлована.

¹ Хвосты – отходы обогащения руд. Это отходы, обогащенные полезными ископаемыми, в которых содержание ценного компонента ниже, чем в исходном материале.

² *Шлак* - расплав (после затвердевания — стекловидная масса) в металлургических, плавильных процессах, покрывающий поверхность жидкого металла, состоящий из всплывших продуктов пустой породы с флюсами.

³ Хвостохранилище – комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых хвостами.

Устраиваемые в середине гидроотвала шахтные колодцы необходимы для сбрасывания осветленной воды из прудка-отстойника. При намыве в шламонакопители или хвостохранилища отходов производства сначала ждут полного осаждения намываемых шламов, а затем, после осветления пульпы, сбрасываемую воду используют для повторного перекачивания шламов в системе оборотного водоснабжения (рисунок 50, б).



а – намыв гидроотвала; б – намыв в гидроотвал хвостов горнообогатительной фабрики; 1 – дамба первичного обвалования; 2 – отводной канал; 3 – водоотводная труба; 4 – колодец для сброса осветленной воды; 5 – намываемый материал; 6 – деревянные опоры; 7 – распределительный пульпопровод; 8 – пляж намыва; 9 – прудок-отстойник; 10 – дамбы попутного обвалования; 11 – дамбы обвалования, выполняемые из минерального грунта; 12 – насосный агрегат системы оборотного водоснабжения горнообогатительной фабрики.

Рисунок 50 – Схема намыва гидроотвала (по проекту)

При формировании гидроотвала из мелкозернистых грунтов с большим содержанием глинистых частиц осветленную воду с карт намыва желательно сбрасывать в водоприемник, пропуская ее через дополнительный каскад карт-отстойников, устраиваемых в пределах формируемого гидроотвала.

Учитывая высокую производительность и комплексность выполнения земляных работ гидромеханизированным способом (разработка, гидротранспортирование и намыв – единый технологический процесс), при наличии достаточного количества воды вблизи вскрываемых карьеров и пригодности вскрышных пород для разработки их гидромеханизированным способом принимают решение по выполнению вскрышных работ гидромеханизированным способом.

В практике производства вскрышных работ гидромеханизированным способом гидроотвалы занимают достаточно большие площади (от десятков до сотен гектаров), по высоте гидроотвалы достигают несколько десятков метров. Стрелецкий гидроотвал Семилукских карьеров занимает площадь свыше 38 га и имеет высоту 30 м.

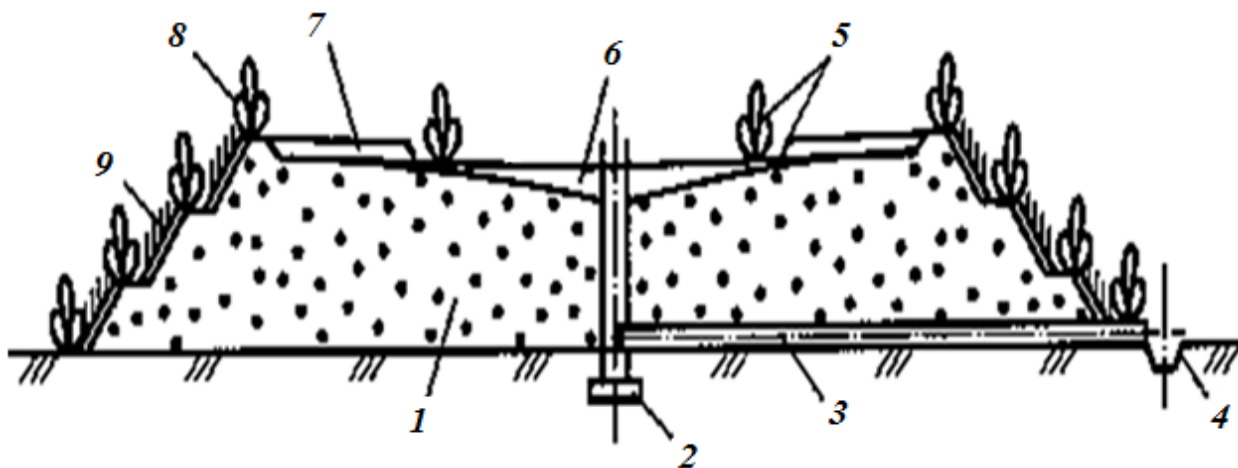
Одна из возможных схем рекультивации гидроотвала, намывтого из суглинистого грунта для целей сельскохозяйственного или рекреационного использования, показана на рисунке 51.

После завершения работ по намыву грунта на верху отвала формируют территорию, по периметру огражденную дамбами обвалования и представляющую в поперечном сечении пляжную часть, которая состоит из трех зон:

1 Ширина первой зоны от 25 до 30 м. Образуется с уклоном до 0,03. Примыкает к дамбам обвалования. Эта полоса довольно быстро осушается, а через 3 – 4 сут после прекращения намыва по ней можно перемещаться.

2 Ширина второй зоны 20 – 25 м. Ее уклон 0,01 – 0,015. В течение 5 – 8 сут идет консолидация грунта на этой полосе с образованием трещин на поверхности.

3 Третья зона с повышенной влажностью намывного грунта, окаймляет отстойный пруд, почти горизонтальная. Общая длина пляжа от дамб обвалования до отстойного пруда должна быть не менее 60 м. Обычно пляжная часть при намыве отвалов суглинистых грунтов составляет 42 % намываемой территории, дамбы обвалования – 10 %, отстойный пруд – 48 %.



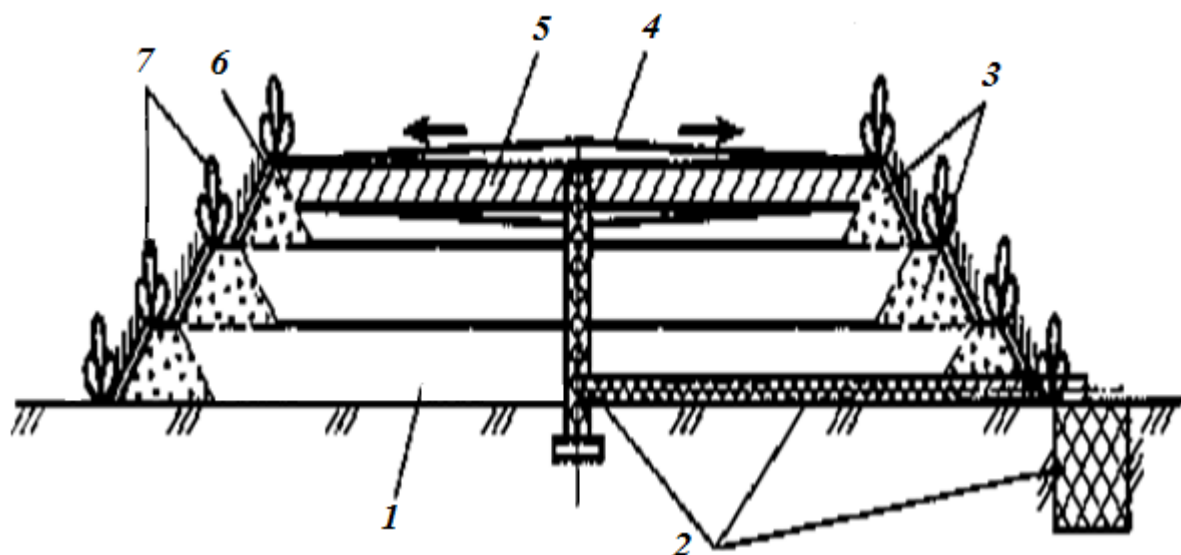
1 – намываемый грунт; 2 – сбросной колодец, дооборудованный до шахтного водосброса; 3 – водоотводящая труба; 4 – водоотводной канал; 5 – береговая водоохранная зона; 6 – прудок-отстойник; 7 – рекультивированная территория для сельскохозяйственного использования; 8 – кустарниково-древесные насаждения; 9 – залужение внешних откосов дамб обвалования.

Рисунок 51 – Пример рекультивации гидроотвала вскрышного грунта

После намыва гидроотвала начинают рекультивировать внешние откосы дамб. Используя бермы, по ним завозят почву и ссыпают ее на внешние откосы дамб обвалования и бермы, формируя почвенный слой толщиной около 0,1 – 0,15 м. Затем сеют дернообразующие травы, а по краям берм высаживают древесно-кустарниковую растительность на расстоянии от 5 до 6 м друг от друга.

Рекультивацию пляжной части и прудка-отстойника проводят с учетом последующего использования: сельскохозяйственного, природоохранного и водохозяйственного назначения. На пляжную часть гидроотвала завозят ранее снятую плодородную почву и затем ее распределяют ровным слоем толщиной не менее 0,15 м. По верху нанесенного слоя вносят с помощью навозоразбрасывателя органические удобрения, а в необходимых случаях проводят известкование кислых почв. Далее выполняют вспашку дисковыми боронами и посев травосмесей.

Схема рекультивации хвостохранилища для последующего сельскохозяйственного использования показана на рисунке 52.



1 – намываемые хвосты; 2 – водопроводящий тракт, заполненный грунтом и ранее предназначавшийся для отвода воды из прудка-отстойника осветленной в систему оборотного водоснабжения; 3 – рекультивированные внешние откосы дамбы обвалования с посевом трав и высадкой на каждом ярусе кустарниково-древесной растительности; 4 – плодородный слой почвы; 5 – потенциально плодородный слой грунта; 6 и 7 – кустарниково-древесная и травянистая растительность.

Рисунок 52 – Схема рекультивации хвостохранилища для сельскохозяйственного использования

Материалы, намываемые в золоотвалы, шламонакопители и хвостохранилища, как правило, опасны и фитотоксичны, а сами гидроотвалы являются источниками распространения загрязняющих веществ, поэтому рекультивация таких отвалов, прежде всего, необходима с санитарно-гигиенической точки зрения.

Такие отвалы сами зарастают крайне медленно.

После заполнения хвостохранилища до проектного объема намывтый материал обезвоживают, опорожня прудок-отстойник от воды, разравнивают выступающие части дамб обвалования.

Хвостохранилищам подобны шлако- и золоотвалы, которые образуются при гидроскладировании отходов, возникающих от сжигания каменного угля на тепловых электростанциях. По химическому составу они также сложны и не всегда имеют благоприятный для естественного зарастания водный режим.

Рекультивация внешних откосов хвостохранилищ, шлако- и золоотвалов выполняется аналогичным образом, как и в первом варианте, но непременно с учетом химического состава золы, местных природно-климатических условий и др.

Шлаконакопители металлургических заводов и хвостохранилища обогатительных фабрик из-за содержания токсичных соединений вначале экранируют слоем потенциально плодородного грунта мощностью от 1 до 1,5 м, а сверху экрана наносят плодородный слой почвы толщиной от 0,4 до 0,5 м.

В 2010 г. на заводе по производству глинозема в окрестностях венгерского города Айка произошла техногенная катастрофа, связанная с разрушением напорного фронта ограждающих сооружений шламохранилища (рисунок 53). В результате 700 тысяч кубометров жидких шламов с огромной скоростью хлынули с холма. На пути потока оказались три населенных пункта: сотни домов, тысячи жителей.



Рисунок 53 – Гидродинамическая авария на шламохранилище в Венгрии

Для отвалов, содержащих в породах токсичные соли, рекомендуют рекультивацию по следующей схеме. По верху намывных пород вносят известь дозой около 10 т/га. Завозят глину и создают противофильтрационный экран. Глину распределяют толщиной не менее 0,25 м, доводят ее до оптимальной влажности и уплотняют. По верху экрана отсыпают песок в качестве дренирующего слоя толщиной 0,3 м. Далее завозят супесчаные или суглинистые грунты в качестве почвообразующей породы, слоем 0,6 м, и затем для посева сельхозкультур отсыпают почвенный слой толщиной от 0,2 до 0,3 м или 0,5 м – для древесных растений.

Сроком намыва (отсыпки) отвалов определяется их использование в строительных целях. Через 10 – 15 лет начинают строительство на глинистых грунтах, через 2 – 5 лет – на песчаных грунтах, а через 2 – 10 лет – на отвалах фабрик обогащения.

7.3 Биологический этап рекультивации отвалов и гидроотвалов

Облесение – наиболее дешевый и удобный вид освоения рекультивируемых территорий отвалов. Озеленять отвалы можно и нужно еще до начала укладывания складировемого материала. Территорию, отводимую под отвал, окаймляют полосой насаждений шириной не менее 5 м. В этом случае она считается эффективной.

При лесохозяйственном направлении используют быстрорастущие породы: ивы и тополя. На приживаемость и рост лесных пород влияет рН породы и ее гранулометрический состав.

Оптимальное значение рН:

- 4,5 – 6 – для хвойных пород;
- 6 – 7,5 – для лиственных.

Как показывает опыт, посев древесных пород семенами непригоден. Целесообразна высадка лиственных пород однолетними саженцами, а двулетними – хвойных пород.

Виды пород подбирают экспериментальным путем.

Чтобы активизировать бедную почву необходимо тщательно изучить местные условия и оценить факторы, препятствующие развитию растений. Для чего проводят подробные биологические и химические исследования.

Мульчирование почвы неорганическими и органическими материалами, внесение гумуса и почвенных бактерий в почву повышают их биологическую активность, что также способствует созданию гармоничных почвенных условий.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение понятиям: отвалы, породные отвалы.
- 2 Какая должна быть форма отвалов?
- 3 Что необходимо делать для отвода ливневых вод от площадок отвалов?
- 4 Охарактеризуйте одноярусные и многоярусные отвалы?
- 5 Что представляют собой противопожарный барьер, пожаробезопасные заходки, создаваемые при закладке отвала?
- 6 Что такое пульпа?
- 7 Что такое терриконы и каким образом придают им устойчивую форму?
- 8 Охарактеризуйте технический этап рекультивации отвалов.
- 9 Дайте определение понятиям: гидроотвалы, гидромеханизация.
- 10 Виды гидроотвалов и их характеристика. Примеры.
- 11 Каким образом идет намыв гидроотвала?
- 12 Охарактеризуйте зоны пляжной части намытого гидроотвала.
- 13 Каким образом проводят рекультивацию гидроотвалов?
- 14 По какой схеме проводят рекультивацию, если отвалы содержат токсичные соли?
- 15 В чем заключается биологический этап рекультивации отвалов и гидроотвалов?

8 Рекультивация земель, нарушенных несанкционированными свалками и полигонами ТБО

8.1 Рекультивация земель, нарушенных свалками

Проблема отходов – одна из актуальных проблем современности. В Российской Федерации ежегодно образуется около 30 млн. т только твердых бытовых отходов. Для промышленных отходов существует приемлемая в той или иной степени система учета их образования, контроля за транспортированием и утилизацией (переработкой). Но в настоящее время актуальным направлением научных исследований является комплексное изучение воздействия на окружающую среду именно твердых бытовых отходов (ТБО) на всех этапах их жизненного цикла: образование, накопление, существование, утилизация и переход в постоянных элемент окружающей среды [18].

К твердым бытовым относятся отходы хозяйственной деятельности населения (уборки, приготовление пищи, текущего ремонта квартир и др.), включая крупногабаритные предметы домашнего обихода, отходы отопительных устройств местного отопления, упаковка, отходы ухода за зелеными насаждениями, смет с дворовых территорий и другие.

Из большого числа методов и технологий обезвреживания отходов, захоронение на свалках и полигонах по-прежнему – самый распространенный (таблица 13).

Свалки ТБО предлагается объединять в следующие группы:

- 1 Несанкционированные стихийного характера.
- 2 Несанкционированные и неупорядоченные, используемые ранее для складирования ТБО, образующихся в населенных пунктах.
- 3 Санкционированные и неупорядоченные, используемые в настоящее время для складирования ТБО.

4 Санкционированные преимущественно строительных и крупногабаритных материалов.

Таблица 13 – Технологии переработки ТБО в экономически развитых странах, %

Технология	США	Англия	Франция	Германия	Япония
Полигоны и свалки	84	90	55	78	57
Термический метод	15	9	35	20	40
Компостирование	1	1	10	2	3
Итого	100	100	100	100	100

Свалки второй – четвертой групп первоначально, как правило, образуются за пределами города, но со временем в результате разрастания городских построек оказываются непосредственно в черте города. Наибольшую опасность для населения представляют свалки первой группы. Они часто образуются непосредственно на территории современного города: внутри высотных квартальных застроек, вблизи частных жилых секторов, около гаражных массивов, в оврагах и т.д. Приблизительный состав ТБО свалок следующий: бумага, пищевые отходы, резина, кости, металл, стекла, пластмасс и т.д. [18].

Свалки второй группы по степени воздействия на окружающую среду можно подразделить на группы:

- преимущественно с бытовым мусором, где существует газохимическая опасность;
- сильно газогенерирующие;
- экологически неблагоприятные, с повышенным радиационным фоном;
- негазогенерирующие, состав насыпных грунтов сложен бытовыми и строительными отходами;

– сильно газогенерирующие, грунты с частичным загрязнением ртутью.

Необходимость ликвидации и рекультивации несанкционированных свалок вызвана как дефицитом свободных площадей под застройку, так и экологическими требованиями, предъявляемыми к охране окружающей среды [19].

Места захоронения отходов являются источниками загрязнения окружающей среды. Они являются техногенной геохимической аномалией. В свалочном грунте характерно присутствие тяжелых металлов, мышьяка и других элементов.

Свалки представляют собой источники распространения загрязняющих веществ, воздействующих на все компоненты природной среды: атмосферу, гидросферу, литосферу, почву, биосферу. Класс опасности свалок определяется согласно приказу Министерства природных ресурсов РФ от 15 июня 2001 г. № 511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». На рисунке 54 показана принципиальная схема загрязнения окружающей среды свалками ТБО [1, 19].



Рисунок 54 – Схема загрязнения окружающей среды свалками

Наиболее отрицательное влияние свалка оказывает после 3 – 4 лет от начала эксплуатации и в первые 15 – 20 лет после закрытия (таблица 14) [3].

Таблица 14 – Этапы воздействия свалок на окружающую среду

Этап	Состояние свалки	Временной интервал	Загрязнение подземных вод		Уровни загрязнения донных отложений, почв и горных пород, ПДК	Влияние биогаза на атмосферу
			ареал распространения	уровень		
1	Период эксплуатации	Первые годы (до 3 лет)	Начало формирования	Менее ПДК	Менее 100 30 10	Начальное
2		После 3 – 4 лет	Продолжение формирования	Более ПДК	100..... n·1000 30.... n·100 10.... n·10	Интенсивное
3	После закрытия	Первые 15 – 20 лет	Некоторое сокращение	Более ПДК	n·1000 n·100 n·10	То же
4		Через 15 – 20 лет	Постепенное сокращение	На уровне ПДК	n·1000 n·100 n·10	Потенциально сокращается

Основной мигрант загрязняющих веществ из свалок – влага. В толще свалки формируется техногенный водоносный горизонт, уровень которого превышает уровни нижележащих водоносных горизонтов. Это связано с формированием в подошве свалочных грунтов слабопроницаемого слоя. В результате происходит выделение двух зон: полного и неполного насыщения.

Схема элементов водного баланса показана на рисунке 55.

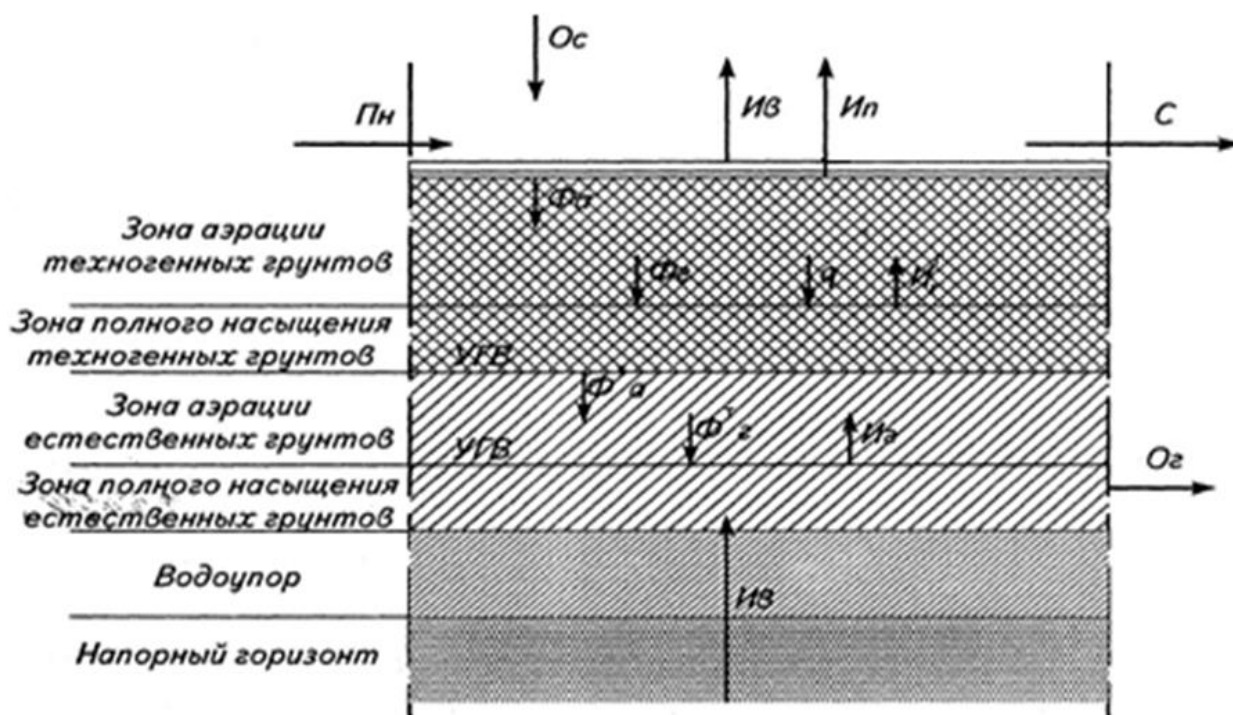


Рисунок 55 – Схема элементов водного баланса для зон полного и неполного насыщения техногенных и естественных грунтов

Уравнения водного баланса:

а) для поверхностных вод

$$\Delta W_{\Pi} = (O_c + P_n) - (I_v + C + \Phi_a), \quad (10)$$

где ΔW_{Π} – изменение запаса влаги на поверхности свалки за расчетный период, мм;

O_c – атмосферные осадки, мм;

P_n – приток поверхностных вод, мм;

I_v – испарение с водной поверхности, мм;

C – поверхностный сток, мм;

Φ_a – инфильтрация влаги в свалочный грунт¹, мм.

¹ Свалочный грунт – грунт, образующийся в результате длительной биодеструкции ТБО (10 – 20 лет и более).

б) для зоны аэрации техногенных грунтов

$$\Delta W_a = (\Phi_a + I_r + q) - (I_n + \Phi_r), \quad (11)$$

где ΔW_a – изменение запасов влаги в зоне аэрации техногенных грунтов, мм;

I_r – капиллярный отток влаги с поверхности техногенных грунтовых вод свалки, мм;

q – влага, образующаяся при разложении органических веществ в теле свалки, мм;

I_n – испарение с поверхности свалочного грунта, мм;

Φ_r – влага, профильтровавшаяся до уровня техногенных грунтовых вод, мм.

в) для техногенных грунтовых вод

$$\Delta W_r = (\Phi_r + q) - (\Phi_a - I_r), \quad (12)$$

где ΔW_r – изменение запасов влаги в зоне полного насыщения техногенных грунтов, мм;

Φ_r – профильтровавшаяся техногенная влага до уровня грунтовых вод, мм;

Φ_a – инфильтрация техногенных вод в зону аэрации естественных горных пород, мм.

г) для естественных грунтовых вод

$$\Delta W_r = (P_r + P_n + \Phi_r) - (O_r + I_r), \quad (13)$$

где ΔW_r – изменение запасов естественных грунтовых вод, мм;

P_r – приток естественных грунтовых вод, мм;

P_n – приток напорных вод, мм;

O_r – отток грунтовых вод, мм.

Из уравнений видно, что атмосферные осадки являются основной статьей инфильтрационного питания техногенного горизонта свалочных вод, а загрязнение горных пород происходит преимущественно за счет профильтровавшейся через основание свалочного тела техногенной влаги до уровня грунтовых вод.

Фильтрат образуется смешиванием просачивающихся вод с загрязняющими веществами (уникальный по своей токсичности раствор).

Загрязнения органического происхождения являются более опасными. Они оцениваются либо концентрацией органических веществ ($C_{орг}$), либо химической потребностью в кислороде (ХПК). В фильтрате данные показатели очень высоки (до 5 г/л – $C_{орг}$, до 6 г O_2 на 1 л – ХПК). В городских сточных водах данные показатели снижаются (до 0,1 – 0,6 г O_2 на 1 л – ХПК и до 0,1 – 0,3 г/л – $C_{орг}$).

Состав эмиссий зависит от состава захороненного материала, стадии биодеструкции отходов (аэробная, гидролиза, ацетогенеза, активного и стабильного метаногенеза, ассимиляции) совпадающей с основными этапами жизненного цикла полигона: активной эксплуатации (0 – 25 лет), рекультивации, пострекультивации [1].

Газ, образующийся в толще свалочных грунтов, в результате жизнедеятельности метанообразующих бактерий и сопровождающийся выделением тепла, называется *биогаз*, или *свалочный газ*. Это экологически опасная смесь метилмеркаптана, бензола, метана, диоксида углерода, толуола, сероводорода, этиленбензола, фенола, окислов азота, водорода и др. [1, 20] Обладает выраженным токсичным действием, неприятным раздражающим запахом и содержит вредные вещества для живых организмов.

Внутри свалочного тела отходы, за счет постоянно идущих процессов, разогреваются, а это приводит к увеличению проницаемости глинистых пород, подстилающих свалку. На поверхности свалки отмечаются аномалии температур.

Биогаз в процессе эмиссии вытесняет из толщи свалки воздух на поверхность. В результате этого у растений, особенно культурных, задерживается рост, а в отдельных случаях они погибают. Часто выход на поверхность биогаза сопровождается возгоранием, что влечет за собой крупные пожары, которые сопровождаются образованием токсичных отравляющих веществ.

Возможность свалками распространять загрязняющие вещества сохраняется продолжительное время как в период их эксплуатации, так и после их закрытия. Наибольшее отрицательное воздействие отходов на окружающую среду наблюдается после 3 – 4 лет от начала эксплуатации свалки. Воздействие их не прекращается и в последующие 15 – 20 лет после закрытия свалки.

Основное отрицательное воздействие свалок на природную среду состоит в проникновении на поверхность грунтовых вод фильтрата.

Проникновение не окисленных органических веществ в подземные горизонты вместе с фильтратом снижает окислительно-восстановительный потенциал, что ведет к загрязнению подземных вод на участках размещения свалок. Не окисленные органические вещества потребляют кислород подземных вод на свое окисление и при этом формируют бессульфидные околонейтральные бескислородные воды.

Те или иные решения по рекультивации полигонов принимают в зависимости от направления последующего использования. После рекультивации они могут быть использованы под дороги, площадки, для создания промышленной или коммунальной зоны, под жилую застройку и для рекреационных целей.

В соответствии с нормативными документами гражданское строительство (жилые здания, детские и лечебные учреждения) без вывоза свалочного грунта не допускается. Только после достижения нормативных показателей загрязненности грунтов и атмосферного воздуха может быть разрешено жилищное строительство.

На начальном этапе работ проводят инженерно-геологические изыскания: определяют уровень залегания грунтовых вод, степень загрязненности и структуру подстилающих слоев, мощность слоя свалочного грунта, составляют разрезы грунта свалки и подстилающих их слоев грунта основания. Одноковшовыми экскаваторами и автосамосвалами удаляют на полигоны обезвреживания и захоронения отходов свалочные грунты. Нормативно-чистые подстилающие грунты или строительные отходы, удаляемые со свалки, можно использовать на земляных работах, таких как подсыпка, устройство изоляционных слоев на полигонах при захоронении твердых бытовых отходов и т.д.

Минеральный грунт в случаях замены свалочного, должен отвечать радиометрическим, бактериологическим, химическим нормативам, т.е. должен быть нормативно-чистым. При организации и производстве строительных работ необходимо обеспечить санитарно-гигиенические и микробиологические условия, а также радиационную безопасность. Проводят дератизацию (истребление крыс, мышей и др.) и согласно требованиям инструкции по борьбе с мухами – дезинсекцию.

Чтобы обнаружить радиоактивное загрязнение, попавшее на свалку в результате несанкционированных выбросов радиоактивных отходов, необходимо измерять мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения по мере выемки и вывоза мусора. Особенно данная процедура должна проводиться на свалках, которые расположены в бывших карьерах, оврагах, глубоких ямах, т.е. в понижениях. Через 2, 5 и 10 м (зависит от состава мусора – наличие обломков лабораторной посуды, деталей радиоаппаратуры и приборов и т.п.) по мере выемки мусора проводят измерения МЭД, но не реже одного раза в сутки. Измерения выполняют переносными радиометрами типа СРП-68-01 или СРП-88.

При вывозе свалочного грунта необходимо соблюдать и другие дополнительные условия экологической безопасности:

- при перевозке транспортными средствами свалочного грунта обязательное его укрытие брезентом;
- дезинфекцию колес транспортных средств и строительных машин перед выездом с рекультивируемой территории при температуре окружающего воздуха выше 5 °С;
- сбор и удаление загрязненных поверхностных вод, поступающих с территории свалки, на очистные сооружения;
- обеспечение радиационной безопасности персонала;
- прохождение персонала, занятого на этих работах, медицинского освидетельствования.

Если несанкционированные свалки рекультивируют без удаления свалочного грунта, то используют *методы санации* загрязненных территорий, основанные на химической иммобилизации, фиксации или закреплении вредных веществ [1, 3].

Известны способы санации загрязненных территорий, основанные на выемке свалочных грунтов и загрязненных горных пород, обезвреживании и возвращении обезвреженных на прежнее место и без выемки с обезвреживанием на месте. При первом способе свалочный грунт вынимают, обрабатывают специальными реагентами в смесителях. Даже при малом расходе химикатов дозирующая особая система позволяет обеспечить равномерное смачивание и вызывать самопроизвольную химическую реакцию. В результате обработки идет химическое преобразование вредных веществ в нетоксичные соединения, нерастворимые в воде.

В смесителях используют *метод «вымывания» загрязнений*, применяя для этой цели органические растворители, поверхностно-активные вещества, ПАВ и другие реагенты.

В странах Европейского содружества перспективна технология *выжигания и прокаливания загрязненных* горных пород и свалочных грунтов, так называемое *термическое санирование*. Этот способ применяют тогда,

когда присутствуют загрязнения в виде вредных органических соединений, в том числе и нефтепродукты.

С целью снижения взрывопожаробезопасности и уменьшения загрязнения атмосферного воздуха из толщи свалочных грунтов *откачивают* летучие вредные вещества (биогаз). Откачиваемый из вакуумных колодцев загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу необходимо *очищать* в фильтрах с активированным углем.

Гидравлический способ санации свалок применяют, когда загрязняющие вещества растворяются водой. Следовательно, необходимо знать гидромеханические характеристики свалочных грунтов и растворимость загрязняющих веществ. Далее строятся нагнетательные и водозаборные колодцы по направлению тока грунтовых вод. Грунтовые воды выкачивают из колодцев, очищают и используют для орошения территории свалки.

Методы биологического обезвреживания основаны на применении микроорганизмов. Известно множество видов бактерий, актиномицетов и грибов, способных разрушать органические соединения. Влияние на скорость разрушения вредных веществ микроорганизмами оказывают температура и влажность среды (свалочного тела), наличие кислорода, углерода, азота и фосфора, а также их соотношение. Так как бактерии усваивают только жидкие биологически разрушаемые соединения, то грунт должен быть достаточно увлажнен.

Загрязнение грунтовых вод, прилегающих земель, загазованность атмосферного воздуха и др. позволяет устранить метод *капсуляции*.

Составные элементы капсуляции:

- герметичное основание, создаваемое из непроницаемых слоев глины или суглинка с коэффициентом фильтрации меньше 1×10^{-7} м/с;
- герметичные вертикальные стены, выполняют по технологии «стена в грунте» с заполнением их смесью бентонита с цементом и специальными присадками, что позволяет создать их практически водонепроницаемыми;

– заделка поверхности свалки защитными экранами.

Метод капсуляции эффективен при неглубоком залегании водоупора в основании свалки.

При отсутствии водоупора в основании свалки или глубоком его залегании локализацию и предотвращение распространения загрязняющих веществ выполняют методом экранирования.

Сбор и отведение просачивающихся поверхностных вод, атмосферных осадков и биогаза выполняют конструируемые *защитные экраны* - комбинация изоляционных и фильтрующих элементов.

При устройстве глиняного экрана (замка) отсыпают два слоя из привозной глины толщиной не менее 0,25 м каждый, уплотняя поочередно укаткой грунтоуплотняющими машинами при оптимальной влажности уплотняемого грунта.

Далее толщиной 0,2 – 0,3 м укладывают дренирующий слой из песчано-гравийного грунта (по верху глиняного экрана), что способствует отводу просачивающихся поверхностных и талых вод.

По верху дренирующего слоя отсыпают слой из потенциально плодородного грунта толщиной не менее 0,3 м. Далее наносят слой почвы толщиной не менее 0,15 м.

В последние годы все большее применение при устройстве экранов получают геокомпозитные материалы.

Для снижения возгорания свалок выполняют их *дегазацию*.

Для этого в составе технического этапа рекультивации устраивают газосборные скважины (рисунок 14), из которых биогаз отводят в атмосферный воздух. Вначале бурят скважины диаметром 350 мм на всю глубину свалочного тела. Внутри образовавшегося пространства вставляют перфорированную трубу диаметром 168 мм, снаружи обмотанную фильтровой сеткой.

В нижней части устраивают отстойник высотой 3 м, выше отстойника – фильтровое звено высотой, равной толще свалочного тела минус 1 м. Выше фильтрового звена проходит гладкая целиковая труба того же диаметра на высоту на 2 м выше дневной поверхности. Пространство между обсадной трубой и газоотводящей скважиной засыпают гравием и по мере отсыпки гравия извлекают обсадную трубу. Каждую скважину оборудуют оголовком, выполняемым в виде грибка.

Продолжительность биологического этапа рекультивации обычно составляет 2 – 5 лет в зависимости от климатических условий и степени предварительной очистки реабилитируемого участка.

Используемые для рекультивации травы, должны быть местных популяций и апробированных сортов. Высаживаемые растения должны обладать устойчивостью к отрицательным физическим и химическим свойствам грунта, неблагоприятным условиям микроклимата, быстро акклиматизироваться, обладать способностью к симбиозу с микроорганизмами, иметь сильно развитую корневую систему [1, 3].

8.2 Рекультивация и обустройство полигонов твердых бытовых отходов

Полигоны захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) – инженерно-экологические сооружения, предназначенные для централизованного приема ТБО, их обезвреживания и захоронения, предотвращающие неорганизованное распространение загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды.

На полигоны захоронения ТБО разрешен прием:

– промышленных твердых отходов IV класса опасности по согласованию с санитарно-эпидемиологическими службами, органами

природных ресурсов и охраны окружающей среды и учреждениями коммунальной сферы;

- промышленных отходов, древесно-растительных, отходов стройиндустрии, строительных отходов, которые образуются при новом строительстве, сносе, ремонте, реконструкции зданий и сооружений;

- отходов из предприятий общественного назначения, жилых зданий, учреждений, объектов оптово-розничной торговли промышленными и продовольственными товарами;

- отходов лечебно-профилактических учреждений в соответствии с нормативными документами.

Запрещен прием на полигоны следующих видов отходов:

- радиоактивных, независимо от уровня их радиации;
- ртутных ламп и продуктов демеркуризации¹;
- 4-го класса опасности, т.е. строительных (содержат отработанный асбест, асбестовый шифер в виде боя, золу, шлаки, отходы мягкой кровли);
- 1, 2, и 3-го классов опасности, т.е. промышленных.

Полигоны ТБО по видам принимаемых отходов делят на два класса:

- полигоны ТБО 1-го класса, на которых разрешено размещать отходы, содержащие меньше 25 % органических примесей, образующие при разложении вредные вещества в количествах, не превышающих значения ПДК;

- полигоны ТБО 2-го класса, на которых размещают отходы, содержащие больше 25 % органических примесей, а также другие виды отходов, образующие вредные вещества при разложении в количествах, превышающих значения ПДК.

¹ Демеркуризация – удаление ртути и её соединений физико-химическими или механическими способами с целью исключения отравления людей и животных.

Предпроектные и проектные работы ведут согласно нормативным документам:

– «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений» (СП 11-101-95);

– «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» (СНиП 11-01-95).

В состав проекта строительства полигона захоронения ТБО в соответствии с СНиП 11-01-95 входят следующие разделы:

1 Общая пояснительная записка с описанием гидрогеологических условий и обоснованием выбора площадки.

2 Генеральный план и транспорт.

3 Технологические решения (расчет вместимости полигона, конструкция противofiltrационных экранов, продольный и поперечный разрезы участка складирования, рекомендации по рекультивации участка после закрытия полигона и т.д.).

4 Организация и условия труда работников (охрана труда).

5 Управление производством и предприятием (режим эксплуатации, расчет потребности в персонале, машинах и механизмах).

6 Архитектурно-планировочные решения (организация хозяйственной зоны полигона).

7 Инженерное оборудование, сети и системы (системы сбора и удаления фильтрата и биогаза).

8 Организация строительства.

9 Охрана окружающей среды (обоснование санитарно-защитной зоны и организация экологического мониторинга).

10 Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

11 Обоснование инвестиций (вложения капитала с целью получения прибыли).

Число и площадь полигонов зависят от численности жителей населенных мест, обслуживаемых полигонами, площади и конфигурации населенных пунктов, дальности транспортировки отходов.

Полигоны размещают за пределами населенных пунктов, соблюдая размер санитарно-защитной зоны до жилой застройки (не менее 500 м), устанавливаемой СанПиН 2.1.7.722-98. Размер санитарно-защитной зоны уточняют при расчете газообразных выбросов в атмосферу.

Размещение полигонов запрещается:

- на землях природно-заповедного фонда Российской Федерации (национальные природные парки, государственные природные заповедники, памятники природы, заказники) и в пределах их охранных зон;
- в пределах сельскохозяйственных угодьях, на землях лесного и водного фондов;
- в пределах санитарно-защитных зон курортных, лечебно-оздоровительных учреждений;
- на территориях природного комплекса городов и поселков;
- на землях историко-культурного наследия и в пределах границ города;
- на территориях, загрязненных органическими и радиоактивными отходами, до истечения сроков, установленных органами санитарно-потребительского надзора;
- на территориях со сложными геологическими и гидрогеологическими условиями.

Благоприятными природными условиями с точки зрения размещения полигонов считают:

- открытые, хорошо проветриваемые (продуваемые) земельные участки;
- участки, находящиеся ниже мест нереста, рыбоводных хозяйств, зимовальных ям и массового нагула, водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- участки, обеспечивающие предотвращение загрязнения окружающей среды и допускающие выполнение инженерных решений и проведение природоохранных мероприятий;
- участки неподтопляемые и незатопляемые паводковыми водами;
- участки, находящиеся с подветренной стороны населенных пунктов и рекреационных зон;
- участки, находящиеся от аэропортов на расстоянии 15 км и более.

Для обоснования требуемой площади отвода земельного участка под складирование ТБО определяют проектную вместимость полигона. Расчет ведут с учетом годовой нормы накопления ТБО на одного жителя (включая ТБО из учреждений и организаций) [1].

Ориентировочные нормы накопления ТБО, образующихся в жилых зданиях и в отдельно стоящих объектах общественного назначения, приведены в таблице 16.

Нормы накопления ТБО для различных источников уточняют специальные научные организации (не реже 1 раза в 5 лет). Результаты исследований утверждают органы административной власти населенных пунктов.

Таблица 16 – Ориентировочные нормы накопления ТБО, образующихся в жилых зданиях и в отдельно стоящих объектах общественного назначения

Объект образования отходов	Единица измерения	Нормы накопления ТБО в год		Средняя плотность, кг/м ³
		кг	м ³	
Учреждения, офисы	1 сотрудник	40	0,22	180
Театры, кинотеатры	1 место	30	0,2	150
Продовольственные магазины	1 м ² торговой площади	160 – 250	0,8 – 1,5	160 – 190
Жилые дома благоустроенного типа	1 чел.	180 – 225	0,9 – 1	190 – 220
Рынок	1 м ² торговой площади	100 – 200	0,6 – 1,3	160 – 170
Детсады, ясли	1 место	95	0,4	240
Больницы	1 койка	230	0,69	330
Жилые дома неблагоустроенного типа	1 чел.	350 – 450	1,2 – 1,5	300
Автовокзалы, вокзалы, аэропорты	1 м ² торговой площади	125	0,5	250
Гостиницы	1 место	120	0,7	170
Промтоварные магазины	1 м ² торговой площади	80 – 200	0,5 – 1,3	150 – 160
Учебные заведения	1 ученик	24	0,12	200
Поликлиники	1 посещение	30	0,156	190

Проектную вместимость полигона определяют на расчетный период эксплуатации полигона

$$E_T = \frac{(Y_1 + Y_2) \cdot (N^* + N^{**}) \cdot T \cdot \left(\frac{K_2}{K_1}\right)}{4}, \quad (14)$$

где Y_1 и Y_2 – удельные годовые нормы накопления ТБО на 1-й и последний годы эксплуатации полигона на одного жителя, м³/чел. в год;

$$Y_2 = Y_1 \cdot (1,03)^{T-1},$$

Y_1 – удельная норма накопления ТБО по объему на 1-й год эксплуатации определяется как удельная обобщенная годовая норма накопления ТБО на одного жителя (включая ТБО из учреждений и организаций), м³/чел. в год (см. таблицу 20);

Y_2 – удельная норма накопления ТБО по объему на последний год эксплуатации определяется из условия ее ежегодного увеличения по объему на 3 %;

N^* и N^{**} – количество обслуживаемого населения полигоном в 1-й и последний годы его эксплуатации, чел. (N^{**} – определяют согласно данных генерального плана развития района застройки с учетом ожидаемого ежегодного увеличения численности населения на 2 %, $N^{**} = N^* (1,02)^{T-1}$);

T – продолжительность эксплуатации полигона, лет;

K_2 – коэффициент, учитывающий объем минерального грунта, используемого для устройства изолирующих слоев (промежуточных и окончательного перекрытия), равный 1,2;

K_1 – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за весь срок T ; зависит от высоты полигона (таблица 17).

Таблица 17 – Зависимость коэффициента, учитывающего уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона (K_1) за весь срок от высоты полигона

Полная проектная высота полигона, м	K_1
до 10	3
11 – 20	3,7
21 – 50	4
51 и более	4,5

Составными элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирования ТБО и хозяйственная зона [1].

Подъездная дорога соединяет существующую транспортную магистраль с полигоном, ее ширину принимают не менее 6,5 м. На пересечении подъездной дороги с территорией полигона размещают пост контроля въезда мусоровозов на территорию полигона и их обратного выезда.

Свалочное тело полигона желательно формировать с разбивкой на очереди заполнения. Продолжительность заполнения каждой очереди обычно составляет около 3 – 5 лет.

Участок складирования должен быть защищен от притока поверхностного стока, поступающего с вышерасположенных массивов. Для перехвата ливневых и талых вод по верхней границе участка проектируют нагорный канал. На расстоянии 1 – 2 м от нагорного канала устраивают ограждение, вдоль которого проектируют посадку древесно-кустарниковой растительности. Также на расстоянии 2 – 3 м от края основания полигона прокладывают кольцевую автомобильную дорогу шириной не менее 3,5 м, соединяющую участок складирования отходов с подъездной дорогой с обеспечением одностороннего движения мусоровозов.

Потребность в минеральном грунте для выполнения послойной промежуточной и окончательной изоляции отходов, устройства упорных призм удовлетворяется минеральным грунтом, вынимаемым из котлована, устраиваемого в основании проектируемого полигона.

С целью защиты горных пород зоны аэрации и грунтовых вод от загрязнения в котловане устраивают нижний противοfiltrационный экран и сооружают дренажную систему для удаления, образующегося в свалочном теле, фильтрата. Дно котлована необходимо размещать на отметке выше уровня грунтовых вод не менее 2 м.

Перед производством земляных работ с поверхности участка, отведенного для складирования отходов, снимают плодородный слой почвы

и укладывают его во временные кавальеры, располагаемые вне участка складирования отходов.

Требуемая площадь земельного участка, га, отводимого для размещения полигона

$$F = K_3 \cdot F_{\text{у.с.}} + F_{\text{доп}}, \quad (15)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий полосу отчуждения вокруг участка складирования для прокладки кольцевой дороги и размещения временных кавальеров, $K_3 = 1,1$;

$F_{\text{у.с.}}$ – площадь земельного участка, отводимого под участок складирования отходов, га;

$F_{\text{доп}}$ – площадь земельного участка, отводимого для размещения хозяйственной зоны, га (обычно для размещения хозяйственной зоны принимают участок, равный 1 га).

Учитывая поочередную схему заполнения полигона, вначале разрабатывают минеральный грунт в котловане 1-й очереди с укладкой его во временный кавальер, располагаемый вне участка складирования, из которого минеральный грунт впоследствии используют для выполнения промежуточной и окончательной изоляции отходов, укладываемых в 4-ю (и 5-ю) очередь(и), и устройства упорных призм. Для выполнения промежуточной изоляции слоев укладываемых отходов в 1-ю очередь и устройства упорных призм используют минеральный грунт, постепенно разрабатываемый в котловане 2-й очереди эксплуатации полигона, при укладке отходов во 2-ю очередь – используют минеральный грунт, разрабатываемый в котловане 3-й очереди и т.д. Заполнение каждой очереди ведут слоями. Толщину каждого укладываемого слоя обычно принимают 2 м, включая толщину слоя послойной изоляции 0,2 м, выполняемого из минерального грунта. Для обеспечения устойчивости высоконагружаемого

полигона по его периметру перед укладкой каждого слоя устраивают упорные призмы из минерального грунта высотой 2 м, шириной бермы 3 м.

Основное негативное воздействие отходов на окружающую среду в местах их размещения – проникновение фильтрата в горные породы зоны аэрации, загрязнение прилегающей территории поверхностным стоком, стекающим с участка складирования ТБО и, соответственно, поверхности грунтовых вод. Для снижения вероятности такой опасности до начала эксплуатации полигона выполняют защиту горных пород в его основании.

Естественным геохимическим барьером в основании полигона могут служить горные породы с коэффициентом фильтрации $K_f < 1 \cdot 10^{-7}$ м/с, имеющие мощность слоя не менее 1 м, что способствует задержанию загрязняющих веществ. Наличие подобных горных пород – одно из основных условий выбора места для его размещения.

Если эти условия не выполняются, то необходимы дополнительные проектные решения по строительству защитных экранов.

Срок службы защитных экранов определяется как периодом эксплуатации полигона (15 – 30 лет), так и пассивным периодом, когда полигон уже закрыт. Однако в теле полигона после закрытия и его рекультивации активно протекают гидрогеологические процессы, миграция влаги и биохимическое разложение органического вещества, сопровождающиеся образованием фильтрата и биогаза. Длительность этих процессов определяется морфологическим составом отходов, климатическими условиями и другими факторами и составляет около 30 – 100 лет. Таким образом, срок службы защитных экранов полигонов ТБО должен составлять 45 – 100 лет.

При подборе конструкционных материалов следует оценивать их устойчивость к агрессивным средам, долговечность и неизменчивость их физико-механических свойств во времени. В любом случае при устройстве защитных экранов необходимо применять сертифицированные материалы, разрешенные для применения при устройстве подобных конструкций.

Основное функциональное назначение защитных экранов, устраиваемых в основании полигонов, – создание барьера, препятствующего проникновению фильтрата в горные породы и на поверхность грунтовых вод. Для создания гидроизоляционных элементов применяют комбинации как природных минеральных материалов (глину, песок, гравий и щебень), так и искусственных (полимерные, геосинтетические и комбинированные).

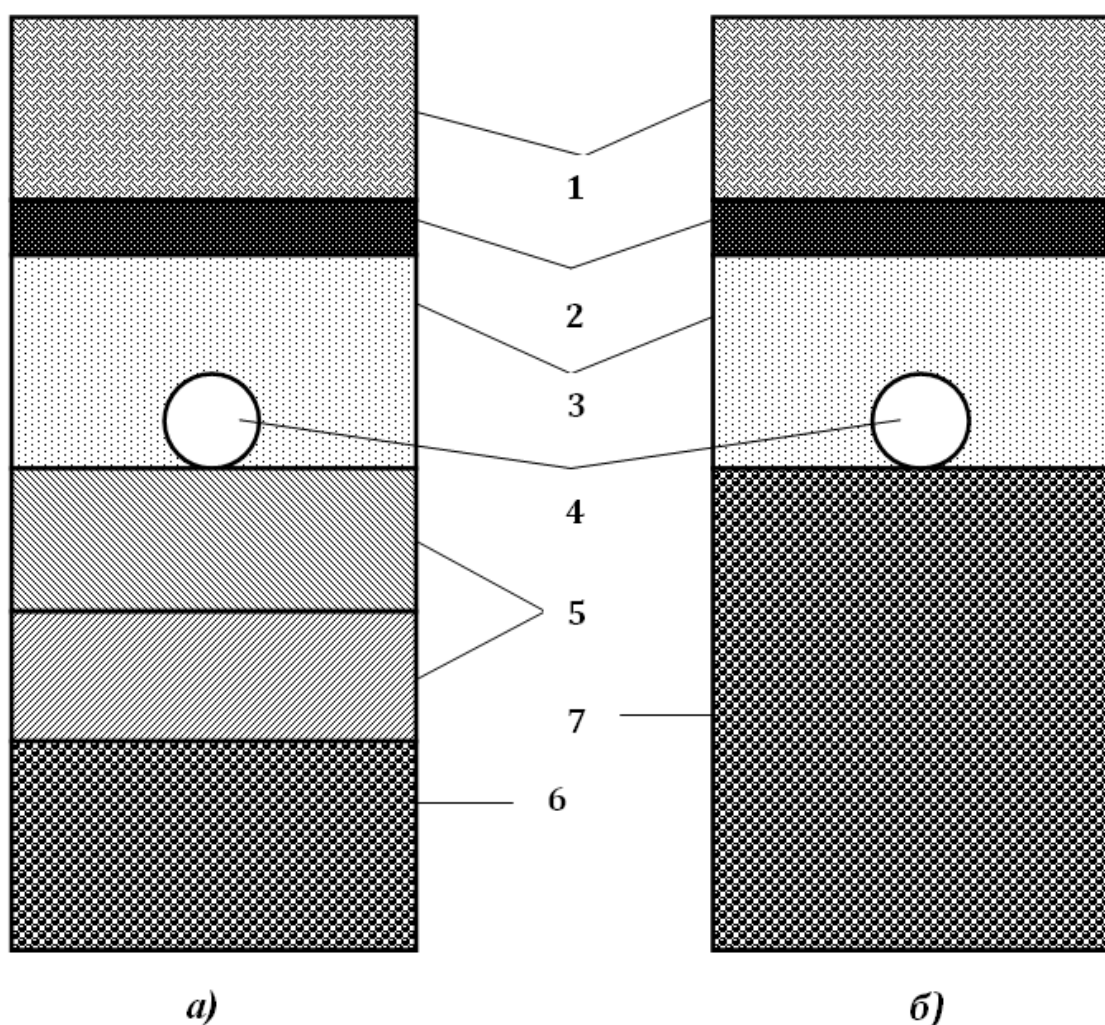
При устройстве глиняного замка в основании полигона его устраивают из глин толщиной не менее 0,5 м, в два слоя.

Существует несколько схем устройства глиняных экранов в зависимости от водопроницаемости пород (рисунки 56, 57) [1, 3].

В настоящее время широко применяют геосинтетические материалы:

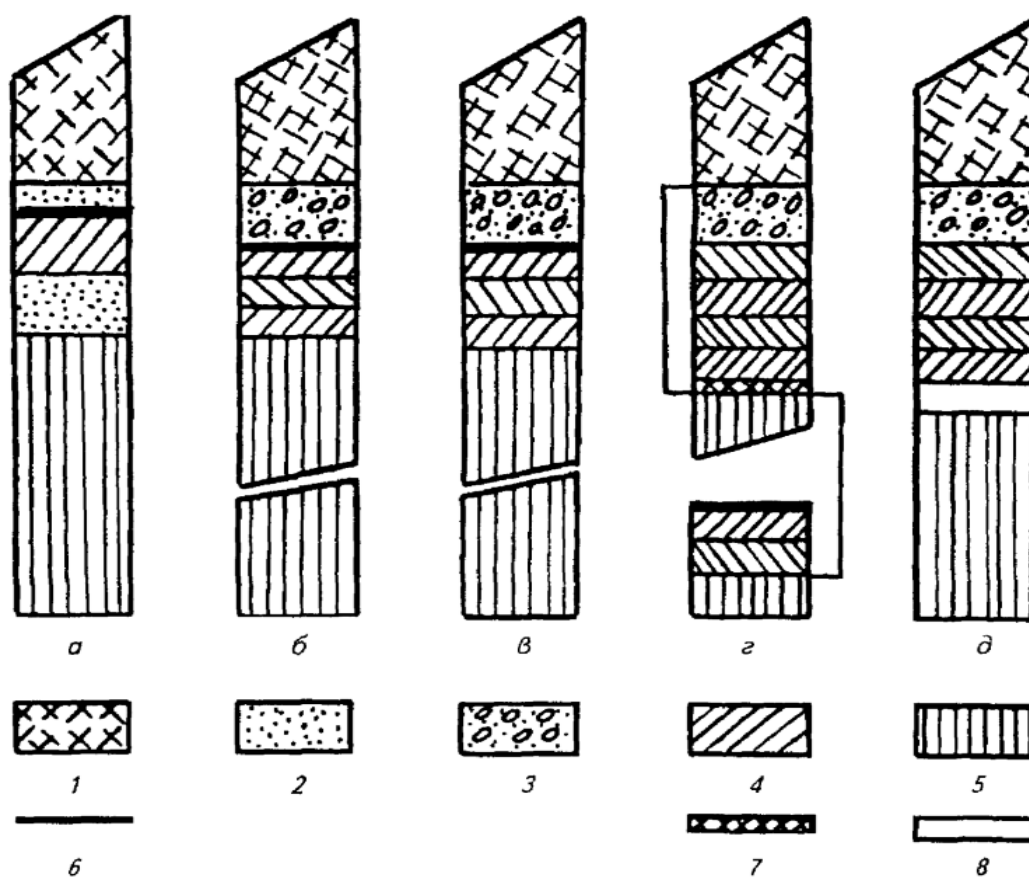
1 **Бентофикс** — универсальный изолирующий материал, выполненный на минеральной основе (бентонит). Это покрытие на минеральной основе из армированного (укрепленного, упрочненного) волокна представляет собой самоизолирующую защитную мембрану. Натуральный натриевый бентонит абсорбирует воду внутри кристаллов и влагонасыщается, благодаря чему закрываются остаточные пространства пор минерала, коэффициент фильтрации достигает 10^{-9} м/с (рисунок 58).

Используемые рулонные материалы должны соответствовать нормативным документам (ГОСТ 30547-97) и иметь соответствующие сертификаты фирм-изготовителей.



а – основание полигона сложено водопроницаемыми горными породами или мощность слабо-проницаемых пород менее 1 м; б – основание полигона сложено слабопроницаемыми грунтами или их мощность не менее 1 м;
 1 – слой ТБО; 2 – выравнивающий слой из минерального грунта (0,2 м);
 3 – дренажный слой из гальки (0,3 м); 4 – дренажная труба диаметром, равным 0,1 м; 5 – гидроизоляционный слой (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый); 6 – основание полигона, сложенное проницаемым грунтом;
 7 – основание полигона, сложенное слабопроницаемым грунтом мощностью не менее 1 м.

Рисунок 56 – Защитный экран, устраиваемый в основании полигона



а – Голландия; б – Австрия; в – Германия; г – Швейцария; д – предложенные ЕС; 1 – мусор; 2 – песчаный фильтр ($h = 0,1$ м); 3 – гравийный фильтр ($h = 0,2 - 0,25$ м); 5 – основание ($\min = 2 - 5$ м); 6 – гидроизоляционный рулонный синтетический экран ($h = 2 - 4$ мм); 7 – асфальтовый экран ($h = 0,07$ м); 8 – альтернатива (синтетический, асфальтовый, геокомпозитный или силикатный слой).

Рисунок 57 – Защитные системы (экраны) для оснований полигонов, применяемые в различных странах



Рисунок 58 – Бентофикс

Для изготовления геосинтетических матов «БЕНТОФИКС» в основном требуется бентонитовый порошок и шириной 20 см нетканые геотекстильные полосы, используемые впоследствии для заделки швов.

На строительную площадку материал поступает в рулонах в контейнерах или в грузовиках с открытым верхом; размер материала в одном рулоне составляет 4,85 x 40 м. Обязательное условие, предъявляемое к месту разгрузки и хранения материалов – сухое, твердое, ровное и свободное от посторонних предметов.

И нетканые геотекстильные полосы и бентонитовый порошок, упакованный в мешки, должны быть защищены от дождя и снега.

Рулоны можно выгружать с помощью специальных строп, выполненных в виде двух ремней шириной 20 см и более, обернутых вокруг рулона на расстоянии 1/3 ширины от краев рулона, подвешенных к крюку подъемного крана или ковшу экскаватора таким образом, чтобы исключить повреждение разгружаемых рулонов. Также можно использовать

металлическую траверсу¹ или трубу, вставляемую во внутреннюю полость рулона.

Целостность упаковки проверяют после доставки во время выгрузки и складирования. Незначительные повреждения заклеивают липкой лентой. Снимают упаковку с материала непосредственно перед его укладкой.

Максимальная высота штабелирования — 5 рулонов. Уложенные на складе рулоны должны быть укрыты материалом, защищающим их от дождя, снега и солнечного света. Незначительные повреждения укрывного материала также заделывают липкой лентой.

Для укладки рулонов требуются машины, механизмы и оборудование: экскаватор (на гусеничном или колесном ходу); фронтальный погрузчик; приспособления для транспортировки рулонов по строительной площадке; вода (прицепная цистерна); промышленная дрель с миксерной насадкой; источник электроэнергии (генератор или кабельная линия) для привода дрели; ящик для приготовления раствора (примерно на 80 л); ручная тележка; десятилитровые ведра-совки; мастерки (кельмы); ножи или электролобзик для резки рулонов; маркеры или мел; рулетка; метла; роликовая гладилка.

Маты «Бентофикс» укладывают в сухую погоду при положительной температуре воздуха (рисунки 59, 60). Отсыпку защитного слоя выполняют из немерзлого грунта. Перед укладкой матов «Бентофикс» дно котлована, его откосы хорошо выравнивают, основание утрамбовывают, мест со стоячей водой быть не должно, а также острых выступов и углублений с перепадом высот более 3 см. Качество уплотнения основания должно быть таким, чтобы после проезда грузового транспорта не образовывалась колея от колес.

¹ Траверса, траверза (фр. traverse) (опоры) — элемент несущей конструкции: горизонтальная балка, опирающаяся на вертикальные опоры или подвешенная. Траверса — быстросъёмное грузозахватное приспособление, используемое на подъёмных кранах для работы с различными типами грузов. Являются промежуточным звеном между крюком крана и грузом. Позволяет избежать повреждений груза при его перемещении. Траверса может использоваться для подъёма длинномерных грузов и грузов, где возникают ограничения по высоте.



Рисунок 59 – Укладка бентофикса



Рисунок 60 – Укладка бентофикса

Рулоны раскатывают так, чтобы напечатанный торговый знак «Бентофикс» был на видимой стороне поверхности. Укладывают рулоны с нахлестом.

Движение транспорта по материалу запрещено, хождение должно быть сведено к минимуму.

Для предотвращения загрязнения склеивающей бентонитовой пасты в зоне стыка ее немедленно укрывают неткаными полосами, входящими в поставку, которые укатывают роликовой гладилкой.

В местах Т-образных и перекрестных стыков нетканые полосы должны располагаться над стыком, а не внутри его.

Если есть повреждения материала, на них накладывают заплатку из того же материала. Размеры ее должны быть больше габаритов поврежденного участка во всех направлениях.

Бентофикс выполняет роль как влагозадерживающего, так и подстилающего элемента.

2 Карбофол — изолирующее полимерное покрытие, изготовленное из полиэтилена высокой плотности низкого давления. Это обеспечивает защиту от просачивания различных жидкостей, в том числе токсичных (рисунок 61).

Материал «Карбофол» укладывают при температуре воздуха не ниже минус 5 °С (рисунок 62). Площадка должна быть ровная, свободная от острых предметов. Укладывается на маты «Бентофикс».

Соединяют материал в единое полотно экструзионной сваркой внахлест (10 – 15 см, без складок) или с образованием Т-образного шва.

При экструзионной сварке полимерный материал в расплавленном состоянии под давлением подают в зону сварного шва, приводя полимерный материал на линии шва в вязко-текучее состояние, и за счет избыточного давления происходит соединение стыкуемых элементов. Для более качественной сварки свариваемый материал необходимо предварительно подогревать.

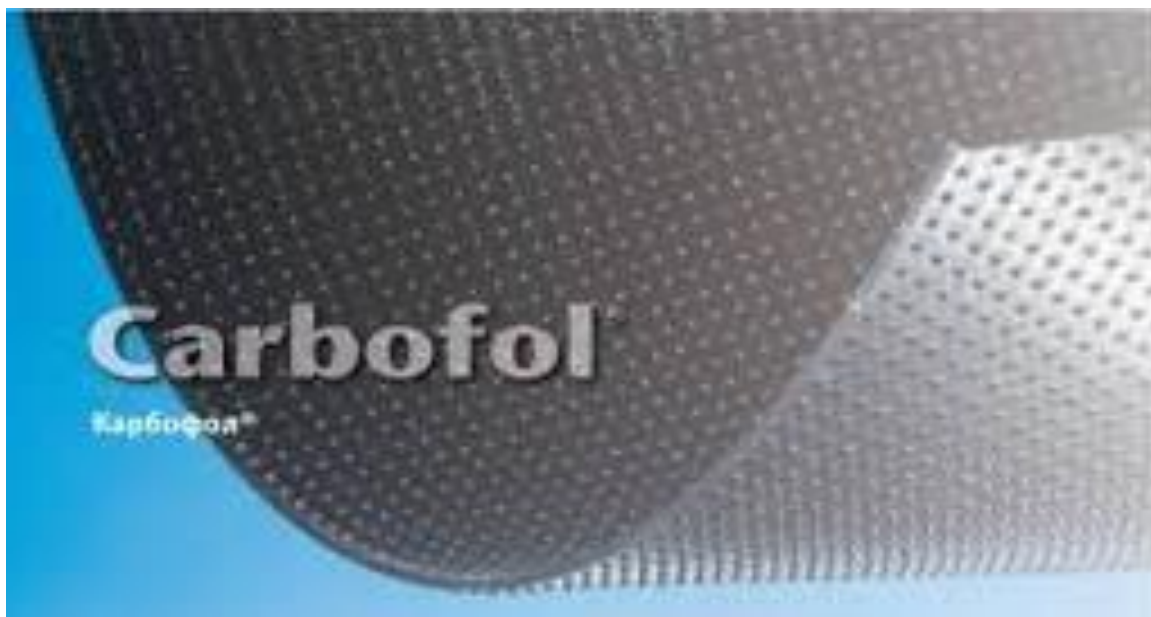


Рисунок 61 – Карбофол



Рисунок 62 – Укладка материала «Карбофол»

Свариваемая полоса вдоль кромок должна быть очищена от влаги и грязи и проведена временная прихватка полотнищ аппаратом горячего воздуха. Поверхность пленочного материала на расстоянии не менее 10 мм

от края шва должна быть обработана абразивным инструментом. Обработку следует проводить не более чем за 0,5 ч до начала сварочных работ.

Герметичность шва проверяют, подавая избыточное давление воздуха в сварочный канал. Шов считают герметичным, если через 10 мин давление упадет не более чем на 20 %.

Шов считают прочным, если вытягивание одного из сваренных полотнищ происходит не по шву, и сваренные элементы не разъединяются.

Укладывать во время сильных ветров и интенсивных атмосферных осадков не допускается. Механизмы и оборудование, применяемые при укладке материалов, не должны повреждать поверхностей.

3 *Секутекс* — иглопробивной штапельно-волокнистый нетканый геотекстильный материал, используемый в качестве защитного слоя (рисунок 63).

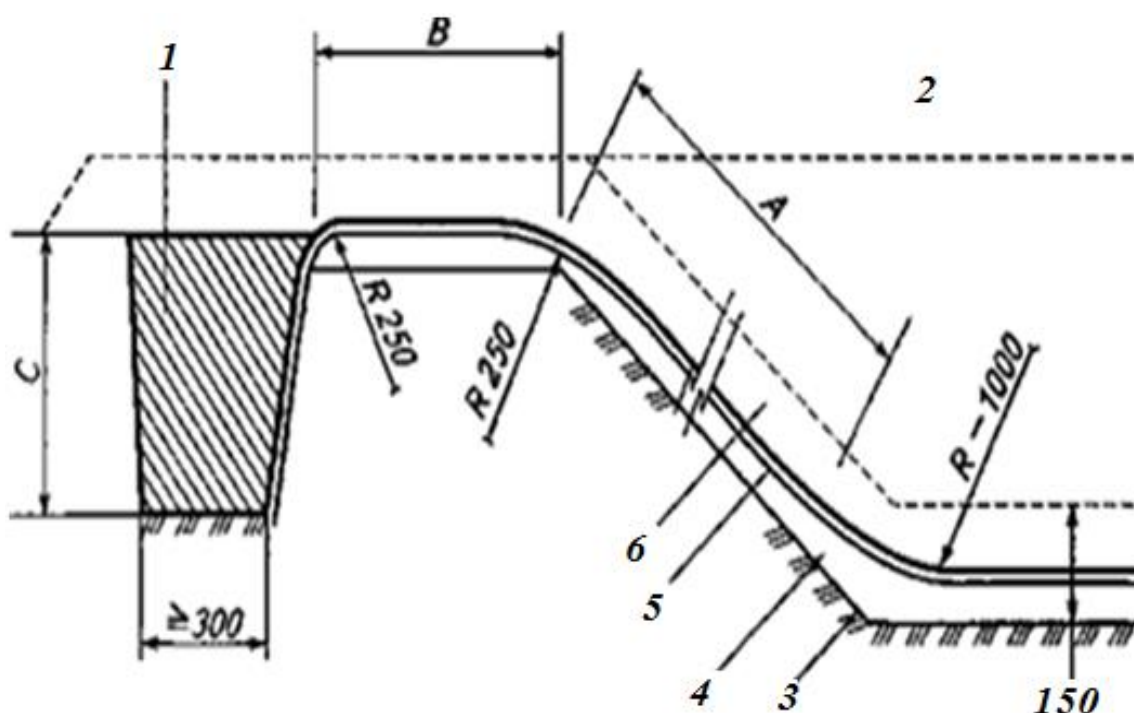


Рисунок 63 – Секутекс

Специальных машин и оборудования для укладки материала «Секутекс» не требуется. Движение по нему транспорта запрещено. Можно пригружать мешками с песком и др. для исключения воздействия ветра

(обладают высокой парусностью). Сверху укрывают слой грунта толщиной не менее 0,3 м. Заезд самосвалов и бульдозеров разрешается, если его толщина отсыпаемого грунта не менее 0,3 м. Перемещаться бульдозер при отсыпке и разравнивании защитного слоя должен только вдоль соединительных швов. Защитный слой после укладки и сварки пленочных полотнищ отсыпают не ранее чем через 72 ч.

Противофильтрационный экран, устраиваемый в основании полигона из геосинтетических материалов представлен рисунке 64.

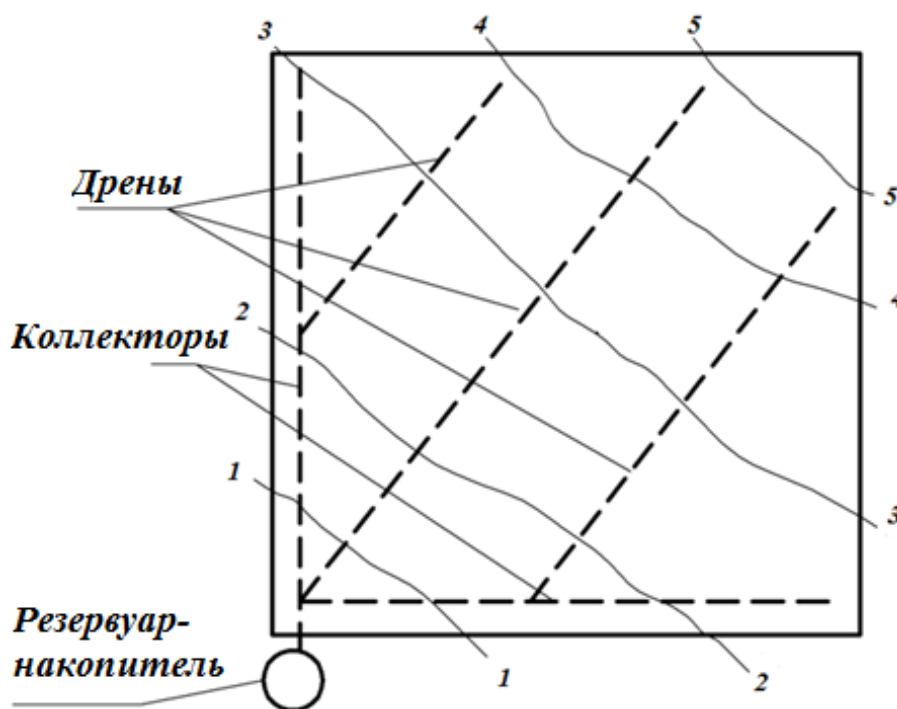


А - длина откоса котлована; В - ширина бермы; С - глубина анкерной траншеи; 1 - анкерная траншея с заполнителем или песком; 2 - котлован; 3 - грубое выравнивание; 4 - слой песка; 5 - система гидроизоляции (геомембрана); 6 - песок.

Рисунок 64 - Противофильтрационный экран, устраиваемый в основании полигона из геосинтетических материалов

В основании полигона создают дренажную систему (чтобы снизить давление фильтрата на экран). Дренажная сеть в котлованах состоит из двух

взаимно перпендикулярных коллекторов и входящих в них дрен-собирателей (рисунок 65). Коллекторы и дрены выполняют из перфорированных труб. Выполняют дренажные трубы из полиэтилена высокого давления, устойчивого к агрессивной среде фильтра и прочного, чтобы воспринимали давление выше уложенных отходов и нагрузку от работающей техники.



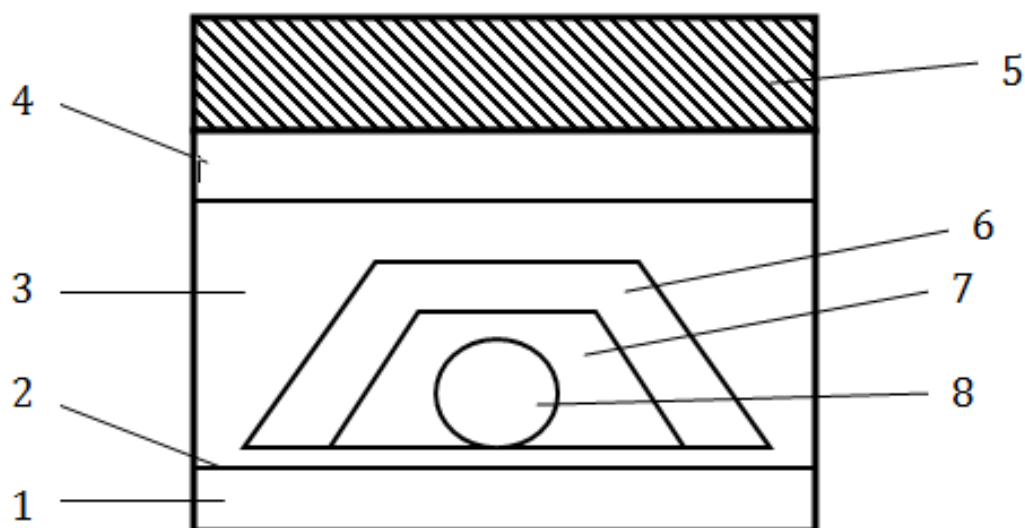
1 – 1, ..., 5 – 5 – горизонтали поверхности дна котлована после устройства противофильтрационного экрана.

Рисунок 65 – Компонировка дренажной сети в котлованах каждой очереди эксплуатации полигона

Бетонные трубы лучше не использовать, так как бетон не устойчив в агрессивной среде фильтрата.

В связи со строительством дренажной сети в процессе разработки грунта дну котлованов придают уклон (0,001 – 0,903) в сторону внешнего угла в каждом котловане. Уклоны дрен и коллекторов принимают

конструктивно в соответствии со спланированным основанием: продольный уклон дрен будет совпадать с уклоном дна в котловане, а коллекторов – несколько меньшим. Поэтому диаметр дренажных труб принимают 100 мм, а из-за уменьшения продольного уклона коллекторов – 150 мм. Монтируют перфорированные трубы вручную параллельно с обсыпкой их щебенкой. Дренажные трубы, уложенные по верху противофильтрационного экрана, обсыпают гравийно-песчаной смесью по методу обратного фильтра. Для обсыпки применяют щебень округлой формы диаметром 40 – 70 мм. Толщина обсыпки должна быть в 2 раза больше диаметра трубы. Конструкция коллектора и дрены показана на рисунке 66.



1 – выравнивающий слой; 2 – противофильтрационный экран, уложенный на выровненную и спланированную поверхность основания под проектный уклон; 3 – защитный слой из крупнозернистого песка; 4 – переходный слой из песка; 5 – отходы; 6, 7 – два слоя гравийно-щебеночной обсыпки дренажных труб по методу обратного фильтра; 8 – дренажная труба.

Рисунок 66 – Конструкция дрены

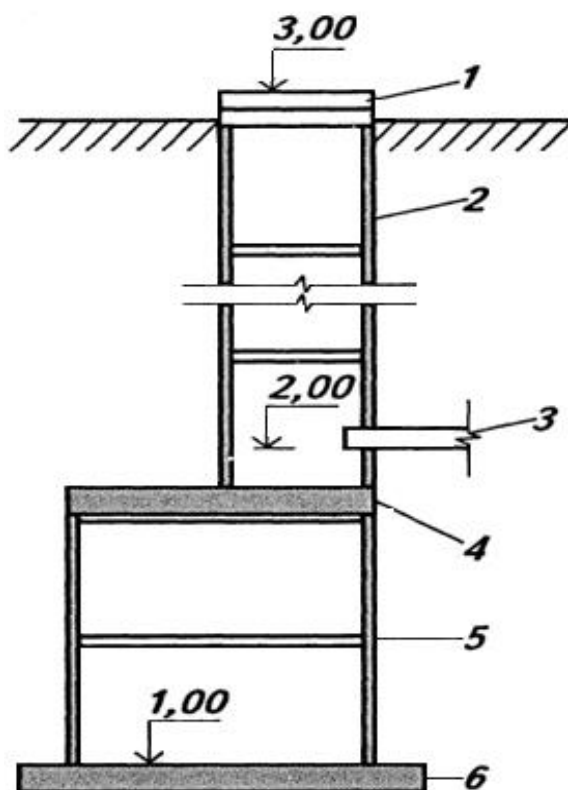
Далее формируют дренажный слой, отсыпая крупнозернистый песок между коллекторными и дренажными трубами. По верху дренажного слоя формируют переходный слой из песка. После этого укладывают отходы. Дренажный слой предназначен для отведения фильтрата к дренажным трубам. Поверхность дренажного слоя должна быть параллельна спланированной поверхности дна котлована.

Дренажный слой отводит фильтрат к дренажным трубам. Фильтрат по дренам поступает в коллекторы, один из которых соединен с колодцем-приемником фильтрата. Приемные колодцы состоят из типовых железобетонных элементов и чугунных смотровых люков с крышками.

Колодцы монтируют в заранее подготовленные котлованы. Все наружные и внутренние железобетонные поверхности колодцев покрывают гидроизоляционным материалом, устойчивым к воздействию кислот и щелочей. Приемные колодцы соединяют с коллектором (рисунок 67).

В проекте необходимо предусматривать системы откачки фильтрата из колодцев в резервуар-накопитель или систему городской канализации.

В начальный период эксплуатации полигонов ТБО (до 2 – 3 лет) отходы разлагаются в аэробных условиях с образованием CO_2 , и только по истечении этого срока процесс становится анаэробным с выделением биогаза. По мере его накопления и повышения пластового давления биогаз выходит на поверхность полигона. После прекращения эксплуатации полигона и его перекрытия процесс интенсивного образования биогаза продолжается в последующие 10 лет и более. Поэтому в составе проекта рассматривают мероприятия по дегазации свалочного тела полигона.



1 – люк колодца; 2, 5 – кольца КЦ-10-9 и КЦ-20-9; 3 – труба; 4, 6 – плиты перекрытия КЦП1-20-1 и КЦ-20.

Рисунок 67 – Конструкция приемного (устьевого) колодца

Чтобы исключить поступление на территорию полигона поверхностных вод устраивают нагорные каналы, которые собирают воды и отводят в ливневую канализацию. При наличии благоприятных гидрогеологических условий территории полигона (неглубокое залегание водопроницаемых горных пород и низкое залегание уровня грунтовых вод) и незначительном загрязнении поверхностного стока используют водопоглощающие колодцы.

В составе проекта полигона ТБО проектируют административно-хозяйственную зону (АХЗ), контрольно-пропускной пункт (КПП), зону гаража и площадки с навесом для хранения строительной техники, зону мастерских для ремонта машин и механизмов, зону склада топливно-

смазочных материалов, стройматериалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и других материалов, объекты линий электроснабжения и других сооружений, пожарный резервуар.

Территория хозяйственной зоны должна иметь твердое покрытие, освещение. На крупных полигонах (срок эксплуатации более 15 лет) водоснабжение должно обеспечиваться из артезианских скважин, проектируемых в составе объекта.

На выезде из полигона должна быть контрольно-дезинфицирующая яма в виде железобетонной ванны длиной 8 м, глубиной 0,3 м и шириной 3 м для дезинфекции колес мусоровозов. Ванну в теплый период заполняют 3 %-м раствором лизола¹ и опилками.

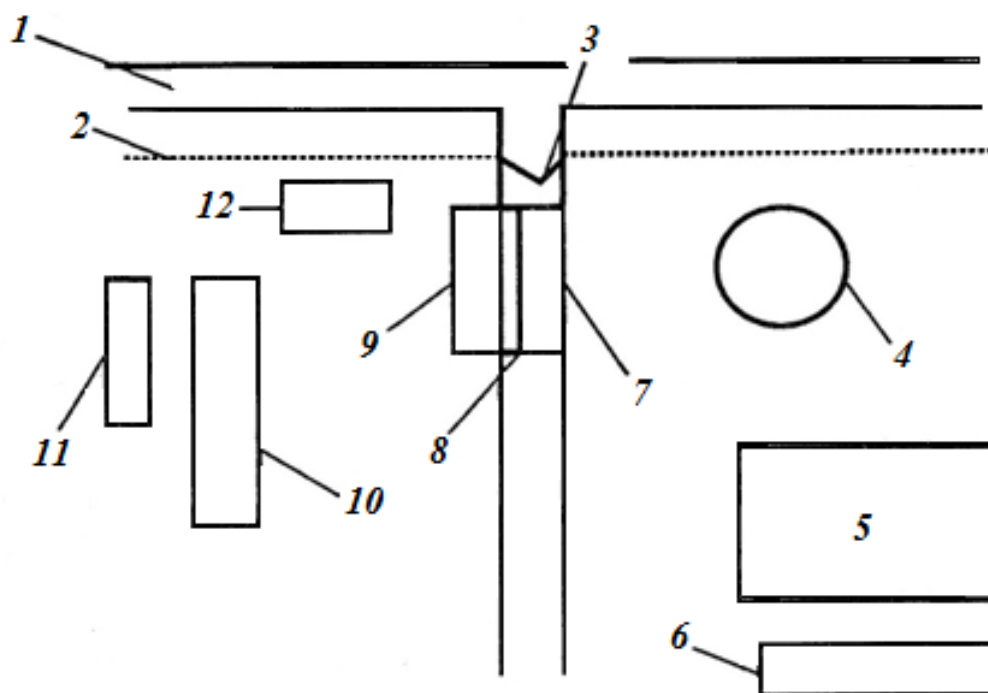
На территории АХЗ предусматривают железобетонный резервуар или пруд вместимостью около 50 м³ (необходим при тушении пожара).

По периметру полигона проектируют ограждение высотой 1,8 м, а также ворота, шлагбаум. Схема административно-хозяйственной зоны показана на рисунке 68.

Согласно СанПиН 2.1.7.722-98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов ТБО» санитарная зона должна быть шириной 0,5 км. В санитарно-защитной зоне запрещается размещение жилой застройки, скважин и колодцев для питьевых целей.

Схема эксплуатации полигона может включать несколько очередей. Сначала заполняют котлован 1-й очереди до уровня дневной поверхности земли, затем 2-й, 3-й и т.д.

¹ Лизол – дезинфицирующая маслянистая жидкость красно-бурого цвета. Раствор очищенных фенолов (фенолов, крезолов, ксиленолов) в калийном мыле. Лизол до 5 %-ной концентрации обладает бактерицидным действием, выше 5 %-ной концентрации – проявляет инсектицидное действие. Одно из главных достоинств лизола в бактериологии – отсутствие необходимости готовить «свежие» растворы.



1 – подъездная дорога; 2 – ограждение; 3 – ворота и пост радиометрического контроля; 4 – пруд для пожаротушения; 5 – стоянка для автомобилей; 6 – склад, топливно-смазочных материалов (ТСМ); 7 – дезинфицирующая яма; 8 – вековая; 9 – контрольно-пропускной пункт; 10 – вагончик для рабочих; 11 – санузел; 12 – трансформаторная подстанция.

Рисунок 68 – Схема административно-хозяйственной зоны

Основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходами: доставка ТБО на полигон → радиационный контроль ТБО → послойная укладка отходов → послойное уплотнение укладываемых отходов → устройство изолирующего слоя из минерального грунта в конце каждой смены (0,2 м) → устройство финального перекрытия и рекультивация полигона.

Проезжают к участкам захоронения отходов по кольцевой автодороге. Для съезда в котлованы устраивают пандусы-съезды или выезды.

Основные этапы складирования отходов на полигоне показаны на рисунке 69.



Рисунок 69 – Основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходами

В пожароопасные периоды необходимо увлажнять отходы, уложенные в теле.

В период эксплуатации полигона и после его закрытия необходимо проводить экомониторинг (приложение Г). Программа мониторинга включает наблюдения за:

- за соответствием отходов, поступающих на полигон, заявленной степени опасности;

- за изменением качества грунтовых вод за пределами полигона;
- химическим составом и количеством фильтрата;
- за загрязнением воздуха.

Мониторинг химического состава фильтрата проводят один или два раза в год. При резком изменении качественного и количественного составов фильтрата периодичность наблюдений увеличивают. Качество грунтовых вод контролируют через наблюдательные скважины, пробуренные за пределами полигона, с целью получения информации об изменении их состава, вызванного возможным просачиванием фильтрата через защитный экран. Периодичность отбора проб воды должна быть не реже 2 раз в год (в СЗЗ).

Ежеквартально берут пробы воздуха, который отбирают в приземном слое в зоне перекрытого участка свалки и на границе с санитарно-защитной зоной.

Содержание загрязняющих веществ в растениях и почве контролируют не реже 1 раза в год (июль – август).

Химические и токсичные отходы, недопустимые для захоронения на полигоне, контролируют визуально. Если отходы не соответствуют заявленным требованиям, то такие отходы захоронению на данном полигоне не принимают.

На высоконагружаемых полигонах со сроком эксплуатации не менее 5 лет допускается превышение проектной отметки на 10 %.

После заполнения полигона до проектной отметки его закрывают и выполняют работы по его рекультивации. Минеральным грунтом укрепляют его наружные откосы. Окончательное перекрытие поверхности полигона должно включать систему гидроизоляции и газовентиляции. Защитный экран для снижения объемов осадков, поступающих в тело полигона, выполняют в виде глиняного замка или из геосинтетических материалов.

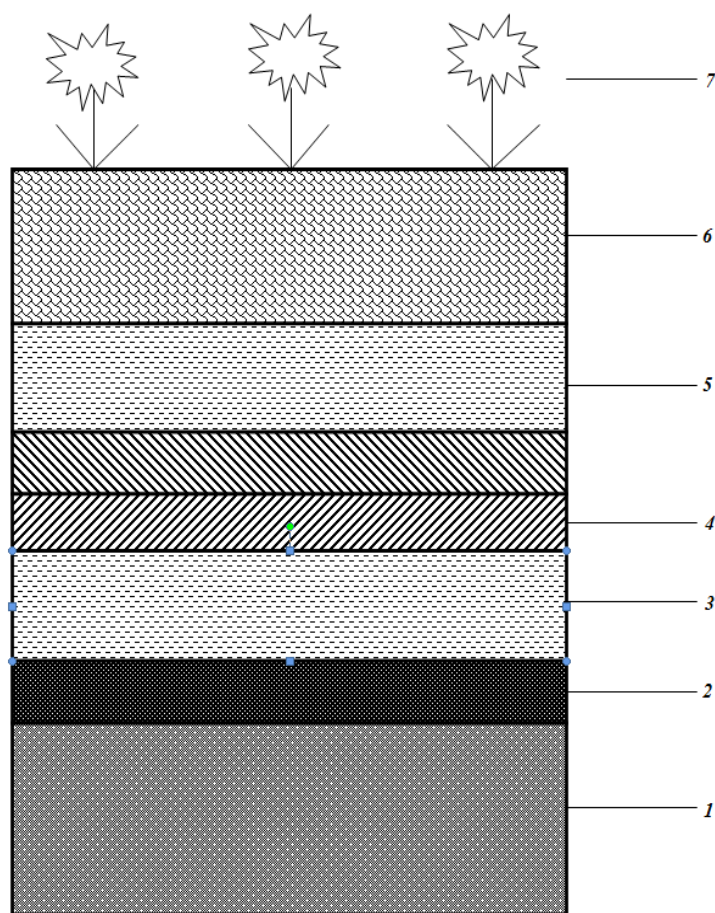
Перекрытие с устройством глиняного замка выполняют следующим образом.

В процессе укладки последнего слоя ТБО поверхности полигона придают уклон от центра в сторону его краев, с целью отвода поверхностных вод. Затем наносят защитный слой минерального грунта толщиной 0,2 м. Далее наносят дренажный слой из гальки, предназначенный для отвода биогаза, толщиной 0,3 м. затем возводят противofильтрационный экран (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый). Затем укладывают дренажный слой из гальки толщиной 0,3 м. затем переходный слой из песка и гальки, а потом отсыпают слой потенциально плодородных горных пород и почвенный слой толщиной 0,15 – 1 м, в зависимости от целевого использования территории. Конструктивная схема защитного экрана в системе окончательного перекрытия поверхности полигона ТБО показана на рисунке 70.

Конструкцию защитного экрана из геосинтетических материалов устраивают так.

В начале, устраивают систему сбора и удаления биогаза, затем выполняют песчаную подготовку под гидроизоляцию из геотекстильного материал, например, Scudran DS 601 K201, толщиной 2 мм. Сверху расстилают слой из бентофикса, толщиной 7 мм, который накрывают слоем геотекстильного материала (секутекс). По его верху отсыпают защитный слой из песка и дренажный из щебня толщиной по 0,3 м каждый. Затем насыпают слой потенциально плодородного грунта (легкий суглинок или супесь) толщиной 0,8 м и плодородный слой толщиной 0,2 м.

Конструкция защитного экрана представлена на рисунках 71 и 72.



- 1 – финишный слой ТБО; 2 – защитный слой минерального грунта (0,2 м), отсыпаемого в процессе эксплуатации полигона; 3 – дренажный слой из гальки толщиной 0,3 м, предназначенный для отвода биогаза;
- 4 – противофильтрационный экран (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый); 5 – дренажный слой толщиной 0,3 м из гальки для отвода атмосферных осадков; 6 – рекультивационный слой (0,15 – 1 м), состоящий из слоя почвы и потенциально плодородных горных пород, в зависимости от последующего целевого использования образующейся территории;
- 7 – травостой.

Рисунок 70 – Конструкция защитного экрана в системе финального перекрытия поверхности полигона ТБО

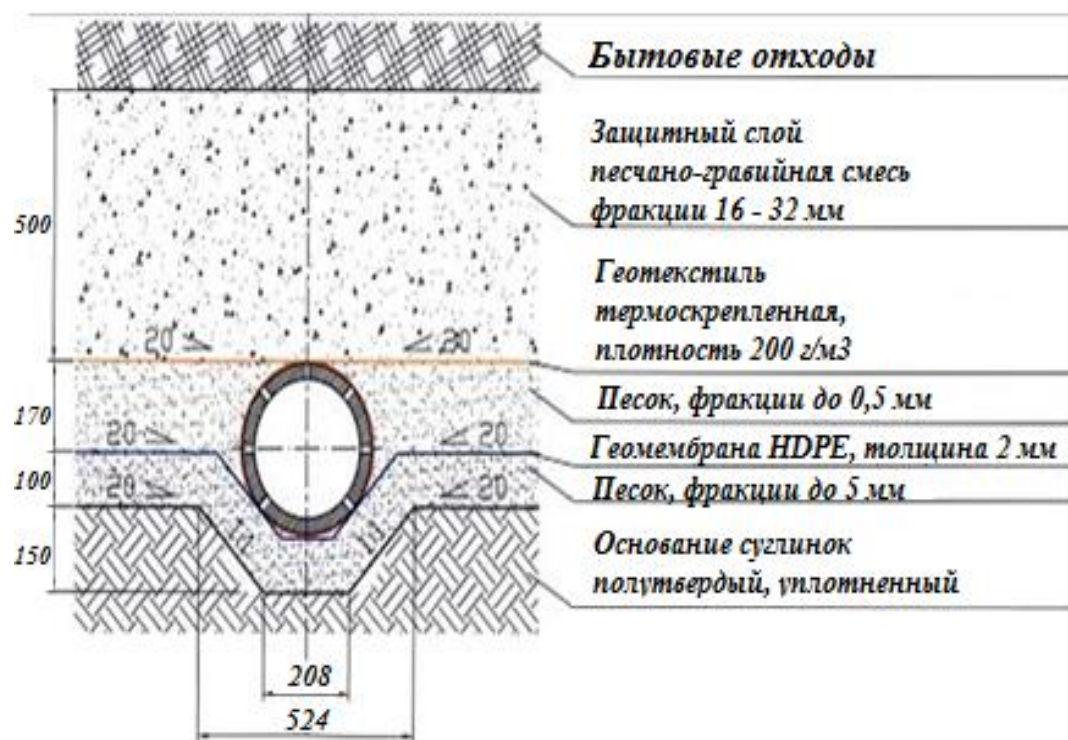


Рисунок 71 – Конструкция защитного экрана



Рисунок 72 – Конструкция защитного экрана

8.3 Биологический этап рекультивации

После проведения технического этапа рекультивации начинается биологический.

В зависимости от того как в дальнейшем будут использовать рекультивируемые участки определяют их целевое назначение, чаще всего это строительное, лесохозяйственное, рекреационное и сельскохозяйственное.

Если рекультивируемый полигон располагается в зоне землепользования того или иного сельскохозяйственного предприятия, то осуществляется сельскохозяйственное направление. Цель данного направления – создание сенокосных, пастбищных, пахотных угодий, территорий высокопродуктивного поливного овощеводства и садоводства. Выращивание фруктов и овощей разрешается только по прошествии 10 – 15 лет, а создание пастбищно-сенокосных угодий допускается через 1 – 3 года после того как полигон закроют.

На нарушенных полигонами землях при лесохозяйственном направлении рекультивации создают различного типа лесные насаждения. Выращиваемые лесные культуры должны выполнять мелиоративную, противозерозионную, полезащитную, ландшафтно-озеленительную функции.

Доведение территории закрытого полигона до состояния, пригодного для гражданского и промышленного строительства является целью строительного направления рекультивации. При этом строительство объектов на рекультивируемой территории возможно либо с вывозом свалочного грунта, либо без. Только после проведения необходимых исследований решается вопрос о капитальном строительстве. Если свалочный грунт не был вывезен с территории закрытого полигона, то строительство гражданских объектов (детские учреждения, жилые здания, лечебно-профилактические учреждения) строго запрещено. Если грунт был

вывезен, то жилищное строительство разрешают после проведения санитарно-бактериологических исследований.

Рекультивация на биологическом этапе включает комплекс фитомелиоративных и агротехнических мероприятий. Высаживают защитные древесно-кустарниковые насаждения, сеют многолетние травы. При этом необходимо дождаться стабилизации закрытых полигонов – свалочный грунт упрочняется, переходит в устойчивое состояние. Сроки процесса стабилизации приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Сроки стабилизации закрытых полигонов под разными видами насаждений в различных климатических зонах

Вид рекультивации	Сроки стабилизации закрытых полигонов в различных климатических зонах, год		
	северная	южная	средняя
Посадка деревьев	3	2	2
Создание газонов, сенокосов, пашни, посев многолетних трав	3	1	2
Создание садов, огородов	15	10	10
Высадка сеянцев, кустарников	3	2	2

На биологическом этапе, который продолжается 4 года, подготавливают почву, подбирают ассортимент многолетних трав, сеют и ухаживают за посевами. Ассортимент многолетних трав дан в таблице 19.

Таблица 19 – Ассортимент многолетних трав для биологического этапа рекультивации закрытых полигонов

Южная	Средняя	Северная
Эспарцет песчаный	Пырей бескорневищный	Клевер красный
Донник белый	Ежа сборная	Тимофеевка луговая
Люцерна желтая	Овсяница красная	Волоснец сибирский
Рейграс пастбищный	Клевер красный	Мятлик обыкновенный
Костер безостный	Полевица белая	Мятлик луговой
Люцерна синегибридная	Мятлик обыкновенный	Овсяница луговая
Клевер белый	Мятлик луговой	
Овсяница луговая	Тимофеевка луговая	
Овсяница бороздчатая		

Подготовка почвы осуществляется в первый год биологического этапа и состоит из внесения удобрений в соответствии с нормой (таблица 20), дискования на глубину до 10 см, боронования в два следа и предпосевного прикатывания.

Таблица 20 – Нормы внесения удобрений при рекультивации

Минеральные удобрения	Нормы внесения, кг/га действующего вещества	
	основное допосевное внесение	подкормка
Древесная зола	400 – 800	–
Азотные	–	40 – 60
Калийные	60 – 80	40 – 60
Фосфорные	60 – 90	60 – 80

После нанесения поверхностного слоя и проведения комплекса агротехнических работ сеют фитомелиоранты в основном в четыре этапа:

- посадка растений-фитомелиорантов, способных выносить из почвы загрязняющие вещества. В качестве фитомелиорантов используют клевер белый, мятлик луговой, тимopheевку луговую, овсяницу красную, пырей бескорневищный, лядвенец рогатый, костер безостый;

- высадка дернообразующих трав. Травосмесь двух-трех компонентная и более. Подбор для травосмеси должен обеспечивать хорошее задержание рекультивируемой свалки или полигона;

- выбор ассортимента кустарниковых и древесных пород, трав, способных расти на загрязненных почвах, и их посадка;

- подбор ассортимента кустарниковых и древесных пород, для парковых насаждений, устойчивых к загрязнению окружающей среды в условиях города.

Озеленение подобных территорий не завершается посадкой растений, а представляет собой длительный и трудоемкий процесс, требующий регулярного ухода за растительностью. Травы, используемые для рекультивации, должны быть апробированных сортов и местных популяций. Высаживаемые растения должны быстро акклиматизироваться, обладать устойчивостью к неблагоприятным условиям микроклимата (быть долговечны, морозо- и засухоустойчивы) и отрицательным физическим и химическим свойствам грунта, иметь сильно развитую корневую систему, обладать способностью к симбиозу с микроорганизмами, быстро отрастать после скашивания и обеспечивать хорошее задержание территории.

В таблице 21 приведены нормы посева семян трав.

Таблица 21 – Нормы высева семян многолетних трав

Наименование видов трав	Нормы высева, кг/га
Тимофеевка луговая	15 – 18
Костер безостый	35 – 38
Люцерна желтая	15 – 18
Ежа сборная	18 – 19
Клевер красный	19 – 20
Донник	30 – 31
Клевер белый	10 – 12
Пырей сизый	25
Рейграс пастбищный	31 – 35
Пырей бескорневищный	38
Полевица белая	14 – 19
Овсяница луговая	29 – 31
Эспарцет песчаный	75
Овсяница красная	28 – 31
Мятлик луговой	19 – 25
Житник гребенчатый	23 – 25
Волоснец сибирский	23 – 25
Регнерия волокнистая	44

Норма высева снижается на 35 % если засеивается травосмесь, состоящая из двух компонентов, на 50 % – если травосмесь трехкомпонентная. Для северной зоны нормы высева трав можно увеличивать в 2 раза. Семена заделываются на глубину от 1 до 1,25 см, крупные семена на глубину от 3 до 4 см. Между одноименными рядками расстояние должно составлять 45 см, а между общими рядками 22,5 см.

Затем осуществляют уход за посевами: полив, повторность полива, которая зависит от климатических условий той или иной местности, подкормку минеральными удобрениями (таблица 20), боронование на глубину 3 – 5 см и скашивание на высоте 10 – 15 см.

В последующие годы (2 – 4 года) при выращивании многолетних трав необходимо в весенний период подкармливать азотными удобрениями, бороновать почву на глубину 3 – 5 см и скашивать траву на высоту 5 – 6 см.

По истечении 4-х лет после высева трав рекультивируемый участок (полигон) передается соответствующему ведомству для осуществления рекреационного, лесохозяйственного или сельскохозяйственного направлений работ [3, 21].

При формировании парковых насаждений рекомендуют следующие породы кустарниковых и древесных культур в зависимости от качества почвы рекультивируемого объекта:

- на потенциально плодородных почвах реабилитируемого участка: кустарники – ольха серая, жимолость татарская, смородина золотистая, акация желтая, свидина, спирея калинолистная, лох узколистный, шиповник, облепиха; древесные культуры – липа мелколистная, тополь, береза бородавчатая, клен ясенелистный, татарский и полевой, сосна обыкновенная, рябина, ива козья;

- на почвах со значительной остаточной токсичностью: кустарники – лох узколистный, ольха серая, жимолость татарская, вишня степная, спирея клинолистная, акация желтая, смородина золотистая; древесные культуры – клен татарский, тополь, береза бородавчатая;

- на слаботоксичных, но сильнокислотных почвах: кустарники – жимолость татарская, спирея клинолистная, лох мелколистный, акация желтая, смородина золотистая; древесные культуры – береза бородавчатая, тополь, сосна обыкновенная, клен ясенелистный, ольха серая.

В междурядьях рекомендуют проводить ленточный посев бобовых, например люпина и донника.

При формировании экологически устойчивых зеленых насаждений рекомендуют создавать смешанные парковые культуры в следующем соотношении: главные породы – до 60 %, сопутствующие – до 20 %, кустарники – до 20 % [3].

Контрольные вопросы

- 1 Приведите примеры твердых бытовых отходов.
- 2 Какие выделяют группы свалок ТБО?
- 3 В чем опасность несанкционированных свалок?
- 4 Охарактеризуйте этапы воздействия свалок на окружающую среду.
- 5 Что такое биогаз? В чем его опасность?
- 6 Основные мероприятия по обнаружению радиоактивного загрязнения свалок.
- 7 Какие условия экологической безопасности необходимо соблюдать при вывозе свалочного грунта?
- 8 Охарактеризуйте такие методы санации как метод «вымывания» загрязнений, термическое санирование, гидравлический способ санации, методы биологического обезвреживания.
- 9 Что необходимо делать во избежание взрывов и пожаров на свалках ТБО?
- 10 Охарактеризуйте метод капсуляции.
- 11 Каким образом устраивают глиняный экран (замок)?
- 12 Что необходимо делать для отвода просачивающихся поверхностных и талых вод?
- 13 Что такое дегазация? Опишите устройство газоотводящей скважины?
- 14 Что такое полигоны захоронения ТБО?
- 15 Прием каких отходов на полигоны захоронения ТБО разрешен, а каких запрещен?

- 16 На какие два класса делят полигоны ТБО по видам принимаемых отходов?
- 17 Что такое демеркуризация?
- 18 Опишите основные разделы проекта строительства полигона захоронения ТБО.
- 19 От чего зависит число и площади полигонов ТБО?
- 20 Где запрещается размещение полигонов ТБО?
- 21 Какие природные условия считаются благоприятными с точки зрения размещения полигонов?
- 22 Охарактеризуйте составные элементы полигона: подъездную дорогу, участок складирования ТБО и хозяйственную зону.
- 23 Опишите порядок заполнения полигона.
- 24 Приведите пример естественного геохимического барьера в основании полигона. Почему?
- 25 Приведите примеры схем устройства глиняных экранов в зависимости от водопроницаемости пород.
- 26 Что представляет собой бентофикс? Охарактеризуйте правила его укладки.
- 27 Что представляет собой карбофол? Охарактеризуйте правила его укладки.
- 28 Что представляет собой секутекс? Охарактеризуйте правила его укладки.
- 29 Приведите пример противодиффузионного экрана из геосинтетических материалов.
- 30 Дайте характеристику дренажной системе, устраиваемой в основании полигона.
- 31 Назовите основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходами.
- 32 Что включает в себя программа экомониторинга?

33 Правила проведения мониторинга химического состава фильтрата, воздуха, почв.

34 Опишите конструкцию защитного экрана (закрывающего полигон) с устройством глиняного замка.

35 Опишите конструкцию защитного экрана (закрывающего полигон) из геосинтетических материалов

36 Опишите биологический этап рекультивации несанкционированных свалок и полигонов ТБО.

Список использованных источников

- 1 Рекультивация нарушенных земель / под ред. А. И. Голованова. – М. : КолосС, 2009. – 325 с.
- 2 Чибрик, Т. С. Основы биологической рекультивации : учебное пособие / Т. С. Чибрик. – Екатеринбург. – Изд-во Урал. ун-та, 2002. – 172 с.
- 3 Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В. И. Сметанин. – М. : Колосс, 2000. – 96 с.
- 4 Природообустройство / А. И. Голованов [и др.]. – М. : КолосС, 2008.
- 5 Петрищев, В. П. Ландшафтоведение : методические указания для студентов / В. П. Петрищев. - Оренбург : ОГУ, 2013. - 59 с.
- 6 Капельникова, Л. П. Основы ландшафтно-экологического земледелия / Л. П. капельникова. – М. : КолосС, 1994.
- 7 Коваленко, В. С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах : учебное пособие. – в 2-х ч. / В. С. Коваленко, Р. М. Штейнцайг, Т. В. Голик. – М. : Изд-во МГГУ, 2008. – Ч. 1. Основные требования к рекультивации нарушенных земель. – 65 с.
- 8 Новикова, А. Л. Фиторемедиация почв / А. Л. Новикова, М. В. Чубик // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Томск : Изд-во «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2014. – С. 52-54.
- 9 ГОСТ 17.5.3.04-83 (СТ СЭВ 5302-85). Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1984. – 8 с.
- 10 Рекомендации по снятию плодородного слоя почвы при производстве горных, строительных и других работ. – М. : КолосС, 1983.

11 Методические указания по разработке проектов рекультивации нарушенных земель, снятия и использования плодородного слоя почвы на горно-рудных предприятиях Минчермета СССР. – Свердловск, 1985. – 51 с.

12 ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации. – Введ. 1988-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1986. – 9 с.

13 Основные положения о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геолого-разведочных, строительных и других работ. – М., 1977.

14 ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. – Введ. 1986-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1985. – 16 с.

15 ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. – Введ. 1986-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1986. – 5 с.

16 ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. – Введ. 1982-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1982. – 5 с.

17 О порядке представления и организации рассмотрения материалов по обоснованию отнесения запасов полезных ископаемых к некондиционным и нормативов содержаний полезных ископаемых, остающихся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или в отходах горнодобывающего и перерабатывающего производства : приказ № 1538 от 31 октября 2007 г. – Изменен 7 июня 2010 г. Приказ № 588.

18 Шабанов, В. А. Влияние необустроенных городских свалок на окружающую среду / В. А. Шабанов, М. И. Бальзанников, Ю. М. Галицкова // Экология и промышленность России. – 2009. - № 4. – С. 38-41.

19 Соломин, И. А. Погребенные несанкционированные свалки в Москве / И. А. Соломин // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. - № 2. – С. 51-52.

20 Зомарев, А. М. Санитарно-гигиеническое состояние полигонов захоронения твердых бытовых отходов на этапах жизненного цикла / А. М. Зомарев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2010. - № 1. – С. 39-42.

21 Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. – Утв. Министерством строительства РФ от 2 ноября 1996 г. – 39 с.

Приложение А (обязательное)

Морфометрические параметры техногенного рельефа

Таблица А.1

Параметры	Направление рекультивации					
	Сельскохозяйственное		Лесохозяйственное	Водо-, рыбохозяйственное	Рекреационное	Санитарно- гигиеническое
	пашня	сенокосы, пастбища				
Высота временного склада ПСП, м, не более	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Уклон откоса отвала, градус, не более	-	12	18	-	20 (при озеленении)	
Мощность снимаемого плодородного слоя почвы (ПСП), м	Определяется проектом в зависимости от требований биологического этапа					
Глубина водоема в карьерной выемке, м, не менее	-	-	-	1,5	1,5	-
Мощность насыпного ПСП после усадки, м, не менее	0,30	0,10	-	0,20*	0,20*	-
Площадь рекультивируемого участка, га, не менее	10,0	5,0	не лимитируется	0,5	не лимитируется	
Мощность насыпного слоя ППП после усадки, м, не менее	$\frac{0,5^{**}}{1,0^{***}}$	$\frac{0,3^{**}}{0,8^{***}}$	$\frac{-^{**}}{2,0^{***}}$	-	1,0*** (для зеленых зон)	0,3*** (при озеленении)
Мощность снимаемого слоя потенциально плодородных пород (ППП), м	Определяется проектом в зависимости от требований биологического этапа					
Уклон поверхности отвала, градус, не более	2	6	10	-	угла устойчивого откоса	
Уклон борта карьерной выемки, градус, не более	-	12	18	8*4)	-	20 (при озеленении)

Продолжение таблицы А.1

Параметры	Направление рекультивации					
	Сельскохозяйственное		Лесохозяйственное	Водо-, рыбохозяйственное	Рекреационное	Санитарно- гигиеническое
	пашня	сенокосы, пастбища				
Террасы:						
расстояние между террасами по вертикали, м, не более	-	-	15,0	-	15,0	15,0
поперечный уклон, градус	-	-	2 - 3	-	2 - 3	2 - 3
уклон откоса подступа, градус, не более	-	-	угла устойчивого откоса	-	угла устойчивого откоса	
ширина, м, не менее	-	-	12,0	-	6,5	6,5
Водоудерживающий вал на отвале, м, не менее:						
ширина по подошве	1,5	1,5	1,5	-	1,5	-
высота	0,7	0,7	0,7	-	0,7	-
Глубина поверхностного слоя отвала, подвергающаяся химической мелиорации, м, не менее	0,3 ^{*5)}	0,3 ^{*5)}	0,2 ^{*5)}	-	0,2 ^{*5)}	0,2 ^{*5)}
Мощность слоя глины для перекрытия выходов угольных пластов в карьерных выемках, м, не менее	-	-	-	1,0	1,0	1,0
Мощность насыпного экранирующего слоя, м ^{*6)}	Определяется проектом					
* На мелководных зонах водоемов, создаваемых в карьерных выемках. ** Для отвалов, поверхность которых сложена малопригодными породами. *** Для отвалов, поверхность которых сложена непригодными породами. *4) Для мелководной зоны водоема, создаваемого в карьерной выемке. *5) Для отвалов, поверхность которых сложена непригодными по химическому составу породами. *6) При создании насыпного экранирующего слоя мелиорация поверхностного слоя пород на отвале не проводится.						

Приложение Б (обязательное)

Последовательность выполнения рекультивационных работ на отвалах

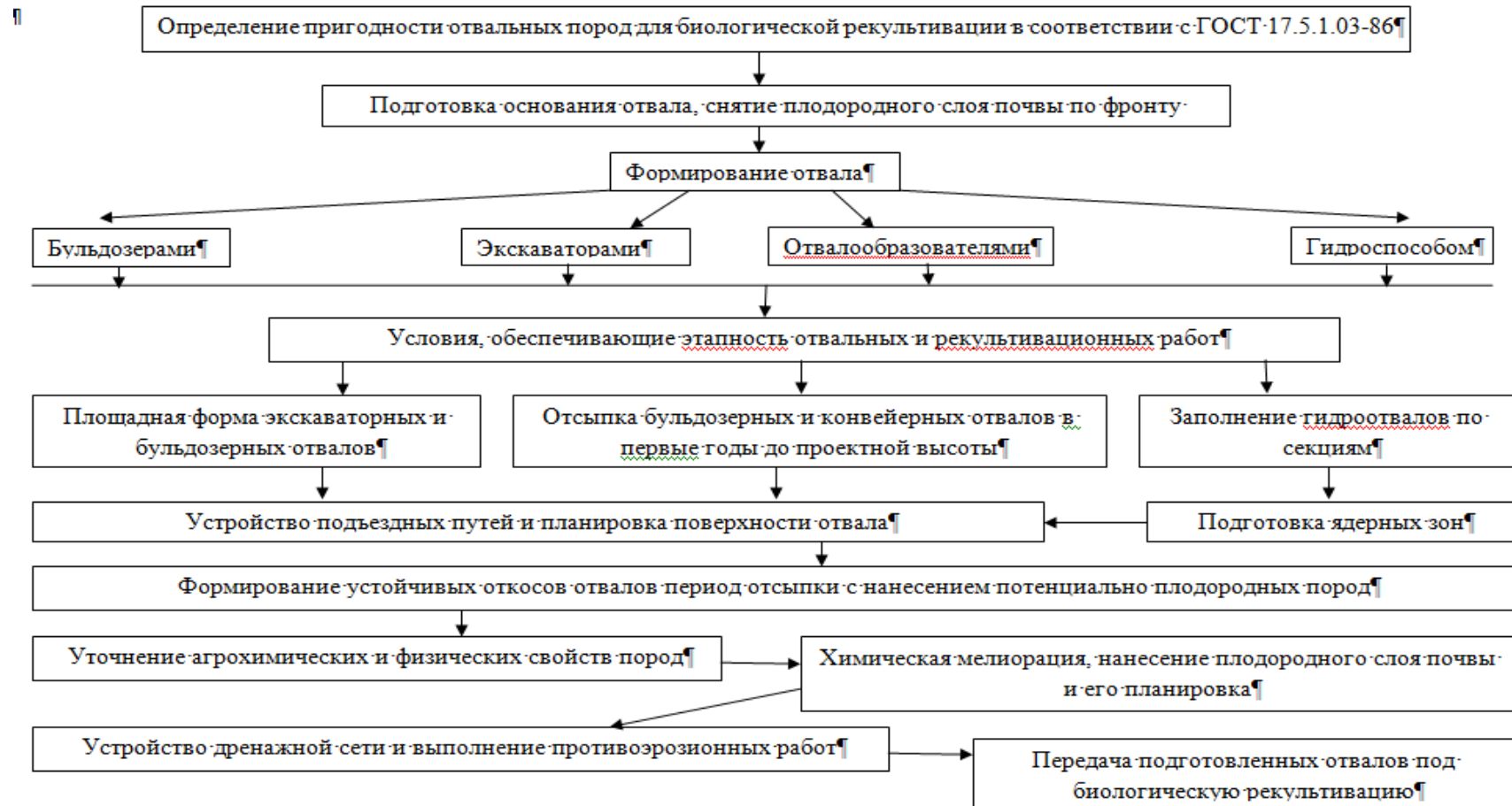


Рисунок Б.1

Приложение В (обязательное)

Природно-техногенные условия, определяющие направления использования рекультивированных земель

Таблица В.1 – Классификация нарушенных земель по техническому рельефу для рекультивации (по ГОСТ 17.5.1.02-85)

Группа нарушенных земель	Характеристика нарушенных земель по форме рельефа	Преобладающий элемент рельефа	Фактор, обуславливающий формирование рельефа	Возможное использование
Выемки карьерные	Террасированные: очень глубокие и сверхглубокие	Откосы, днища, уступы по бортам	Разработка залежей полезного ископаемого глубинного типа наклонного (от 8° до 30°) или крутого (свыше 30°) падения с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	Сухие – площадки для строительства и размещения отходов производства; по откосам и бермам – задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения; обводненные – водоемы многоцелевого назначения
	Глубокие	Уступы, днища, уступы по бортам	Разработка залежей полезного ископаемого глубинного типа наклонного или крутого падения с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	
	Среднеглубокие	Уступы, днища	Разработка в 2 – 3 уступа площадных залежей горизонтального и пологого падения (от 8 до 10°) средней мощности (до 30 м). Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	На выположенных склонах – сенокосы; по откосам – задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения; сухие – площадки размещения отходов производства и для строительства; зоны отдыха и спорта; обводненные – водоемы рыбоводческие и многоцелевого назначения
	Котловинообразные, среднеглубокие	Откосы, днища	Разработка одним уступом площадных залежей горизонтального и пологого падения средней мощности (до 30 м). Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	

Продолжение таблицы В.1

Группа нарушенных земель	Характеристика нарушенных земель по форме рельефа	Преобладающий элемент рельефа	Фактор, обуславливающий формирование рельефа	Возможное использование
Выемки карьерные	Западинообразные	Днища, откосы	Разработка площадных залежей горизонтального и пологого падения малой мощности (до 5 м). Вскрыша отсутствует	Сухие - пастбища, пашня, все виды лесонасаждений, сенокосы, обводненные - водоемы рыбоводческие и природоохранного назначения
	Котловинообразные, неглубокие	Днища, откосы	Разработка одним уступом площадных залежей горизонтального и пологого падения малой мощности (5 – 10 м). Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	Площадки для строительства; обводненные - водоемы рекреационного и рыбоводческого назначения, для орошения; зоны отдыха и спорта; сухие - сенокосы, пастбища, насаждения; задернованные участки природоохранного назначения
	Глубинные нагорно-террасированные	Уступы по бортам, днища	Разработка залежей полезного ископаемого высотно-глубинного типа наклонного или крутого падения, любой мощности с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	В нагорной части - многолетние насаждения рекреационного и природоохранного назначения; в глубинной - водоемы рекреационного и природоохранного назначения
Отвалы внутренние	Нагорно-террасированные	Уступы	Разработка в несколько уступов залежей полезного ископаемого высотного типа, наклонного или крутого падения, любой мощности с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	Лесонасаждения рекреационного и природоохранного назначения; многолетние насаждения
	Платообразные, близкие к уровню естественной поверхности	Плато	Отсыпка отвалов при транспортных системах разработки залежей полезного ископаемого пологого падения глубинного типа малой мощности (до 20 м), при мощности вскрыши до 30 м	Зоны отдыха и спорта; площадки для строительства на плато; пастбища, пашня, сенокосы, все виды насаждений; многолетние насаждения, лесонасаждения и задернованные участки по склонам природоохранного назначения

Продолжение таблицы В.1

Группа нарушенных земель	Характеристика нарушенных земель по форме рельефа	Преобладающий элемент рельефа	Фактор, обуславливающий формирование рельефа	Возможное использование
Отвалы внешние	Платообразные средневысокие	Откосы, плато	Формирование одноярусных отвалов при транспортных системах разработки полезных ископаемых, включая гидроотвалообразование	Зоны отдыха и спорта; сенокосы, многолетние насаждения, пастбища, пашня, все виды лесонасаждений на плато; задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения, сенокосы по склонам;
	Платообразные террасированные средневысокие	Плато, террасы по откосам	Отсыпка двухъярусных отвалов при транспортных системах разработки полезных ископаемых	Задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения на откосах; зоны отдыха и спорта; пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато и террасах;
	Платообразные террасированные гребневидные	Откосы, система гребней	Отсыпка бортов отвалов при бестранспортной системе разработки полезных ископаемых	Задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения; сенокосы, многолетние насаждения;
	Гребневидные с террасированными склонами	террасы по откосам; система гребней по верху	Отсыпка верхнего яруса на многоярусных отвалах драглайнами или консольными отвалообразователями	Сенокосы, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато; задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения на террасах и откосах
Отвалы внутренние	Платообразные террасированные	террасы по рабочему борту; плато	Отсыпка отвалов в несколько ярусов при транспортных системах разработки залежей полезного ископаемого пологого падения глубинного типа. Мощность вскрыши свыше 40 м	Задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения на террасах и склонах; пашня, пастбища, сенокосы, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений, зоны отдыха и спорта; площадки для строительства на плато
	Гребневидные	Системы гребней	Перевалка вскрыши экскаваторами, отвалообразователями или транспортно-отвальными мостами	Зоны отдыха и спорта; пашня, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища, все виды лесонасаждений на плато; задернованные участки и лесонасаждения природоохранного назначения;

Таблица В.2 – группировка нарушенных земель по характеру обводнения (увлажнения) (по ГОСТ 17.5.1.02-85)

Группа нарушенных земель	Характеристика увлажнения	Основной фактор, определяющий характер увлажнения	Возможное использование	
			с проведением гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий	без проведения гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий
Отвалы и насыпи земляные	Переувлажненные	Водопроницаемость пород низкая, количество атмосферных осадков значительное, залегание грунтовых и подземных вод (относительно подошвы отвала) близкое	Все виды использования	Задернованные участки, сенокосы и лесонасаждения природоохранного назначения
	Умеренно-влажные	Достаточное атмосферное увлажнение, водопроницаемость пород невысокая, залегание подземных вод неглубокое	Проведение гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий не требуется	Все виды использования, кроме водоемов
	Сухие	Количество атмосферных осадков недостаточное, водопроницаемость пород высокая, залегание подземных вод (относительно подошвы отвала) глубокое	Все виды использования, кроме водоемов	Все виды лесонасаждений, сенокосы, площадки для строительства, пастбища
Карьерные и земляные выемки	Обводненные	Выклинивание подземных вод и приток поверхностных вод с образованием открытого водоема при низкой проницаемости пород	Водоемы многоцелевого назначения	Водоемы природоохранного назначения
	Переувлажненные	Залегание подземных вод (относительно днища выемки) близкое, количество атмосферных осадков значительное, водопроницаемость пород низкая	Все виды использования	Задернованные участки, сенокосы и лесонасаждения природоохранного назначения

Продолжение таблицы В.2

Группа нарушенных земель	Характеристика увлажнения	Основной фактор, определяющий характер увлажнения	Возможное использование	
			с проведением гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий	без проведения гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий
Отвалы и насыпи земляные	Умеренно-влажные	Залегание подземных вод при достаточном атмосферном увлажнении неглубокое, водопроницаемость пород невысокая	Проведение гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий не требуется	Все виды использования, кроме водоемов
	Сухие	Залегание подземных вод (относительно днища выемки) глубокое, водопроницаемость пород высокая, атмосферное увлажнение недостаточное	Все виды использования, кроме водоемов	Все виды лесонасаждений, сенокосы, площадки для строительства, пастбища

Приложение Г (обязательное)

Экологический мониторинг



Рисунок Г.1

Учебное пособие

Анастасия Валерьевна Васильченко

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Часть 1

ISBN 978-5-7410-1815-6



9 785741 018156