

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

**КАФЕДРА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (РЭТЭМ)**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Системы защиты среды обитания»**

для подготовки бакалавров по направлениям
**05.03.06(022000) - «Экология и природопользование»
20.03.01 (280700) «Техносферная безопасность»**

Разработчик:
Доцент кафедры РЭТЭМ
Е.Г.Незнамова

Томск, 2014

Содержание:

Часть 1. Основы коррекции экологических ситуаций в атмосфере	5
1.1. Проблема выбросов автотранспорта и пути ее решения.....	5
1.2. Градостроительные и озеленительные мероприятия, повышающие качество жизни населения городов.....	16
1.3. Защита атмосферы от выбросов промышленных предприятий.....	21
1.4. Охрана атмосферы при строительстве и эксплуатации нефтегазодобывающих объектов.....	29
1.4.1. Меры по охране атмосферы при разбуривании и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, содержащих сероводород.....	29
1.4.2. Охрана атмосферы на объектах транспорта и хранения нефти и газа.....	31
1.5. Защита атмосферы путем снижения пожароопасности в лесных экосистемах.....	38
Часть 2. Основы коррекции экологических ситуаций в гидросфере	44
2.1. Нормирование качества воды	44
2.2. Методы очистки водных объектов.....	48
2.2.1. Механические методы.....	49
2.2.2. Физико-химические методы очистки сточных вод.....	53
2.3. Принципы биологической обработки отходов.....	59
2.3.1. Аэробная очистка сточных вод.....	60
2.3.2. Анаэробная очистка сточных вод.....	65
2.4. Обеззараживание воды.....	66
2.5. Сооружения обеззараживания и обезвреживания осадков.....	74
2.6. Методы очистки воды от нефтепродуктов.....	77
Часть 3. Основы коррекции экологических ситуаций в эдафо – и литосфере	85

3.1. Нарушение ландшафтов промышленностью и их рекультивация.....	85
3.1.1. Воздействие техногенной деятельности человека на литосферу.....	85
3.1.2.Классификация отвалов и вскрышных пород.....	89
3.1.3.Общие закономерности рекультивации.	92
3.2. Технологии рекультивации территорий, измененных деятельностью отдельных отраслей промышленности.....	108
3.3. Ветровая эрозия почв и принципы борьбы с ней.....	113
3.4. Водная эрозия почв и методы борьбы с ней.....	119
3.5. Проблемы орошения и охрана почв от засоления.....	134
Список использованной литературы	137

Часть 1. Основы коррекции экологических ситуаций в атмосфере

1.1. Проблема выбросов автотранспорта и пути ее решения

Характеристика проблемы - загрязнение атмосферного воздуха выбросами транспорта

По данным Госкомстата РФ, ежегодно около 53% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на выбросы от транспортных и других передвижных средств, в том числе автомобильных, воздушных, водных, железнодорожных, тракторов и самоходных машин. Для многих городов России выбросы автотранспорта являются преобладающими. В числе таких городов, наряду с Краснодаром, Ростовом-на-Дону, Москвой, Курском, Екатеринбургом находится и Томск.

Количество автотранспорта, а значит и выбросов от него, растет. Сейчас в мире ежегодно выпускается около 25 млн. машин. К 2000 г. численность мирового автопарка приблизилась к 500 млн. машин и из них 400 млн. легковых. Для России экологические проблемы автомобильного транспорта стали особенно актуальными в последнее десятилетие. В 1998 г. автомобильный парк России составил уже 23,7 млн. машин.

Эксплуатируемые в стране автомобили не соответствуют современным европейским ограничениям по токсичности и выбрасывают вредных веществ существенно больше чем зарубежные аналоги. Существует несколько причин отставания России в этой сфере:

- *низкая культура эксплуатации автомобилей.* Количество неисправных автомобилей, находящихся в эксплуатации до сих пор велико
- *отсутствие жестких законодательных требований к экологическим* качествам автомобилей, поэтому потребитель не заинтересован покупать экологически более чистые, но при этом более

дорогие автомобили, а производитель не склонен их выпускать.

- *неподготовленность инфраструктуры эксплуатации* автомобилей, оборудованных в соответствии с современными экологическими требованиями.

- в отличие от европейских стран, у нас в стране до сих пор *затруднено внедрение нейтрализаторов*.

При рассмотрении проблемы влияния транспорта выделяют следующие виды его негативного воздействия: загрязнение атмосферного воздуха, влияние на глобальный климат, шумовое воздействие. Известно, что наибольший экологический ущерб наносит автотранспорт.

Один легковой автомобиль поглощает ежегодно из атмосферы в среднем больше 4 т кислорода, выбрасывая с выхлопными газами примерно 800 кг окиси углерода, около 40 кг окислов азота и почти 200 кг различных углеводородов.

Причинами загрязнения воздуха от автотранспорта являются:

- плохое состояние технического обслуживания автомобилей,
- низкое качество применяемого топлива,
- наличие свинцовых добавок в бензине,
- неразвитость системы управления транспортными потоками,
- низкий процент использования экологически чистых видов транспорта.

Каждый автомобиль выбрасывает в атмосферу с отработавшими газами около 200 различных компонентов. Вредные и токсичные вещества, содержащиеся в отработавших газах двигателей, в зависимости от механизма их образования делят на группы:

- а) углеродосодержащие вещества - продукты полного и неполного сгорания топлива (СО, СО₂, углеводороды, сажа);
- б) вещества, механизм образования которых непосредственно связан с процессом сгорания топлива (оксиды азота);

в) вещества, выброс которых связан с примесями, содержащимися в топливе (соединения серы, свинца), воздухе (кварцевая пыль, аэрозоли), а также образовавшимися в процессе износа деталей (оксиды металлов).

В выхлопных газах содержатся углеводороды - несгоревшие или не полностью сгоревшие компоненты топлива, доля которых резко возрастает, если двигатель работает на малых оборотах или в момент увеличения скорости на старте, т. е. во время заторов и у красного сигнала светофора. Именно в этот момент, когда нажимают на акселератор, выделяется больше всего несгоревших частиц: примерно в 10 раз больше, чем при работе двигателя в нормальном режиме. К несгоревшим газам относят и *монооксид углерода*, образующийся в том или ином количестве повсюду, где что-то сжигают. В выхлопных газах двигателя, работающего на нормальном бензине и при нормальном режиме, содержится в среднем 2,7 % оксида углерода. При снижении скорости эта доля увеличивается до 3,9 %, а на малом ходу - до 6,9 %. Оксид углерода, углекислый газ и большинство других газовых выделений двигателей тяжелее воздуха, поэтому все они скапливаются у земли.

Оксид углерода СО - образуется в ходе предпламенных реакций, при сгорании углеводородного топлива, с некоторым недостатком воздуха, а также при диссоциации СО₂ (при температуре 2000 К). Это типично для бензиновых карбюраторных двигателей. Основная доля образовавшихся в камере сгорания СО окисляется до СО₂, не выходя за пределы камеры. Окисление СО в СО₂ происходит в выпускной трубе, а также в нейтрализаторах отработавших газов, которые устанавливаются на современных автомобилях для принудительного окисления СО.

В выхлопных газах содержатся также альдегиды, обладающие резким запахом и раздражающим действием. К ним относятся акролены и формальдегид. В автомобильных выбросах содержатся также оксиды азота

Оксиды азота образуются в камерах сгорания, где доминирует термический NO, образовавшийся из молекулярного

азота во время горения топливовоздушной смеси в зоне продуктов сгорания.

В выхлопных газах присутствуют неразложившиеся компоненты топлива. Среди них особое место занимают непредельные углеводороды этиленового ряда, в частности гексен и пентен.

Из-за неполного сгорания топлива в двигателе автомашины часть углеводородов превращается в сажу, содержащую смолистые вещества. Особенно много сажи и смол образуется при технической неисправности мотора и в моменты, когда водитель, форсируя работу двигателя, уменьшает соотношение воздуха и горючего. В этих случаях за машиной тянется видимый хвост дыма, который содержит полициклические углеводороды и, в частности, бенз(а)пирен.

Сера, содержащаяся в моторном топливе, во время горения интенсивно окисляется в SO_2 . При сгорании этилированного бензина образуются также соединения свинца.

Шумовое воздействие. В настоящее время уровни шума на городских улицах составляют 65-85 дБ, причем наиболее характерными являются уровни 70-75 дБ (при норме менее 70 дБ). Автотранспортные потоки создают дискомфортные условия проживания в среднем для 30% городского населения страны.

Пути снижения вредного воздействия этих выбросов следующие.

1. Отказ от этилированного бензина (содержит непредельные соединения) для исключения выбросов соединений свинца (ведь в этилированном бензине имеются присадки триэтилсвинца для устранения опасности детонации при высоких степенях сжатия смеси в двигателях внутреннего сгорания) и уменьшения выбросов непредельных углеводородов.

2. Переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18—22 раза).

3. Повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это

сказывается на расходе бензина (в Японии достигнут показатель: 2,5 л на 100 км).

4. Замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

5. Создание электротранспорта там, где нет дефицита в энергии, в том числе увеличение пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей.

6. Выполнение архитектурно-планировочных мероприятий и высадки зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения увеличивают среднюю скорость движения транспорта. Известно, что при росте скорости с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4-5 раз, а наиболее вредных (бензпирена например) — еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5-2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости.

Состав выхлопных газов зависит от многих факторов, важнейшими из них являются вид и качество топлива, тип двигателя, режим его работы и нагрузки, техническое состояние и квалификация водителя. Исправный, хорошо отрегулированный двигатель выбрасывает в 10 раз меньше окиси углерода, чем неисправный или плохо отремонтированный. Еще большего (20-кратного) снижения можно достичь, применяя электронную схему зажигания, используя каталитические нейтрализаторы. Следует, однако, отметить, что каталитические нейтрализаторы нельзя применять в автомобилях, работающих на этилированном бензине, так как соединения свинца нарушают процессы катализа.

Замена тетраэтилсвинца менее вредными антидетонаторами, например, соединениями марганца, увеличивают срок службы нейтрализаторов. Введение барийсодержащих присадок позволяет на 70 - 90% уменьшить содержание сажи и на 60 -80% канцерогенных веществ. Вот почему внедрение в производство

неэтилированного бензина имеет огромное эколого-экономическое значение.

В начале 70-х годов появились первые каталитические нейтрализаторы отработавших газов — тогда еще двухкомпонентные, так называемого окислительного типа. Двухкомпонентными они назывались потому, что могли нейтрализовать только два токсичных компонента — СО и СН. Окислительными — потому, что происходившие реакции представляли из себя окисление (то есть фактически дожигание) молекул СО и СН с образованием углекислого газа CO_2 и воды H_2O .

Принципиально конструкция нейтрализаторов с тех пор не менялась. Это корпус из нержавеющей стали, включенный в систему выпуска до глушителя. В корпусе располагается блок носителя с многочисленными продольными порами, покрытыми тончайшим слоем вещества-катализатора, которое само не вступает в химические реакции, но одним своим присутствием ускоряет их течение. Известно множество катализаторов — медь, хром, никель, палладий, родий. Но самой стойкой к воздействию сернистых соединений, которые образуются при сгорании содержащейся в бензине серы, оказалась платина. Ею, в чистом виде или с добавлением палладия, стали покрывать керамические соты нейтрализаторов. Применение каталитических нейтрализаторов потянуло за собой более широкое распространение бессвинцовых бензинов, поскольку содержащийся в обычном этилированном бензине тетраэтилсвинец "отравлял" платину, прекращая ее каталитическое действие. На американских автомобилях 1975 года появились транзисторные системы зажигания с высокой энергией искры и свечи с медным сердечником центрального электрода — это свело к минимуму пропуски зажигания и последующие вспышки несгоревшего топлива в нейтрализаторе, которые грозят оплавлением керамики. Выброс окислов азота NO_x вначале снижали, только понижая температуру сгорания горючей смеси, — оснащали двигатели устройствами рециркуляции отработавших

газов в камеру сгорания. Но этого оказалось недостаточно. Появились современные трехкомпонентные системы, каталитический слой которых, как правило, содержит не только платину и палладий, но и добавку редкоземельного элемента родия. В результате химических реакций на поверхности разогретого до $600\text{—}800^\circ\text{C}$ катализатора вредные компоненты СО, СН и NO_x превращаются в воду, углекислый газ и азот.

Экономико-экологические характеристики различных видов топлива Для снижения влияния транспорта на состояние окружающей среды необходим поиск и применение новых экологически чистых видов топлива. К ним относится, прежде всего, *сжиженный или сжатый газ*. Законопроект «Об использовании природного газа в качестве моторного топлива» вынесен на уровень федерального закона. В мировой практике в качестве моторного топлива наиболее широко используется сжатый природный газ, *содержащий не менее 85 % метана*. По энергоемкости 1 м^3 природного газа при нормальных условиях эквивалентен 1 л бензина марки А-76. Природный газ можно также хранить и использовать при глубоком охлаждении в сжиженном виде. Сжиженный природный газ — криогенная жидкость с температурой кипения 112°K , состоящая на 98 % из метана.

В меньшей степени распространено применение *попутного нефтяного газа*, представляющего собой *смесь, в основном — пропана и бутана*. Эта смесь может находиться в жидком состоянии при обычных температурах под давлением до 1,6 МПа. Для замещения 1 л бензина требуется 1,3 л сжиженного нефтяного газа. Экономическая эффективность его по эквивалентным затратам на топливо в 1,7 раз ниже, чем у сжатого газа. Следует отметить, что природный газ, в отличие от нефтяного газа, **не токсичен**.

Применение газа сокращает выбросы: окислов углерода — в 3—4 раза; окислов азота — в 1,5—2 раза; углеводородов (не считая метана) — в 3—5 раз; частиц сажи и двуокиси серы (дымность) дизельных двигателей — в 4—6 раз.

В бензиновых двигателях основное количество углеводородных выбросов приходится на этан и этилен, а в газовых - на метан. Этилен, как непредельный углеводород, легко окисляется под воздействием ультрафиолетового облучения. Предельные углеводороды, к которым относится метан, более стабильны. Таким образом, несмотря на то, что сумма углеводородов в выхлопных газах двигателей, использующих газомоторное топливо, оказывается такой же, как и у бензиновых двигателей, а в газодизеле часто и выше, эффект загрязнения воздушного бассейна этими компонентами при газовом топливе в несколько раз меньше, чем при жидком.

Кроме экологического, газовое топливо имеет несомненные экономические преимущества в России перед другими видами топлива. При применении газового топлива увеличивается моторесурс двигателя — в 1,4—1,8 раза; срок службы свечей зажигания — в 4 раза и моторного масла — в 1,5—1,8 раза; межремонтный пробег — в 1,5—2 раза. При этом снижается уровень шума на 3-8 дБ и время заправки. Все это обеспечивает быструю окупаемость затрат на перевод транспорта на газомоторное топливо.

Безопасность использования газомоторного топлива. В целом взрывоопасная смесь газовых топлив с воздухом образуется при концентрациях в 1,9—4,5 раза (верхний и нижний пределы) больших, чем с бензином и дизельным топливом, что снижает опасность образования такой смеси.

Однако определенную опасность представляют утечки газа через негерметичные соединения. В этом отношении наиболее опасен сжиженный нефтяной газ, т.к. плотность его паров превышает таковую воздуха, а для сжатого — меньше. Следовательно, утечки сжатого газа после выхода из неплотностей поднимаются вверх и улетучиваются, а сжиженного — образуют местные скопления и, подобно жидким нефтепродуктам, разливаются, что при возгорании увеличивает очаг пожара.

Отечественный и мировой опыт эксплуатации автомобилей на газомоторном топливе, вместе с тем, не позволяет считать их более опасными, чем автомобили на бензине. Если к этому добавить имеющийся в России на сегодня комплекс технических средств, обеспечивающих применение газа на транспорте (комплектов оборудования, сети заправочных станций, контрольной и измерительной аппаратуры, опытных и серийных образцов не только автомобилей, но и тепловозов, судов), то необходимо признать, что переход на газомоторное топливо — вопрос ближайшего времени. Он диктуется экономическими, экологическими и технологическими соображениями.

Жидкий водород . Рассматривается как идеальное, с экологической точки зрения, моторное топливо. Страны, занимающиеся космическими исследованиями — США, Россия, Западная Европа, Япония и Китай являются главными потребителями жидкого водорода.

Жидкий водород *превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза*. В то же время имеет место **сложность хранения** - плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок, что требует больших объемов тары. К тому же водород должен храниться при атмосферном давлении при температуре — 253°С. Отсюда необходимость соответствующей теплоизоляции баков, что также приводит к увеличению их веса и объема. Высокая температура горения водорода приводит к *образованию значительного количества экологически вредных окислов азота*, если окислителем является воздух.

Производство водорода. Почти единственным сырьем для получения водорода служат на сегодня горючие ископаемые: нефть, газ и уголь. Поэтому истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут лишь путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным, энергетически выгодным, сырьем станет вода, а первичным источником энергии - Солнце или сила падающей воды. В отличие от горючих, добываемых из-под земли, которые

после сгорания теряются безвозвратно, водород добывается из воды и сгорает опять в воду. Но в настоящий момент, чтобы получить водород из воды нужно затратить энергию, причем значительно большую, чем можно использовать затем при его сгорании. Но это не имеет существенного значения, если так называемые первичные источники энергии будут в свою очередь неисчерпаемыми и экологически чистыми.

В заявлениях официальных лиц, ответственных за будущее нашей энергетики, водород отсутствует в прогнозах на ближайшие десятилетия. Главная надежда возлагается, как правило, на природный газ, запасы которого в стране достаточно велики.

Альтернативные конструкции автомобилей. Снизить количество выбросов в атмосферу, а также способствовать решению энергетической проблемы помогает разработка и внедрение в производство новых конструкций автомобилей. Наиболее распространены электромобили и автомобили на солнечных батареях.

Коммерческий успех любого автомобиля зависит от первоначальной стоимости, эксплуатационных затрат, надежности и безопасности. В случае электромобилей определяющей его внедрение в повседневную жизнь служит показатель запаса хода, времени службы и зарядки аккумуляторных батарей. В автопромышленности наибольшее распространение получили свинцово-кислотные стартерные аккумуляторные батареи. Для электромобилей они тяжелы, имеют недостаточный срок службы и малую удельную энергию. В настоящее время подготовлены к производству новые типы батарей с повышенной удельной емкостью – никель-кадмиевые, никель-гидридные, натрий-никельхлоридные, воздушно-алюминиевые (удельная энергия которых в 10 раз превышает таковую свинцово-кислотных). Конструкторы добились снижения веса автомобиля за счет применения облегченных материалов, снижения трения качения за счет создания нового типа шин. Запас хода таких машин от зарядки до зарядки

составляет 200 - 280 км, максимальная скорость – 120км/ч (ВАЗ – 21087). Существуют автомобили-гибриды, способные переключаться с бензина на электроэнергию. По ездовым качествам они не уступают обычным машинам, выпускаются серийно. В настоящее время почти все ведущие компании мира готовятся к выпуску гибридных серийных автомобилей. (За рулем)

Солнцемобиль не получил еще столь высокого распространения, как электротранспорт. Но, помимо уже существующих машин («Хонда», 1990 года, скорость до 120км/ч) разрабатываются новые модели.

1.2. Градостроительные и озеленительные мероприятия, повышающие качество жизни населения городов

Городские поселения, стремительно разраставшиеся в прошлом столетии, часто оказывались лишенными определенной степени комфортности для проживающего там населения. Часто архитектурно-строительные мероприятия проводились под влиянием исторически сложившейся целесообразности. Примером служит эвакуация заводов с европейской части России за Урал в период Великой Отечественной войны, когда заводы размещались в центральных городских районах, по-видимому, с целью максимальной доступности для людей, работающих в военном режиме.

В настоящее время приняты тенденции оздоровления городской среды и повышения комфортности условий проживания для городского населения.

Основными аспектами воздействия урбанизированной территории на здоровье человека признаны следующие: загрязненная воздушная среда, высокий уровень шума, воздействие неблагоприятных климатических условий (возникновение аэродинамических труб, изменения температурного режима), высокая плотность населения.

Негативное воздействие возможно снизить при планомерном осуществлении комплекса мероприятий, связанного с изменением влияния, прежде всего, воздушной среды на население.

Принципом современного градостроительства является зонирование территории по функциональному признаку. Общепринято выделять следующие функциональные зоны: жилую (селитебную), промышленную, коммунально-складскую, зону внешнего транспорта, пригородную.

Обустройство селитебной зоны. Жилую зону рекомендуется отделять от промышленной санитарными защитными зонами, ширина которых варьирует в зависимости от класса опасности ближайших предприятий и составляет от 50 м (для 5 класса) до 1000 м (для 1 класса) (Пивоваров и др., 2006). Кроме того, озеленение обязательно должно присутствовать и в пределах жилой зоны. С учетом того, что жилые дома, как правило, однотипны и создают зрительно-психологический дискомфорт, необходимо разделение яркими пятнами, какими являются деревья, однородной среды. Очевидно, что в сочетании с шумозащитной, газозащитной, ветрозащитной функциями роль зеленых зон в селитебных зонах многократно возрастает.

Защита от транспортного шума. Известно, что тип подстилающей горизонтальной поверхности влияет на шумоизоляцию: *по сравнению с открытым грунтом асфальтовые и бетонные поверхности способствуют распространению шума, а газон, в особенности высокий, напротив, препятствует этому.*

Наиболее радикально проблема изоляции жилого квартала, парка от внешнего транспортного шума решается с помощью использования специальных экранирующих барьеров (ограждающих стенок, насыпей-кавальеров, зданий). При этом за барьером возникает диффузное звуковое поле, которое почти полностью исключает распространение звука в подкроновом пространстве, в особенности при организации живых изгородей, обеспечивающих дополнительные плоскости отражения.

Известно, что при шаге автомагистралей, пересекающих зону отдыха, равном 0,8—1 км, практически может не остаться достаточно комфортных тихих участков. Необходимо в связи с этим стремиться максимально изолировать транзитные магистрали от зон отдыха. Необходим перенос проектируемых трасс во внешнюю зону, заглубление их в выемки или подъем на эстакады с шумозащитными стенками.

Мероприятия по созданию шумозащитных полос способствуют также снижению запыленности и загазованности воздуха в зеленых массивах.

Снижение запыленности и загазованности воздуха. Зона загрязнения воздуха, как правило, несколько меньше зоны звукового дискомфорта, но отдельные загрязнители могут проникать от магистралей и на глубину 200—300 м. На основании расчетов и многократных проб воздуха рекомендовано, в частности, организацию многорядной полосы древесно-кустарниковых насаждений шириной 50 м и высотой 15-20 м, которая снижает уровень загрязнения воздуха на 70-75 %. Даже однорядная посадка деревьев с кустарниками на ширине 3-4 метра снижает уровень загазованности на 10-15%.

При выборе конструкции защитной полосы и размещении площадок отдыха и прогулочных аллей, необходимо учитывать также и беспокоящее *зрительное воздействие транспортного потока*. Площадки и аллеи, раскрытые на магистраль с интенсивным движением, не обеспечивают психогигиенического комфорта и отрыва от обычной городской среды. Однако для нейтрализации данного фактора достаточно плотной живой изгороди менее значительной ширины, чем это нужно по соображениям шумо- или газозащиты. При этом желательно включение в состав полосы возможно большего количества хвойных деревьев, обеспечивающих зрительную изоляцию в течение всего года, а также введение плотных и высоких кустарников (выше уровня глаз взрослого человека, т. е. около 1,5—1,8 м).

Планировка застройки микрорайона города также может оказывать воздействие на уровень загазованности воздуха. Считается, что наиболее благоприятной в рассматриваемом плане является открытая схема застройки – строчная (дома стоят параллельно друг другу) или периметральная (здания по длине располагают вдоль улицы по периметру квартала с обязательными разрывами), дискомфорт создает закрытая система застройки с замкнутыми дворами в виде колодцев. Особенно хорошую аэрацию обеспечивает строчная система, однако в районах с часто дующими ветрами определенного направления, все же предпочтительнее периметральная система с соответственно ориентированными домами и открытыми пространствами.

Регуляция степени инсоляции территории

Известно, что температуры в пределах урбанизированной среды превышают таковые за ее пределами.

Получены, например, точные параметры теплового действия отраженной радиации от вертикальных поверхностей в зависимости от их ориентации: юго-восточная — 4 м, южная — 5—6 м, северо-западная 6—7 м, юго-западная 8—9 м и западная 10—15 м. Это помогает определять нужные разрывы пешеходных аллей и площадок для отдыха от сооружений и намечать соответствующие меры от их перегрева (вертикальное озеленение стен, живые изгороди). Но в парках северных городов пешеходные аллеи и площадки отдыха должны ближе примыкать к отражающим вертикальным поверхностям, что может создать более комфортные условия в холодный период. С другой стороны, при расчетах инсоляционного режима городских зеленых массивов необходимо учитывать окружающую застройку, причем не только существующую, но и проектируемую. Двенадцатизэтажное здание, расположенное на границе городского сада или сквера, способно затенить при невысоком стоянии солнца (15° над горизонтом) участок глубиной свыше 150 м и может полностью изменить запланированный инсоляционный режим. Отрицательные

последствия такого размещения зданий повышенной этажности возникают в городах, расположенных в северных и умеренных широтах. В местах с жарким климатом глубокая тень от зданий в околополуденные часы, напротив, может быть использована как положительный фактор.

Защита от ветра. Комфорт человека, находящегося на улице, во многом зависит от движения воздуха. Регулировать скорость и направление воздушных потоков в городских условиях, как уже говорилось, способны выполнять массивы растений. Особенности основных типов защитных полос – непродуваемой, ажурной и продуваемой определяют целесообразность их применения в различных планировочных условиях. Продуваемые конструкции обеспечивают наибольшую дальность защитного действия, которая превышает в 50 - 60 раз высоту деревьев, но относительно слабое снижение скорости ветра в непосредственной близости от самой полосы. Ажурная конструкция обеспечивает более интенсивное снижение скорости вблизи полосы и в пределах 45 -50 - кратного превышения высоты деревьев. Непродуваемые защитные полосы снижают скорость в пределах 35 – 40-кратного превышения высоты деревьев. Указанные параметры позволяют сделать более обоснованным выбор типа защитных посадок для аллей и площадок отдыха в зависимости от расстояния до них или проложить пешеходные трассы с учетом имеющихся насаждений. Как и в случае с инсоляционным режимом, воздействие ветра в разных климатических зонах может быть различным. В южных городах необходимой является стимуляция умеренной аэрации массива насаждений. Известно, что активизация проветривания обеспечивается на территориях со сквозными прямыми аллеями под высоким сводом насаждений.

При определенной степени густоты растительных массивов возможно стимулировать аэрацию смежной территории. Для этой цели необходимо выделить в массиве зелени обширные и сообщающиеся между собой поляны, водоемы и просеки, пропускающие воздух в нужном направлении. Если массив

рассматривается как ветрозащитный по отношению к застройке, он должен состоять из многоярусных насаждений с кустарниковым подлеском и включением вечнозеленых пород, открытые пространства в нем не должны сообщаться между собой.

При проведении озеленительных мероприятий можно учитывать данные по оздоровительному воздействию разных пород деревьев. Хвойные деревья больше других пород способствуют ионизации воздуха. Сосна обыкновенная увеличивает число отрицательных ионов в воздухе по сравнению с неозелененной улицей на 80 %. Уровень поглощения углекислого газа деревьями дает иную картину: эффективность сосны обыкновенной составляет 164, липы крупнолистной — 254, дуба черешчатого — 450, а тополя берлинского — 691 % эффективности ели обыкновенной. В целом богатство флористического состава насаждений рассматривается как положительный фактор, усиливающий оздоровительное воздействие растений.

1.3. Защита атмосферы от выбросов промышленных предприятий

Общетеchnологические мероприятия. Technологические мероприятия по защите атмосферы включают в себя:

1) создание безотходных технологических процессов на основе разработки принципиально новых технологий и технологических средств, комплексного использования сырья и утилизации отходов производства, повышения эффективности работы газопылеулавливающих установок, организации ТПК с замкнутой системой материального баланса вещества, включая отходы производства;

2) замену местных котелен на централизованное тепло от крупных ТЭЦ и ТЭС;

3) замену топлива: предпочтительнее топливо с меньшим

количеством продуктов сгорания (вместо угля и мазута - природный газ);

4) предварительную очистку сырья и топлива от вредных примесей, в частности снижение содержания серы в топливе;

5) электрификацию производства, транспорта и быта, замену пламенного нагрева электрическим;

6) использование трубопроводов, гидро- и пневмотранспорта для пылящих материалов;

7) замену прерывистых технологических процессов непрерывными;

8) выброс через высокие трубы.

Самой эффективной мерой охраны атмосферного воздуха является строительство предприятий, работающих по принципу безотходной технологии, с замкнутыми технологическими процессами, с исключением выбросов в атмосферу от сопутствующих цехов и производств. Замена угля и мазута природным газом дали в последние годы хороший экологический и экономический эффект. Изменение технологии должно идти по пути уменьшения количества выбросов и сокращения затрат на очистку газов в расчете на единицу продукции.

Одним из перспективных направлений газоочистки является применение системы каталитического дожигания для очистки паров растворителей красок, содержащих органические и неокисленные вещества: эфиры, углеводороды, толуол, ксилол и др. Воздух, загрязненный парами, вентилятором подается в теплообменник, нагревается там до 350°C за счет тепла очищенного воздуха, затем поступает в нагреватель, где в результате сжигания природного газа температура его повышается до 450°C. Далее в контактном аппарате в присутствии катализатора загрязненные вещества окисляются до углекислого газа и паров воды. Очищенный воздух (степень очистки 99%) охлаждается в теплообменнике и выбрасывается в атмосферу.

На строительной площадке в результате работы автотранспорта и других механизмов зачастую концентрация

загрязнений высока. Необходимо повсеместно переводить на электропривод электросварочные аппараты, грузоподъемные механизмы, компрессоры, насосы, сваебойные агрегаты, средства малой механизации, бульдозеры экскаваторы, работающие в основном на двигателях внутреннего сгорания.

Серьезные загрязнения связаны с буровзрывными работами, разработкой карьеров, особенно взрывным способом, устройством котлованов и траншей, углублением рек и намывов грунта земснарядами, выжиганием почвы кострами, вырубкой кустарника и леса, прокладкой коммуникации, смывом загрязнении на строительной площадке, образованием свалок.

Особое внимание следует обратить на *снижение объема земляных работ* на городских строительных площадках. Перевозка грунта за город превращает засоряемую им землю в бросовую. Уменьшению объема земляных работ способствует прокладка коммуникации методами прокола, продавливания, пневмопробивкой, совмещенной прокладкой коммуникаций с устройством фундаментов на свайных основаниях.

Многие строительные механизмы и практически весь автотранспорт работают на двигателях внутреннего сгорания. Одной из серьезных задач является снижение выбросов этих двигателей.

На тепловых электростанциях и металлургических заводах сооружают дымовые трубы. Дымовая труба создает тягу и тем самым заставляет воздух в нужном количестве и с должной скоростью входить в топку. Кроме того, она отводит продукты горения - вредные газы и имеющиеся в дыме твердые частицы - в верхние слои атмосферы. Благодаря непрерывному турбулентному движению вредные газы и твердые частицы уносятся далеко от источника их возникновения и рассеиваются.

Для рассеивания сернистого ангидрида, содержащегося в дымовых газах тепловых электростанций, в настоящее время сооружаются дымовые трубы высотой 180, 250 и даже 320м. Дымовая труба стометровой высоты позволяет рассеивать мельчайшие вредные вещества в окружности радиусом 20км до

концентрации, безвредной для человека. Труба высотой 250м увеличивает радиус рассеивания до 75км. В ближайшем окружении дымовой трубы создается так называемая теневая зона, в которую совсем не попадают вредные вещества.

Проблема очистки воздуха на предприятиях решается с помощью включения в основной технологический процесс очистных сооружений. Некоторые из них рассмотрены далее.

Очистка воздуха от пылевых частиц. Для очистки выбросов от пыли применяются пылеулавливающие аппараты: пылеосадочные камеры, циклоны, матерчатые фильтры, мокрые скрубберы, электрофильтры. Выбор типа пылеуловителя обусловлен степенью запыленности воздуха, размерами частиц и требованиями к уровню очистки.

Пылеосадочная камера. Используется для осаждения крупной и тяжелой пыли с размером частиц порядка 100 мкм. Камера представляет собой короб, пустотелый или с полками, прямоугольного течения, с бункером внизу для сбора пыли. Площадь сечения камеры значительно больше площади сечения подводящих газоходов, поэтому газовый поток двигается в камере очень медленно, со скоростью не более 0,5 м/с и пыль оседает. Простота конструкции и небольшие затраты на установку и эксплуатацию являются преимуществами пылеосадочных камер, а громоздкость и низкая эффективность улавливания - их недостатками. При установке внутри камер перегородок, замедляющих скорость воздушного потока и увеличивающих время прохождения его через камеры, коэффициент улавливания пыли повышается до 80%.

Циклон представляет собой цилиндр с конусом в нижней части. В центре этого цилиндра расположен внутренний цилиндр. Загрязненный воздух поступает сбоку в пространство между цилиндрами, и под влиянием центробежной силы частицы пыли прижимаются к внутренней

стороне наружного цилиндра и оседают в его конусообразной части. Очищенный воздух удаляется в атмосферу через внутренний цилиндр.

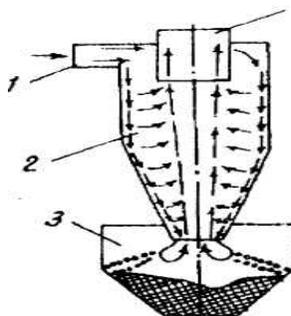
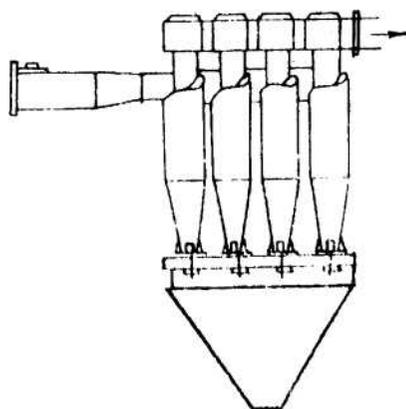


Рисунок 1. **Циклон:** 1 - вход газов; 2 - корпус циклона; 3 - пылевой бункер, 4 - выход очищенных газов.

При уменьшении размера циклона эффективность очистки увеличивается, так как величина центробежной силы обратно пропорциональна радиусу вращения частиц пыли. Поэтому батарея из нескольких (обычно восьми) небольших параллельных циклонов более эффективна, чем один большой циклон.



Матерчатый фильтр
Запыленный воздух проходит через пористые материалы, осаждающие пыль. Для грубой очистки применяют гравии, кокс, металлические стружки, стекловолокно.

Рисунок 2. **Матерчатый фильтр**

Для тонкой очистки используют металлическую сетку, смоченную специальным маслом, пористую бумагу, ткани. Наибольшее распространение получили матерчатые рукавные фильтры. Матерчатые фильтры работают по принципу пылесоса. В металлическом шкафу, разделенном вертикальными перегородками на ряд секций, помещаются группы рукавов из фильтрующего материала. Верхние концы рукавов заглушены и

подвешены к раме. С помощью этой рамы рукава периодически встряхиваются, и задержанная ими пыль попадает в бункер. Фильтрующие рукава изготавливаются из шерстяных, хлопчатобумажных или синтетических тканей в зависимости от температуры очищаемого газа. Для очистки от пыли газов, имеющих температуру выше 300°C, применяют фильтры со стеклотканью. Эффективность очистки выбросов от пыли с помощью рукавных фильтров достигает 98 - 99%. Рукавные фильтры используются на предприятиях по производству извести для окончательной очистки воздуха после циклонов, поскольку циклоном улавливается не более 2/3 содержащейся в воздухе известковой пыли.

Орошаемые скрубберы. По внешнему виду они похожи на циклоны, но принцип их работы основан на поглощении пыли водой, которая либо разбрызгивается форсунками, либо подается непрерывно против потока запыленного воздуха. Загрязненная пылью вода подвергается очистке и вновь поступает в скруббер.

Электрофильтры. Запыленный воздух подается через электрическое поле высокого напряжения, где он ионизируется, и частички пыли приобретают отрицательный заряд. Заряженные пылинки прилипают к положительному электроду, осаждаются и сбрасываются в бункер. При правильной эксплуатации КПД электрофильтров может достигать 99%. В цементной промышленности наиболее эффективно применять электрофильтр ПГД - 4-50. Его производительность при скорости проходящего газа 2м/с - 360 тыс. м³/ч. Для предприятий угольной промышленности выпускают электрофильтр УВ11, электрофильтр СГ - улавливает сажу, ШМК - пары серной кислоты.

Наиболее эффективны комбинированные установки, включающие два или больше типов пылеулавливающих устройств, например, когда за пылеосадочной камерой или батареей циклонов устанавливается электрофильтр. Это обусловлено специфическими особенностями каждого вида обеспыливателей, рассчитанных на определенный состав пыли и

расход воздуха. При улавливании крупных фракций пыли на циклоне снижается пылевая нагрузка на электрофильтр и уменьшается его абразивный износ. Кроме того, сочетание циклонов с электрофильтрами обеспечивает постоянство общей эффективности их работы при колебаниях рабочего режима.

Таблица 1 Показатели эффективности использования разных пылеулавливающих аппаратов (в баллах)

Аппарат	Эффективность	Стоимость основного оборудования	Расход энергии
Циклон*	1	1	1
Батарейный циклон	2	2	1,5
Пылеосадочная камера	0,8	0,5	1
Орошаемый скруббер	4	6	0,5
Матерчатый фильтр	15	10	2
Электрофильтр	6	10	0,2

Показатели циклона приняты за единицу

Существуют магнитные пылеуловители для улавливания тонкой металлической пыли. Используются также для обеззараживания воздуха в овощехранилищах и медицинских

учреждениях озонаторы, работа которых будет рассмотрена позже, на примере очистки воды.

Для очистки воздуха от газов и аэрозолей используются **абсорберы**. Они представляют собой аппараты типа орошаемых скрубберов, в которых очистка от газов осуществляется с применением разнообразных по составу поглотительных растворов. Используется принцип абсорбции загрязнителей, а применяемые поглотительные растворы подвергаются затем биологической очистке. При абсорбции происходит конвективная диффузия (переход) газообразных компонентов очищаемого газа в жидкие поглотители (абсорбенты). Абсорбцию применяют для очистки вентиляционного воздуха, отсасываемого от травильных и гальванических ванн, а также при очистке технологических газов. Для очистки воздуха от хлора, серной и соляной кислот, фтористых соединений применяют абсорберы, орошаемые водными растворами щелочей (соды). От сернистого газа воздух очищают с помощью абсорберов, орошаемых раствором аммиака, и получают ценное удобрение - сульфат аммония.

Адсорберы. Применяют для очистки газов от сероуглерода и других загрязнителей. Загрязненный воздух пропускается через слой адсорбента (угля), который и поглощает сероуглерод и другие вредные вещества.

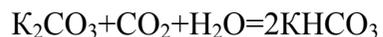
Аэрозоли металлов (свинца, ванадия и т. д.) улавливают на электрофильтрах, сажу - на матерчатых фильтрах и электрофильтрах типа СГ.

Регенерация воздуха – восстановление исходных свойств отработанного воздуха посредством очистки его от примесей. Проводится в герметичных помещениях: космических кораблях, подводных лодках. Обычно регенерация сопровождается дополнительным кондиционированием. Кондиционирование – создание и поддержание в закрытых помещениях или транспортных средствах состояния воздушной среды, наиболее благоприятного для самочувствия людей и производственных процессов.

Так, экипаж космического корабля выделяет при дыхании водяные пары и углекислый газ. Цепь регенерации выглядит следующим образом: 1) конденсирование водяных паров и накопление их в спецборниках. 2) регенерация воды из жидких выделений членов экипажа; 3) удаление из воздуха CO₂ и его концентрирование; 4) получение O₂ из ранее полученных CO₂ и H₂O; 5) подача полученного кислорода членам экипажа. Разберем подробнее пункт 3: Удаление CO₂ из воздуха осуществляется посредством химических реакций с использованием регенерируемых и не регенерируемых поглотителей. Например,



Этот поглотитель не регенерируемый, имеет высокую эффективность (350-400л CO₂ на 1кг поглотителя). В качестве регенерируемых поглотителей используют капиллярно-пористые вещества с большой внутренней поверхностью – от нескольких сотен до тысячи м² в 1г твердого тела (мелкопористый уголь). Другая возможность – хемосорбция - поглощение твердыми телами или жидкостями каких либо веществ, сопровождающееся химической реакцией. Часто для этих целей используют поташ или соду:



Регенерация может использоваться и в других системах жизнеобеспечения. Например, начиная с полета «Салют-4» на борту космического корабля работала система, позволяющая регенерировать воду из конденсата атмосферной влаги.

1.4. Охрана атмосферы при строительстве и эксплуатации нефтегазодобывающих объектов

1.4.1. Меры по охране атмосферы при разбуривании и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, содержащих сероводород

Сероводород широко распространен в природе. Он встречается в нефтегазоносных пластах, представленных в основном карбонатами. На нефтяных и газовых месторождениях

России, Западной Канады, США, Ближнего и Среднего Востока, значительная часть разрезов которых и состоит из карбонатных и сульфидных пород, сероводород нередко является компонентом нефти и газа, а также пластовых вод

Очистка жидкостей и газов от сероводорода

Для очистки жидкостей и газов от сероводорода в основном используют окислы, основания и соли, которые при взаимодействии с ним образуют нерастворимые в воде соединения.

Так, очистка воды от сероводорода хлорным железом или цинком и щелочью базируется на способности образовывать при взаимодействии с ними сульфид железа или цинка и соляной кислоты.



Соляная кислота нейтрализуется щелочью или мелом. При использовании этого способа к воде в приемных амбарах добавляют хлорное железо, а при выходе воды из скважины у устья в желоба вводят каустическую соду.

В России разработан смешанный поглотитель для селективной абсорбции сероводорода, состоящий из практически доступных компонентов—моноэтаноламина и флотореагента Т-66, являющегося отходом производства изопренового каучука.

При ремонте скважин газ, содержащий сероводород, отводят от устья скважины на стояк для сжигания. Выпуск газа из стояка в атмосферу без сжигания запрещается. В некоторых случаях предусмотрено отсасывание газа из скважины специальным вентиляционным устройством.

Попутный газ, содержащий сероводород, перед поступлением к потребителю осушают и очищают. При невозможности утилизации газ отводят на стояк и сжигают. Стояк для сжигания газа располагают не ближе 200 м от производственных объектов, не менее 25 м от рабочих мест и не менее 1000 м от жилых домов и магистральных дорог.

1.4.2. Охрана атмосферы на объектах транспорта и хранения нефти и газа

На объектах нефтяной и газовой промышленности основные источники выбросов углеводородных газов в атмосферу — потери паров из резервуаров и технологических аппаратов, а также потери, происходящие при сливно-наливных операциях.

Потери от испарения происходят главным образом при хранении в резервуарах нефти и легкоиспаряющихся нефтепродуктов, представляющих собой смеси большого количества индивидуальных углеводородных компонентов.

При испарении в начальной стадии теряются наиболее легкие фракции, в результате чего жидкая фаза постепенно утяжеляется.

В нормальных условиях резервуар представляет собой герметизированный сосуд, и процессы испарения в нем подчиняются законам испарения в закрытой емкости. При наличии свободного пространства в такой емкости наблюдается постепенное насыщение его парами хранимой жидкости. С физической точки зрения происходит массовый обмен между жидкой и паровой фазой, т. е. переход вещества из одной фазы в другую.

В пограничном слое вещество переносится одновременно вследствие конвективной и молекулярной диффузий, причем по мере приближения к поверхности раздела фаз конвективные потоки уменьшаются и возрастает роль молекулярной диффузии. При установившемся процессе на границе раздела фаз наблюдается равновесие между массовым содержанием обеих фаз.

При испарении в открытом сосуде пары непрерывно и полностью отводятся от поверхности жидкости в окружающую среду.

При хранении легкоиспаряющихся жидкостей в резервуарах различают два основных вида потерь: от так называемых «малых дыханий» и «больших».

Кроме того, имеются потери от «обратного выдоха» и от вентиляции газового пространства резервуаров.

Потери от «малых дыханий» — потери, возникающие при неподвижном хранении в результате суточных изменений температуры. В дневное время при нагревании резервуара и верхнего слоя нефтепродукта увеличивается количество паров и давление в герметичном резервуаре. При превышении давлением расчетного значения через предохранительные клапаны в атмосферу выпускаются избыточные пары.

В ночное, более холодное время наблюдается противоположный процесс: частичная конденсация паров, в результате чего давление в газовом пространстве падает, образуется вакуум, что предохраняет поступление в резервуар наружного воздуха.

Аналогичное явление происходит при изменении барометрического давления.

Потери от «больших дыханий» — потери, происходящие при наполнении резервуара, из которого вытесняется паровоздушная смесь. При подаче в резервуар нефти или нефтепродукта паровоздушная смесь сжимается до давления, соответствующего давлению дыхательных клапанов, в результате чего она вытесняется наружу и происходит «выдох». Эти потери называют также потерями от вытеснения паров наливаемой жидкостью.

Потери от вентиляции — потери, возникающие в результате недостаточной герметичности резервуаров. Их делят на потери от выдувания и потери от газового сифона.

Потери от выдувания наблюдаются в резервуарах с негерметичными крышами, через них ветром выдуваются пары.

Потери от газового сифона образуются, если отверстия в крыше резервуара расположены на разных уровнях. В таких случаях пары нефтепродуктов выходят через нижние отверстия наружу, а воздух входит в резервуар через верхние.

Чтобы рассчитать потери всех видов, необходимо располагать информацией о температурном режиме резервуаров,

включая температуры газового пространства, поверхностного слоя нефтепродукта, изменяющиеся в зависимости от погодных условий.

Определение фактических потерь нефтепродуктов из резервуаров чаще всего производят с помощью непосредственных замеров. Количество выходящей из резервуара паровоздушной смеси замеряют газовыми счетчиками, а объемное содержание — газоанализаторами.

В среднем на 1 т закачанной нефти приходится около 1,1 кг потерь углеводородов. По «Нормам естественной убыли нефти и нефтепродуктов при приеме, отпуске и хранении» из вертикальных стальных резервуаров потери в среднем за весенне-летний период с учетом поступления в резервуар нефти должны составлять 0,6...0,8 кг на 1 тонну закачанной нефти.

Борьба с потерями нефти, нефтепродуктов, газов, происходящих при их хранении

Предотвращение потерь осуществляется с помощью организационно-технических мероприятий и специальных технических средств.

Важна *герметизация всей системы* транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов.

Все операции по наливу и сливу проводят с максимальным применением средств герметичности, стремясь сокращать количество перекачек, а емкости, по возможности, держать *максимально заполненными*, что уменьшает отрицательное влияние «больших» и «малых» дыханий.

Расчетами установлено, что газовые потери бензина от испарения при хранении в наземных металлических резервуарах в средней зоне составляют (в процентах от объема резервуара) 0,3% — при заполнении на 70% и 9,6% — при заполнении на 20%. Соответствующие потери в южной зоне в 1,5 раза больше.

К специальным техническим средствам снижения потерь при хранении относят *применение конструкций резервуаров, предусматривающих уменьшение объема газового*

пространства; хранение нефтепродуктов под повышенным давлением; применение газоуравнительных систем или газоулавливающих установок по улавливанию паров нефти и нефтепродуктов; обеспечение отражательно-тепловой защиты резервуаров для снижения отрицательного влияния солнечной радиации с целью уменьшения колебаний температуры газового пространства.

Применение конструкций резервуаров с плавающими крышами, или понтонами, предусматривают уменьшение объема газового пространства. Эффективен также метод хранения легковоспламеняющихся нефтепродуктов под повышенным давлением. В резервуарах повышенного давления полностью устраняются потери от «малых дыханий», а потери от «больших дыханий» сокращаются на 50 - 60%.

К теплозащитным мероприятиям, уменьшающим влияние солнечной радиации на резервуары, относят окраску наружных и внутренних поверхностей резервуаров, устройство экранов-отражателей, орошение крыш резервуаров.

Наиболее широко применяют окраску наружной поверхности резервуаров в светлые тона. Обычно поверхности резервуаров окрашивают алюминиевой краской или белой эмалью.

В результате исследований установлена целесообразность окрашивания не только наружных, но и внутренних поверхностей резервуара. Это уменьшает поток тепла от стенок к поверхности нефтепродукта за счет низкого коэффициента излучения, что снижает потери в среднем на 30%!. Одновременная окраска внутренней и наружной поверхностей резервуара предопределяет снижение потери от испарения на 40 - 50% по сравнению с неокрашенным резервуаром.

Снижение потерь достигается использованием для хранения легкоиспаряющихся нефтепродуктов заглубленных и подземных резервуаров.

При хранении в заглубленных резервуарах практически исключается потеря от «малых дыханий», так как они не

подвергаются солнечному облучению. По сравнению с наземными резервуарами в этом случае потери сокращаются в 8 - 10 раз.

Газовая обвязка резервуаров дает хороший эффект в парках, где работа по приему и откачке совпадает по производительности и по времени. В таких случаях сохраняется значительное количество паров нефти и нефтепродуктов, перетекающих из резервуара в резервуар. Затраты на устройство газовых обвязок сравнительно невелики. Их рекомендуют выполнять по схеме, позволяющей объединить все резервуары в одну общую газоуравнительную систему. Это обеспечивает взаимозаменяемость всех резервуаров парка или группы резервуаров, связанных общими технологическими операциями.

Когда совпадение по заполнению и опорожнению невелико, в систему газовой обвязки резервуаров включают специальные газосборники.

В настоящее время разработаны различные системы улавливания паров. Фирмой «Доу кемикл компани» (США) разработана абсорбционная система обработки паров, выходящих из резервуаров. Адсорбер заполняется сополимерной насадкой из шарикового адсорбента. Диаметр шариков около 2 мм, удельная площадь поверхности контакта составляет примерно 400 м²/г.

Во время заполнения резервуара или при увеличении температуры окружающей среды выделяющиеся пары проходят через слой адсорбента. В результате происходит адсорбция органических веществ. При опорожнении или понижении температуры окружающей среды воздух засасывается в резервуар через слой адсорбента. Если этот воздух предварительно подогреть, то происходит десорбция поглощенных веществ. Иногда для безопасности воздух заменяют азотом. При этом выходной патрубков адсорбента-десорбера имеет Т-образную форму. На обоих его концах установлена запорная арматура. Один из концов патрубка сообщается с атмосферой, другой — с источником азота. Поскольку при всасывании азота резервуар не

сообщается с атмосферой (клапан закрыт), попадание кислорода воздуха в систему исключено.

Во многих случаях системы улавливания паров заменяют сжиганием в факеле или в закрытом аппарате.

В процессе очистных и ремонтных работ на магистральных газопроводах основными загрязнителями атмосферы являются природные газы, содержащие углеводороды, в основном парафинового ряда (метан, этан, пропан, бутан и др.); выхлопные газы газоперекачивающих агрегатов (СО, СО₂, СН₄, NO, NO₂, SO₂, сажистые частицы, бензапирен), одорант (этилмеркаптан).

Загрязнение происходит в зоне газоконденсатных, газораспределительных станций, промплощадок, линейной части магистральных газопроводов.

Снижение загрязнения при транспорте газа достигается использованием ингибиторов коррозии, применение перспективных способов очистки газопроводов, исключающих продувку в атмосферу, использование специальных фильтров, пропускание газов, стравливание из опорожненных подземных емкостей из-под одоранта через систему окислителей.

При проведении работ на линейной части магистральных газопроводов с участка, подлежащего ремонту, газ, как правило, стравливается в атмосферу при давлении 200500 Па, что обеспечивает возможность проведения огневых работ. Для уменьшения потерь газа были использованы следующие способы: перепуск газа из подлежащего ремонту газопровода с повышенным давлением в газопровод более низкого давления, перекачка газа с ремонтируемого участка газопровода в соседний, прилегающий участок данного или параллельно проходящего газопровода, стационарными или передвижными компрессорами; приостановка добычи газа на промыслах из низконапорных скважин, которые работают в газопровод низкого давления, и перепуск в него газа с ремонтируемого участка газопровода высокого или среднего давления; отбор газа потребителями (если ремонтируемый участок связан с ними отводами).

Эти способы утилизации газа неизбежно связаны с увеличением подготовительного периода ремонтного цикла. Однако относительный объем стравливаемого в атмосферу газа уменьшается при этом более чем в три раза.

На магистральных трубопроводах для транспорта нефти и нефтепродуктов с внедрением автоматики появилась возможность перейти на режим перекачки «из насоса в насос» без использования буферных резервуарных парков, что позволяет ликвидировать потери от «больших дыханий».

Обеспечение герметичности насосных агрегатов, задвижек, соединений трубопроводов позволяет сократить потери на 50 - 60%,

Защита атмосферы на объектах добычи и переработки природного газа Для предотвращения загрязнения воздушного бассейна газодобывающими предприятиями предусматривают следующие технологические и организационно-технические мероприятия: правильный выбор материалов для оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных средств, приборов и автоматики, работающих в средах, содержащих кислые газы;

герметизацию систем по добыче, транспорту и промысловой подготовке газа и углеводородного конденсата; применение систем автоматических блокировок и аварийной остановки, обеспечивающих отключение оборудования и установок при нарушении технологического режима без разгерметизации системы;

использование в качестве топлива и для различных технологических нужд газа, прошедшего осушку и сероочистку на газоперерабатывающем заводе или локальных установках на промыслах; применение закрытой факельной системы для ликвидации выбросов сероводорода при продувке скважин, трубопроводов, ремонте технологических установок с последующим его сжиганием в факелах.

Для уменьшения загрязнения атмосферы углеводородами и другими компонентами, содержащимися в газе, предусмотрено его сжигание в факеле. В практике эксплуатации объектов нефтяной и газовой промышленности применяют также факельные системы: низкого давления, обслуживающие цехи и установки, работающие под давлением до 0,2 МПа; высокого давления, обслуживающие установки, работающие под давлением свыше 0,2 МПа; локальные, аварийные, работающие под низким давлением, исключаящим прием газов в газгольдер.

1.5. Защита атмосферы путем снижения пожароопасности в лесных экосистемах

Лесные пожары - одна из серьезнейших проблем российских лесов. По данным Рослесхоза на конец 2003 г. ущерб, причиненный отрасли, - 1835,1 млн. рублей. При этом уничтожено 21490,2 тыс. кубометров древесины на корню, погибло 81060 га молодняков.

Ущерб от лесных пожаров оценивается не только сгоревшей древесиной и затратами, связанными с тушением и обслуживанием пожаров, но и нарушениям в атмосфере (нарушение кислородопроизводящей функции, задымленность атмосферы, выделение и рассеивание в ней продуктов горения), гидросфере (нарушение водоохраной функции), эдафосфере (изменение физико-химических свойств почвы, уничтожение большей части микробиоты). Очевидно, что самой эффективной мерой защиты биосферы в данном случае является предотвращение возникновения пожаров.

В целях своевременного принятия мер по предотвращению лесных пожаров и обеспечения эффективной борьбы с ними, органы управления лесным хозяйством ежегодно до начала пожароопасного сезона разрабатывают, а органы государственной власти субъектов Российской Федерации утверждают (ст. 100 Лесного Кодекса РФ) оперативные планы

борьбы с лесными пожарами на соответствующих территориях, которые предусматривают:

-обеспечение готовности организаций, на которые возложена охрана лесов, и лесопользователей к пожароопасному сезону;

-разработку и выполнение мероприятий по профилактике лесных пожаров и противопожарному устройству лесного фонда;

-порядок привлечения населения, работников коммерческих и некоммерческих организаций, их обеспечение средствами передвижения, питания, медицинской помощью;

-создание лесопожарных формирований, обеспечивающих готовность немедленного выезда на тушение;

-строительство и ремонт дорог противопожарного назначения, аэродромов и посадочных площадок для лесной авиации;

-регулярное проведение через средства массовой информации противопожарной пропаганды;

-координация работ по борьбе с лесными пожарами с созданием специальных комиссий.

Противопожарные мероприятия можно разделить на три группы: мониторинг лесных экосистем, механическая защита лесных массивов от распространения пожаров, разъяснительная работа с населением.

1. Мониторинг лесных экосистем. Слежение за лесопожарной обстановкой проводится воздушными и наземными патрулями, а также наземными наблюдательными пунктами. Обнаружение и разведка лесных пожаров контроль за их состоянием, в основном осуществлялась визуально, по дымовой полосе днем и по пламени в темное время суток. В настоящее время активно внедряются технологии и методики дистанционного контроля за состоянием окружающей среды, осуществляемые, как правило, на основе космоснимков с применением ГИС-технологий (например, «ГИС-Лесные пожары», применяемая в Бурятии и Красноярском крае).

2. Механическая защита лесных массивов.

Противопожарные мероприятия этой группы предусматривают, прежде всего, устройство противопожарных заслонов, к которым относятся создание *минерализованных полос* (рис. 1.5.1.) и противопожарных разрывов.

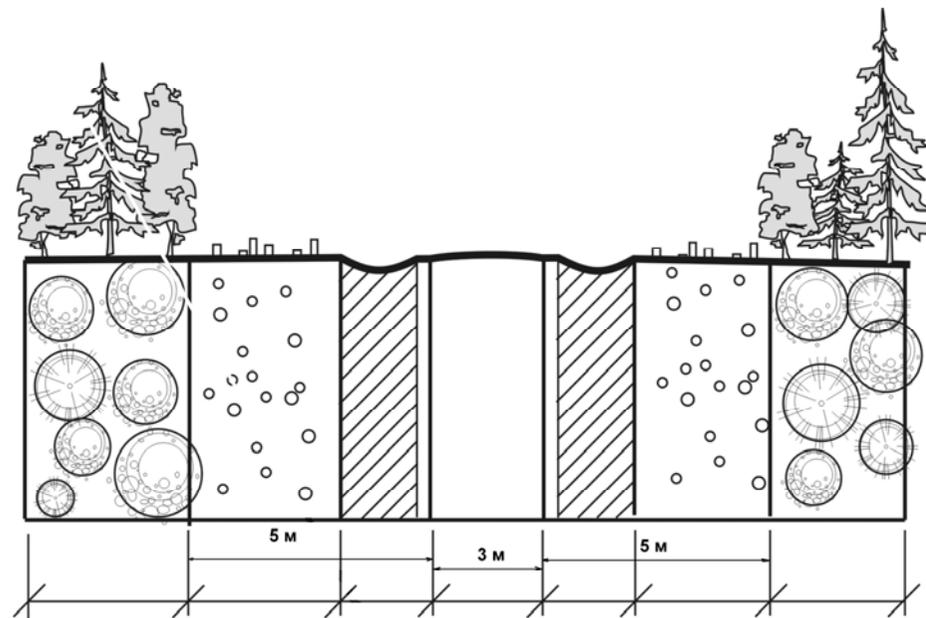


Рисунок 1.5.1. Устройство противопожарного разрыва

Основные показатели:

1. Ширина дороги – 3 м.
2. Ширина минеральной полосы – 5 м.

Минерализованные полосы представляют собой участки земли, на которых роют траншею или канаву глубиной до минерализованного слоя почвы, с целью исключения нахождения на них горючего материала. В период пожара ее заливают водой, что позволяет создать разрыв, не допускающий распространения

огня. Противопожарный разрыв включает в себя минерализованные полосы, а также полосы вырубленного леса, ограничивающие охраняемые участки лесных массивов.

Минерализованные полосы создаются вокруг хвойных молодняков, ценных насаждений, вдоль дорог и просек шириной 4 м, толщиной срезанного слоя 0,2 м. Другой вариант - создание заградительных полос шириной 8-10 м, с устройством канавы шириной 0,5 м и разбрасыванием грунта на расстояние до 5 м в каждую сторону. Минерализованные полосы также устраиваются на свежих вырубках. На пустырях, прогалинах, в обочинах проезжих дорог, просекам и раскорчеванным вырубкам с шириной минерализованной полосы 1, 4 м. Под пологом леса в насаждениях средней полноты минерализованная полоса обустраивается шириной 1,4 м – 1 км.

Эксплуатация противопожарных заслонов включает в себя: мероприятия по уходу за противопожарными разрывами, который проводится 1 раз в 5 лет при 20-метровых разрывах, и 2 раза в год в случае эксплуатации минерализованной полосы шириной 1,4 метра. Уход включает в себя обрезание деревьев высотой более 2 м. Чистка полос - уборка валежа, древесного хлама путем сжигания – проводится ежегодно.

При выполнении противопожарных мероприятий необходимо соблюдать следующие требования:

а) для производства профилактических работ по возможности не применять механизмы, приносящие вред окружающей среде и почвенному покрову;

б) ограничивать проведение профилактических работ в период размножения птиц и животных.

При строительстве объектов противопожарного и иного назначения (дорог, мостов и др.) плодородный слой почвы (до 20 см) снимается, складывается, а затем используется для восстановления нарушенных земель или по назначению в хозяйстве лесхоза.

В целях предотвращения новых возгораний после ликвидации лесных пожаров необходимо:

- уточнить границы поврежденного леса;
- очистить территорию от полностью погибших древостоев;
- подготовить почву и провести посадку лесокультур или выполнить работы, способствующие естественному восстановлению.

3. Разъяснительная работа с населением. Статистика показывает, что наиболее частой причиной возникновения пожаров становится неосторожное обращение с огнем населения, посещающего лес.

Для решения сложившейся ситуации необходима активная разъяснительная работа среди населения работниками лесхоза, МЧС, педагогическими работниками при проведении занятий по ОБЖ, биологии и экологии в школах, использование средств массовой информации и наглядно-агитационных материалов. Необходимо разъяснять также возможную юридическую ответственность гражданам за нарушение противопожарного режима в лесу.

В Главе 12 Лесного Кодекса Российской Федерации перечислены права, обязанности и участие государственных органов, лесопользователей и граждан в охране лесного фонда от пожаров. Статья 95. Государственный пожарный надзор в лесном фонде и в не входящих в лесной фонд лесах: «лесопользователи, *иные граждане*, юридические лица, осуществляющие работы на участках лесного фонда и землях, граничащих с лесным фондом, а также *лица, ответственные за проведение культурно-массовых и других мероприятий* в лесном фонде и в не входящих в лесной фонд лесах, за нарушение требований и правил пожарной безопасности несут уголовную, административную и иную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации».

Уголовная ответственность за уничтожение или повреждение лесов предусмотрена в Уголовном Кодексе Российской Федерации. Статья 261. Уничтожение или

повреждение лесов: п. 1. Уничтожение или повреждение лесов, а равно насаждений, не входящих в лесной фонд, в результате неосторожного обращения с огнем или иными источниками повышенной опасности, наказываются штрафом в размере до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до восемнадцати месяцев, либо исправительными работами на срок до двух лет.

п. 2. Уничтожение или повреждение лесов, а равно насаждений, не входящих в лесной фонд, путем поджога, иным общеопасным способом либо в результате загрязнения вредными веществами, отходами, выбросами или отбросами, наказываются штрафом в размере от ста тысяч до трехсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного года до двух лет либо лишением свободы на срок до семи лет со штрафом в размере от десяти тысяч до ста тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного месяца до одного года либо без такового.

Часть 2. Основы коррекции экологических ситуаций в гидросфере

2.1. Нормирование качества воды

Качество воды оценивается по многочисленным параметрам, величины которых зависят от ее назначения. Они устанавливаются требованиями СанПиНов ГОСТов, ОСТов, постановлениями правительства, решениями администраций субъектов РФ и постоянно корректируются. Так, существовавший на питьевую воду ГОСТ 2874-73, введенный вместо стандарта 1954 г., был заменен в 1982 г. Сейчас вступил в действие новый государственный стандарт «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074 – 01».

Вместе с тем остается неизменным основное требование к воде, которое должно быть обеспечено соблюдением стандартов: безопасность воды в эпидемическом и радиационном отношении, безвредность по химическому составу и благоприятность по органолептическим свойствам.

Несмотря на различные величины параметров для каждого вида воды (питьевая, в водоемах зон рекреации, в рыбохозяйственных водоемах, в сточных водах и др.) основные требования к качеству воды можно объединить в следующие группы:

1. **Физико-химические показатели, определяющие органолептические свойства воды** - привкус, запах, мутность, цветность, а также ПДК компонентов, которые ухудшают органолептические свойства воды. Привкус, запах, цветность определяются по специальным шкалам (баллы), либо по порогу разбавления, при котором привкус и запах воды перестают ощущаться. Перечень веществ, влияющих на органолептические свойства воды, постоянно расширяется. В настоящее время к нему относят железо, марганец, медь, сульфаты, хлориды,

фенолы, хлор и др. Так, для питьевой воды сухой остаток — не более 1000 мг/л, хлориды — 350 мг/л, железо — 0,3 мг/л, цинк — 5 мг/л, общая жесткость — 7 мг-экв/л (Николадзе). Мутность воды обусловлена содержанием нерастворенных, прежде всего грубодисперсных минеральных примесей; цветность — содержанием минеральных и органических соединений, причем главную роль играют коллоиды органического происхождения, планктон и другие вещества. Появление в воде привкусов и запахов вызывают минеральные растворенные и коллоидные вещества (сероводород, хлор, железо), а также органические соединения. К последним (относятся продукты биологических процессов, происходящих в самих водоемах, вещества, поступающие в водоемы в результате смыва почв и со сточными водами. В результате смыва с полей ядохимикатов и размыва промышленно загрязненных почв, а также со сточными водами в водоемы попадают токсичные вещества.

2. Кислотность или щелочность. Степень кислотности (или щелочности) оценивается величиной водородного показателя рН. Для питьевой воды он должен лежать в пределах от 6 до 9 (по стандарту 1973 г. требования были даже жестче — от 6,5 до 8,5).

3. Безопасность воды в эпидемическом отношении определяется косвенными показателями: количеством микробов в 1 мл воды (общее микробное число для питьевой воды — до 100) и содержанием бактерий группы кишечной палочки (палочек Коли) в 1 л. Последний параметр называется Коли-индекс (для питьевой воды в водопроводе — до 3; в водоемах зон рекреации — до 10000). Величина, обратная Коли-индексу, называется Коли-титр (для питья — не менее 300 мл на одну палочку).

4. Жесткость воды выражают в миллиграмм-эквивалентах на литр, т. е. в абсолютных единицах концентрации. Жесткость воды — важная химическая характеристика, определяющая ее пригодность для использования в оборотных системах разнообразных теплообменных и других аппаратов. Жесткость зависит от содержания в воде растворенных солей кальция и

магния. Различают жесткость *карбонатную и некарбонатную*. Сумму той и другой называют *общей жесткостью*.

Карбонатная жесткость обуславливается наличием гидрокарбонатных углекислых солей кальция и магния. Ее также называют временной (устранимой) жесткостью, так как при кипячении воды CaCO_3 и MgCO_3 выпадают в осадок и жесткость исчезает.

Некарбонатной называют жесткость воды, вызванную содержанием некарбонатных солей кальция и магния — сульфатов (CaSO_4 и MgSO_4 , хлоридов (CaCl_2 , MgCl_2) и нитратов ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$). Очень высокой общей жесткостью обладает морская вода (180...200 мг-экв/л).

5. Показатели токсичности воды приводятся в виде ПДК тех веществ, которые могут встретиться в исходной воде или добавляться в нее искусственно. Это перечень как неорганических, так и органических компонентов, к которым относятся алюминий, барий, бериллий, ртуть, свинец, хлороформ, дихлорэтан, бензпирен и др. Для питьевой воды, например, содержание в мг/л должно быть не более: бериллия — 0,0002; свинца — 0,05; ртути — 0,001 и т. д. Причем при обнаружении в воде нескольких веществ однонаправленного действия их концентрация C проверяется по ПДК и суммируется.

6. Паразитологические показатели оценивают количеством патогенных микроорганизмов (от дизентерийных амёб до холерных вибрионов, вирусов лептоспироза и др.). Например, цисты лямблий не должны обнаруживаться в 50 л питьевой воды.

7. Органическое загрязнение воды определяют косвенным путем — по количеству кислорода, необходимого для окисления органических примесей в одном литре воды. Чем больше требуется кислорода, тем грязнее вода. Применяются два показателя: **биологическая потребность в кислороде** за определенное время или количество кислорода, потребляемое на окисление органических веществ всеми простейшими и бактериями, содержащимися в этом литре за единицу времени —

БПК (мг O₂/л). (БПК₅ — за 5 суток, БПК₂₀ — за 20 суток)
Химическая потребность в кислороде — ХПК (мг/л)
Определение количества кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде. Единица измерения ХПК - (мг O₂/л). ХПК является показателем, характеризующим степень и динамику самоочищения природных вод. Если ХПК превышает БПК, то это свидетельствует о высоком содержании биохимически неокисляющихся органических веществ.

Потребление кислорода на окисление органических соединений в кислой среде (добавляется серная кислота) при наличии катализатора (сульфата серебра). Для нефтесодержащих сточных вод применяют в качестве окислителя бихромат калия, наиболее полно окисляющий органику, содержащуюся в сточных водах. Причем ХПК — более полная и быстрая оценка загрязнения, при определении которой вовлекаются в реакцию даже трудноокисляемые органические вещества.

Величины БПК и ХПК особенно важно учитывать для сточных вод. Если БПК/ХПК меньше 0,5, то сточные воды считаются перенасыщенными трудноокисляемыми (а значит и трудноудаляемыми) соединениями. По международным стандартам 1982 г., при ХПК 100 мг/л вода считается чрезвычайно загрязненной.

Качество воды, во многом зависящее от количества растворенного в ней кислорода, можно оценить двояко: по насыщению воды кислородом в процентах от максимально возможного при данной температуре и по содержанию кислорода в одном литре. По международным стандартам 1982 г. вода высокого качества должна иметь эти величины не менее 60% и 4 мг/л соответственно. Во многих стандартах последних лет этот параметр не оговаривался, так как при норме параметров предыдущих пяти групп кислородные показатели выполняются практически всегда.

Нормирование качества воды поверхностных водоемов также производится по параметрам, которые описаны выше. Но

оно имеет ряд особенностей. Так, в соответствии с Санитарными правилами и нормами «Охрана поверхностных вод от загрязнений» (СанПиН 4630-88) установлено две категории водоемов (или их участков):

- а) питьевого и культурно-бытового назначения;
- б) рыбохозяйственного назначения.

Для первой категории вода должна соответствовать нормативам на расстоянии не менее 1 км от места водозабора. Для второй категории вода должна быть нормативной везде, кроме района сброса сточных вод (но не далее 500 м от него).

Ввиду многообразия вредных и токсичных веществ в водоемах их объединяют в группы и каждую нормируют по *лимитирующему показателю вредности - ЛПВ*. Для водоемов первой категории выделяют три вида ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Для рыбохозяйственных водоемов используют еще два вида ЛПВ: токсикологический и рыбохозяйственный. Причем здесь многие параметры, которые в первой категории водоемов относятся к общесанитарным, являются токсикологическими (цинк, например) или рыбохозяйственными (фенолы, например), так как значительно влияют на жизнь в водоемах.

Каждый потребитель предъявляет к воде свои особые требования, которые оговорены соответствующими гостами. Например, в воде для приготовления пива не должно быть сульфатов, а в питьевой воде их может быть до 500 мг/л, для воды на сахарном производстве не допускается присутствие соли.

2.2. Методы очистки водных объектов

Очисткой воды называется обработка воды с целью удаления из нее посторонних примесей, реально или потенциально несущих ущерб здоровью человека, окружающей среде либо техническим объектам.

Различают: 1) очистку *природных вод* и 2) очистку *сточных вод*. Применяемые методы очистки, в общем, универсальны.

Применяемая технология очистки зависит от нужной степени очистки воды, которая, в свою очередь, определяется назначением очищенной воды (спуск в водоем после очистки; повторное использование в технологическом процессе; изготовление пищевых продуктов).

Обычно очистка воды - многоступенчатый процесс с использованием различных методов очистки, в частности: механического, физико-химического, химического, биологического. Эти группы методов разделяют также по последовательности их применения. К методам предочистки и первичной очистки, как правило, относят механические методы; к методам вторичной очистки - химические и физико-химические методы; доочисткой называют применение биологического метода и обеззараживания.

2.2.1. Механические методы

Предусматривают - удаление из воды крупноразмерных нерастворимых примесей (взвешенных веществ) с использованием механического задержания (*фильтры*), действия сил тяжести (*отстойники*) или центробежных сил (*центрифуги*).

Механическое задержание. Крупные примеси задерживаются *решетками*, песок крупностью 0,25 мм и более - *песколовками*. Грубое механическое процеживание - *макропроцеживание* или *макрофильтрация* - проводят с помощью металлических проволочных сеток с размером отверстий более 0,3 мм. В результате данной процедуры извлекаются грубодисперсные примеси, насекомые, травы, водоросли и т.д. - размером от 0,2 мм.

Микрофильтры - это тоже сита, но с меньшим размером ячеек (0,02 - 0,04 мм). Они задерживают до 75% диатомовых и до 95% сине-зеленых водорослей и до 100% зоопланктона.

Отстаивание воды. Отстаивание - наиболее простой и часто применяемый способ выделения из сточных вод грубо дисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дне отстойника или всплывают на его поверхности.

Отделение нерастворенных и частично коллоидных загрязнений проводят в отстойниках. Отстойники используют: 1) для предварительной очистки сточных вод перед их биологической очисткой;

2) как самостоятельное сооружение (если по состоянию или последующему назначению воды удаление механических примесей вполне достаточно).

Эффект осветления в отстойниках воды достигает 35-50%.

Отстойники подразделяются на статические (движения воды не происходит) и динамические (происходит движение воды), которые, в свою очередь, подразделяются на *горизонтальные* (вода движется горизонтально вдоль отстойника), *вертикальные* (вода подается снизу вверх), *радиальные* (вода подается от центра к периферии).

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический или квадратный резервуар с коническим дном для удобства сбора и откачки осаждающегося осадка. Движение воды в вертикальном отстойнике происходит снизу вверх (для осаждающихся частиц).

Горизонтальный отстойник представляет собой прямоугольный резервуар (в плане) высотой 1,5-4 м, шириной 3-6 м и длиной до 48 м. Выпавший на дне осадок специальными скребками передвигают к приемку, а из него гидроэлеватором, насосами или другими приспособлениями удаляют из отстойника. Всплывшие примеси выводят с помощью скребков и поперечных лотков, установленных на определенном уровне.

Песколовка является частным случаем отстойника. Как правило, вода в песколовке находится недолго, в отличие от отстойников, где она может задерживаться от 1,5 часа. Песколовка представляет собой резервуар, заполненный водой, перемещающейся с определенной скоростью, вызывающей осаждение крупных частиц загрязнителей. Разновидности песколовки, как и отстойников, определяются направлением водотока (горизонтальные, круговые, вертикальные, поступательно-круговые). Самые простейшие горизонтальные

песколовки представляют собой резервуары с треугольным или трапециидальным поперечным сечением. Глубина песколовков 0,25-1 м. Скорость движения воды в них не превышает 0,3 м/с. Песколовки с круговым движением воды изготавливаются в виде круглого резервуара конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды. Осадок собирается в коническом днище, откуда его направляют на переработку или отвал. Применяются при расходах до 7000 м³/сут. Вертикальные песколовки имеют прямоугольную или круглую форму, в них сточные воды движутся с вертикальным восходящим потоком со скоростью 0,05 м/с.

Конструкцию песколовки выбирают в зависимости от количества сточных вод, концентрации взвешенных веществ. Наиболее часто используют горизонтальные песколовки.

Частицы тяжелее воды (песок, ил и др.) при отстаивании опускаются на дно, легче воды - всплывают. Всплывшие загрязнения (жиры, нефть и др.) удаляют с помощью *жирооловок, нефтеловушек, мазутоловок, бензоловок*.

Применение гидроциклонов. При вращении жидкости в гидроциклонах на частицы действуют центробежные силы, отбрасывающие тяжелые частицы к периферии потока, силы сопротивления движущегося потока, гравитационные силы и силы инерции. Силы инерции незначительны. При высоких скоростях вращения центробежные силы значительно больше сил тяжести. Осаждение взвешенных частиц под действием центробежной силы проводят в гидроциклонах и центрифугах.

Напорные гидроциклоны. В напорные гидроциклоны вода подается через тангенциально направленный патрубок в цилиндрическую часть. В гидроциклоне вода, двигаясь по винтовой спирали наружной стенки аппарата, направляется в коническую его часть. Здесь основной поток изменяет направление движения и перемещается к центральной части аппарата. Поток осветленной воды в центральной части аппарата по трубе выводится из гидроциклона, а тяжелые примеси

вдоль конической части перемещаются вниз и выводятся через патрубок шлама.

Промышленность выпускает напорные гидроциклоны нескольких типоразмеров. Для грубой очистки применяют гидроциклоны больших диаметров. Эффективность гидроциклонов находится на уровне 70%.

Гидроциклоны малого диаметра объединяют в общий агрегат, в котором они работают параллельно.

Безнапорные гидроциклоны. Одним из технических приспособлений для сбора нефтяной пленки с поверхности воды является безнапорный гидроциклон.

Если в предыдущих конструкциях для вращения жидкости в гидроциклоне применяли подачу воды в гидроциклон по патрубку, расположенному по касательной в цилиндрической части, то в данном случае проводят отсос воды из гидроциклона по патрубку, расположенному по касательной внизу конической части гидроциклона. Такое расположение патрубка дает возможность образовывать внутри гидроциклона вращение жидкости, причем поступление воды из водоема происходит в верхней части гидроциклона.

Собранная с поверхности воды пленка нефтепродуктов, попадая в гидроциклон как более легкая, собирается в центре гидроциклона. По мере увеличения количества нефтепродуктов в гидроциклоне внутри него образуется конус из нефтепродуктов, который, увеличиваясь в размере, достигает нефтяного отборного патрубка, расположенного в центре гидроциклона. Нефтепродукты по этому патрубку сбрасываются в специальные емкости на берегу водоема.

Центрифуги. Для удаления осадков из сточных вод могут быть использованы фильтрующие или отстойные центрифуги.

Центробежное фильтрование достигается вращением суспензии в перфорированном барабане, обтянутом сеткой или

фильтровальной тканью. Осадок остается на стенках барабана. Его удаляют вручную или ножевым съемом. Такое фильтрование наиболее эффективно, когда надо получать продукт наименьшей влажностью и требуется промывка осадка.

Центрифуги могут быть периодического или непрерывного действия; горизонтальными, вертикальными или наклонными; различаются по расположению вала в пространстве; по способу выгрузки осадка из ротора (с ручной, с ножевой,

поршневой или центробежной выгрузкой). Они могут быть в герметизированном и негерметизированном исполнении.

2.2.2. Физико-химические методы очистки сточных вод

Известные физико-химические методы позволяют интенсифицировать отделение взвешенных или суспензированных минеральных и органических загрязнителей (методы флотации, коагуляции), извлекать из стоков необходимые компоненты (экстракция, сорбция, электродиализ, гиперфильтрация, и др.), увеличивать концентрацию веществ для последующего их отделения выпариванием или кристаллизацией.

Коагуляция — процесс укрупнения дисперсных частиц за счет их взаимодействия и объединения в агрегаты. Завершается этот процесс отделением агрегатов слипшихся частиц от жидкой фазы. *Вещества, способные вызвать коагуляцию частиц, называют коагулянтами.* Они вызывают не только коагуляцию части загрязнений, но и образуют, гидролизуясь, малорастворимые продукты, способные объединяться в крупные хлопья. Важная особенность коагуляции — возможность, помимо очистки воды от грубодисперсных и коллоидных загрязнений, удаления некоторых растворенных примесей. *Физическая сущность процесса коагуляции:* Частицы эмульгированной и коллоидной нефти, а также минеральная взвесь, находящиеся в сточной воде, имеют отрицательный (одинаковый) электрический заряд. Это обуславливает возникновение межмолекулярных сил отталкивания и агрегативную устойчивость.

Агрегативную устойчивость частиц стремятся нарушить, устранив заряд или снизив его. Для этого добавляют к сточной воде электролит-коагулянт, имеющего заряд, противоположный заряду коагулируемых частиц. Это вещества, диссоциирующие с образованием двух- и трехвалентного катионов (с увеличением валентности иона электролита коагулирующая способность возрастает). Для очистки вод (в частности, нефтьсодержащих) применяют минеральные коагулянты: оксихлорид алюминия, сернокислый алюминий, сульфат алюминия, железа (III), хлорид железа (III), алюминат натрия.

В водных растворах эти коагулянты гидролизуются с образованием коллоидных гидратов окиси алюминия или гидратов окиси железа. Взвешенные частицы как центры коагуляции абсорбируют образующийся гидрат окиси металла, обволакиваются им, образуя крупные хлопья. При осаждении хлопья часто увлекают за собой неадсорбированную часть загрязняющих веществ, находящихся в воде.

Для улучшения процесса коагуляции необходимо из сферы реакции удалять ионы водорода, образующиеся при гидролизе. Это осуществляется за счет реакции ионов водорода с бикарбонат-ионами, для чего в воду добавляют известь. Так как многие промышленные сточные воды в своем составе содержат железо в виде двух- и трехвалентного иона, то их можно очищать, добавляя лишь известковое молоко.

Процесс коагуляции протекает в течение некоторого времени, необходимого для начала коагуляции, укрупнения частиц и образования сложных агрегатов (хлопьев), а также их осаждения. Процесс хлопьеобразования ускоряется при равномерности перемешивании воды после добавления коагулянта.

Для практического осуществления очистки сточных вод методом коагуляции помимо специальных реагентов необходимо иметь соответствующее оборудование: смесители, камеры реакции (контактные резервуары), отстойники или осветители, приемные резервуары, насосные станции для удаления очищаемой воды и перекачки осадка. Доза минеральных коагулянтов колеблется в

широких пределах. Вид реагента и его оптимальную дозу устанавливают на основании лабораторных экспериментов с учетом требований к качеству очищаемой воды, доступности и стоимости реагента. При использовании только одного коагулянта его доза обычно составляет 50...150 мг/л.

Процесс коагуляции наблюдается как побочное явление при электрофлотационной очистке, поскольку в результате анодного растворения электродов, изготовленных из алюминия или железа, образуется их гидроокись. Этот же принцип используется в методе электрокоагуляции в специальных аппаратах, называемых электролизерами. Коагуляция наиболее эффективна для удаления из воды коллоидно-дисперсных частиц, то есть частиц размером 1-100 мкм.

Флотация — один из основных способов удаления из сточных вод нерастворимых примесей — эмульгированной нефти и нефтепродуктов, масел, радиоактивных соединений а также твердых минеральных загрязнителей, которые не задерживаются в ловушках.

В основу процесса флотации положено явление молекулярного слипания в воде частиц примесей и тонкодиспергированных пузырьков воздуха, и переход их в пенный слой. Это вызвано уменьшением поверхностной энергии флотируемых частиц и пузырьков воздуха в пограничных слоях раздела фаз при смачивании частиц.

Образование системы «частица — пузырек воздуха» зависит от частоты их столкновения, степени смачивания поверхности, гидрофобности частиц и их размеров, от химического взаимодействия находящихся в воде веществ, избыточного давления и т. п.

Флотация часто применяется после процесса коагуляции. Коагулянты могут использоваться непосредственно во время флотации.

В зависимости от способа образования пузырьков различают следующие виды флотации: компрессионную

(напорную), механическую (безнапорную) или пенную, химическую, электрофлотацию.

Наиболее широкое применение в практике очистки нефтьсодержащих сточных вод получили установки компрессионной флотации.

В установках электрофлотации обрабатываемая вода движется в межэлектродном пространстве. При этом на поверхности электродов (растворимых или нерастворимых) образуются пузырьки воздуха или кислорода, которые флотируют примеси воды. При применении растворимых электродов параллельно с электрофлотацией идет процесс электрокоагуляции, что повышает эффект очистки.

Чтобы повысить эффективность флотационной очистки, следует предусматривать удаление из воды тонкодиспергированных примесей с плотностью, большей плотности воды, методами реагентной обработки коагулянтами и флокулянтами. Для этих целей используют коагулянты в виде водных растворов глинозема, хлорного железа или других реагентов.

Доза флокулянтов в зависимости от качества обрабатываемых сточных вод колеблется в пределах 3...10 мг/л, а при совместном применении с коагулянтом — 0,5...2 мг/л.

Экстракция (лат. извлекать) — применяется в случаях, когда извлекаемое загрязняющее вещество является ценным продуктом. Сточные воды обрабатывают несмешивающимся с водой растворителем, в котором ЗВ растворяется в значительно большей степени, чем в самой воде. Затем смесь жидкостей разделяют, получая очищенную воду. Например, фенол-содержащую воду смешивают с растворителем — бензолом, который, растворяя фенол, очищает воду.

Фильтрация — как комбинированный метод очистки воды

Фильтрация обычно завершает процесс водоподготовки. Из воды извлекаются не только дисперсии, но и коллоиды.

Сущность метода - в пропускании воды через фильтрующий материал. При пропуске воды через слой зернистого материала могут происходить три вида фильтрования:

- задержание частиц на поверхности пленочного слоя (пленочное фильтрование);

-задержание примесей в порах фильтрующего слоя (объемное фильтрование);

- одновременное образование пленочного слоя примесями в порах загрузки фильтра (происходят химические реакции в фильтрующем слое)

Пленочное фильтрование – механический процесс. В основе объемного фильтрования лежат физико-химические процессы – может наблюдаться предварительное коагулирование примесей с целью ликвидации их заряда. Затем происходит процесс адгезии (слипания поверхностей двух разнородных твердых или жидких тел) скоагулированных примесей на поверхности зерен фильтрующего слоя и суффозии (отрыва ранее прилипших частиц и перенос их гидродинамическими силами потока в нижние слои загрузки).

Скорые фильтры. Фильтры по виду фильтрующей среды делят на тканевые или сетчатые, зернистые, каркасные или намывные. Чаще всего используются зернистые.

Фильтрующий слой зернистых фильтров состоит из отсортированного зернистого материала, химически и механически стойкого, удовлетворяющего сан требованиям: кварцевого песка, дробленого антрацита, горелых пород, керамзита, керамической крошки, доменного шлака, дробленного мрамора, полимеров).

Поддерживающий слой из гравия или щебня высотой 45-55 см с крупностью зерен от 2 до 40 мм, на котором лежит фильтрующая загрузка, укладывают для того, чтобы мелкий фильтрующий материал не вымывался из фильтрующего слоя и не уносился вместе с фильтруемой водой через поры

распределительной системы. Распределительная (дренажная) система – важный элемент фильтра, которая должна собирать и отводить профильтрованную воду без выноса зерен фильтрующего материала. В настоящее время применяются распределительные системы большого сопротивления. Равномерность распределения промывной воды по площади в них достигается вследствие большого сопротивления движению воды через проходные отверстия.

Промывка скорых фильтров производится обратным током профильтрованной воды. Ее подают под напором в поддонное пространство или дренажную трубчатую систему. Проходя через фильтрующую загрузку со скоростью в 7-10 раз большей, чем скорость фильтрования, вода взвешивает фильтрующую загрузку, налипшие загрязнения оттираются и попадают в промывную воду, которая собирается сборными желобами, расположенными над поверхностью фильтрующей загрузки. Желоба находятся на такой высоте, чтобы в них попадали загрязнения, но не песок.

Контактные осветлители. Это разновидность фильтровальных аппаратов, работающих по принципу фильтрования воды в направлении убывающей крупности зерен через слой загрузки большой толщины. При этом идет восходящее фильтрование – снизу вверх. Обработываемая вода через распределительную систему, уложенную на дне сооружения, вводится в нижние гравийные слои, затем фильтруется последовательно через слои загрузки, крупность зерен которой постепенно уменьшается. При этом основная масса примесей воды задерживается в нижних крупнозернистых слоях, характеризующихся большой грязеемкостью, что уменьшает темп потери напора. Снижение темпа прироста потери напора и увеличение продолжительности действия загрузки (вследствие большой высоты слоя), позволяет очищать на контактных осветлителях воду с большим содержанием взвеси, чем на скорых фильтрах (скорый фильтр 5-15 мг/л взвеси, контактный – до 120 мг/л).

При водообработке на контактных осветлителях вводят в воду коагулянт непосредственно перед поступлением воды в загрузку. Процесс коагуляции протекает в ее толще.

За короткий промежуток времени от момента введения коагулянта до начала фильтрования в воде могут образовываться лишь микроагрегаты коагулирующих частиц. Дальнейшая агломерация примесей происходит не в свободном объеме воды, а на зернах загрузки. Частицы адсорбируются на поверхности зерен, образуя отложения характерной для геля сетчатой структуры. Этот процесс называется контактной коагуляцией. В данных условиях процесс коагуляции идет при меньшей дозе коагулянта с большей полнотой и в несколько раз быстрее, чем в свободном объеме (при обычном способе проведения коагуляции).

2.3. Принципы биологической обработки отходов

Обработка отходов (в том числе и жидких) этим способом подразумевает биологическое разложение (с помощью микроорганизмов) органических соединений.

Различают аэробную и анаэробную деградиацию.

Аэробный процесс: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + \text{микробная биомасса} + \text{теплота}$.

Анаэробный процесс: $C_6H_{12}O_6 = 3CH_4 + 3CO_2 + \text{микробная биомасса} + \text{теплота}$

Преимущество аэробного процесса состоит в высокой скорости и использовании веществ в низких концентрациях, недостаток — в образовании большого количества микробной биомассы. Аэробный процесс используется при очистке бытовых, некоторых промышленных и свиноводческих сточных вод с ХПК не выше 2000 мг/л.

Преимущество анаэробного процесса заключается в относительно незначительном образовании микробной биомассы, возможности обработки концентрированных стоков, а также в образовании энергоносителя — метана. К недостаткам следует

отнести невозможности удаления органических загрязнений в низких концентрациях, и для глубокой очистки анаэробную обработку следует использовать в комбинации с последующей аэробной стадией.

2.3.1. Аэробная очистка сточных вод

Биологическая очистка сточных вод представляет интенсифицированную модель процессов, происходящих в природных водоемах при попадании в них избытка органических соединений.

Окислительные пруды (лагуны) и каналы представляют собой простейшие и наиболее дешевые системы очистки бытовых сточных вод. Это аналоги гиперевтрофизированных водоемов. Микроорганизмы находятся во взвешенном состоянии и в придонном осадке. Снабжение кислородом осуществляется за счет диффузии и фотосинтетической активности водорослей и водных растений, поэтому водоемы должны быть неглубокими. Более эффективны системы из нескольких прудов, соединенных каналами, где происходит ступенчатая очистка, причем последний инфильтрационный пруд обычно очень мелкий, в нем идет естественная фильтрация через песок и глину в грунтовые воды. Такая очистка может применяться в местах, где имеется слой глины, залегающий под фильтрационным слоем почвы и песка и предохраняющий грунтовые воды от загрязнения.

Струйные биофильтры с прикрепленными микроорганизмами также являются простыми и дешевыми очистными сооружениями. Они представляют собой емкости или наклонные каналы, заполненные пористым материалом (щебень, керамзит). Вода поступает сверху, медленно струится между обросшим микробной биопленкой наполнителем и собирается внизу.

Открытые окислительные каналы или резервуары, в которых установлены вращающиеся диски, изготовленные из синтетических материалов и наполовину погруженные в

медленно протекающую воду, также являются недорогими устройствами для очистки сточных вод. Диски обрастают микробной биопленкой, в которой наблюдаются два слоя — наружный с преобладанием аэробных микроорганизмов и внутренний - с преобладанием анаэробных. При медленном вращении дисков оказывающаяся снаружи часть биопленки захватывает кислород. Сооружения применяются в теплых регионах либо устанавливаются в помещениях.

Технология «**Процесс активированного ила**» применяется в настоящее время во всем мире для очистки городских сточных вод.

Типовая схема аэробной очистки сточных вод «процесс активированного ила» включает 3 или 4 степени (рис. 2.3.1):

1. Удаление твердых включений (механическая обработка, осаждение);
2. Биологическое окисление органических загрязнений (микробиологическая обработка, собственно процесс активированного ила);
3. Химическое и/или биологическое удаление неорганических загрязнений (доочистка);
4. Обеззараживание



Рисунок 2.3.1. Схема биологической очистки воды с использованием технологии «активированного ила»

Биологическая очистка происходит в открытом бассейне, аэротенке, содержимое которого перемешивается и снабжается кислородом с помощью мешалок и воздуходувок разных конструкций. Удаление органических загрязнений микроорганизмами достигает часто 99 % от первоначального. В аэротенке происходит активный рост микроорганизмов, которые благодаря наличию слизистых капсул у многих микроорганизмов, нитчатых форм бактерий, притяжению положительно заряженных ионов и образованию полисахаридных фибрилл спонтанно агрегируются, образуя рыхловатые скопления размером до 1 — 2 мм.

Обработанная в аэротенке вода и активный ил, состоящий в основном из микробной биомассы, разделяются в отстойнике, из которого вода направляется для сброса в принимающий водоем или на доочистку (удаление азота и фосфора). Обычно на крупных станциях очистки сточных вод применяется система из двух последовательных аэротенков с отстойниками (рис.2.3.1). Агрегированная микробная биомасса, выносимая с водой из аэротенка в отстойник, эффективно осаждается и 70—95 % ее направляется обратно в аэротенк. Это позволяет:

- поддерживать максимально возможное разнообразие микроорганизмов (в том числе и за счет медленно растущих – ил используется от нескольких дней до нескольких недель) необходимое для разложения веществ, присутствующих в сточных водах в разных концентрациях;
- поддерживать количество активной биомассы в аэротенке выше необходимого для деградации поступающих со сточной водой загрязнений, что повышает скорость окисления;
- регулирует эффективность осаждения ила, так как в аэротенк возвращаются только агрегированные микроорганизмы, которые уже прошли осаждение, в то время как суспендированные микробы вымываются из системы.

Эффективность процесса биологической очистки регулируется путем поддержания баланса между возвратом активного ила и удалением избыточного ила. Недостаточный возврат

ила в аэротенк приводит к уменьшению биоразнообразия микробного сообщества, а избыточный возврат — к старению ила, что означает уменьшение метаболической активности микробного сообщества.

Активированный ил представлен агрегатами (флоками) бактериальных клеток и некоторым количеством простейших. Одиночных суспендированных клеток в активном иле немного, поскольку простейшие питаются преимущественно одиночно плавающими микробными клетками. Таким образом, хищники улучшают способность активированного ила к осаждению, осуществляют обеззараживающую функцию. Тип и количество простейших в активированном иле используется как индикатор качества ила и, следовательно, очистки воды. Простейшие в активированном иле представлены инфузориями родов *Paramecium* и *Vorticella* и амебами, часто присутствуют нематоды и иногда олигохеты. Гибели патогенов также способствует интенсивная аэрация, неспособность их к агрегированию

Бактериальный компонент ила очень разнообразен. Считается, что к настоящему времени идентифицировано не более 5 % видов микроорганизмов активированного ила. Интересно, что условия очистки воды в процессе активированного ила неблагоприятны для развития патогенных бактерий.

Активированный ил не всегда хорошо осаждается. Иногда микробный ил всплывает на поверхность воды и выносится с очищенной водой, ухудшая ее качество. Так называемая флотация ила обусловлена развитием избытка нитчатых бактерий, которые формируют сеть между микробными флокулами ила, образуя гигантские пенообразные хлопья. Предполагаемые причины такого явления - изменение состава сточных вод, высокие соотношения C: N и C : P, низкая концентрация растворенного кислорода, изменение pH.

Избыток активированного ила удаляется из вторичных отстойников, смешивается с первичным осадком и направляется на анаэробную обработку в метантенк (рисунок), где удаляется 20

— 30 % легко разлагаемых органических веществ. Затем осадок уплотняется механически с помощью центрифуг и фильтр-прессов. В России большая часть осадка транспортируется на иловые площадки, где уплотняется в иловых чеках. Последние представляют собой искусственные лагуны глубиной 3 — 4 м. Затем осадки вывозятся на полигоны захоронения ТБО. В последнее время осадки с допустимыми концентрациями тяжелых металлов все чаще используются как удобрения в озеленительных хозяйствах.

На сооружения третьей ступени очистки (рисунок) очищенная в аэротенках вода поступает на доочистку от азота и фосфора, попадание которых в водоем вызывает евтрофикацию. Для удаления этих элементов используются химические, физические и биологические методы.

Совершенствование аэробной очистки достигается путем интенсификации работы аэротенков, улучшения их конструкции. Для улучшения аэрации устанавливают эффективные мешалки, воздуходувки (барботеры), иногда вместо воздуха используют кислород. Пример - шахтные реакторы, имитирующие водопад. В них вода падает с большой высоты и насыщается кислородом, который подают в виде O₂ или воздуха в нижнюю или среднюю часть шахты. При этом производится циркуляция воды и снабжение системы активированным илом. Совершенствуются также биофильтры — системы с прикрепленной активной микробной биомассой. В реакторах с погруженным фильтром очищаемая вода поступает сверху, а навстречу ей снизу подается воздух или кислород. В качестве носителей используют природные и синтетические пористые материалы. Реакторы с подачей воздуха или кислорода снизу называют иначе *эрлифтными*. При периодической подаче воздуха в реакторе могут чередоваться аэробные и анаэробные условия. Это используется в системах очистки для удаления азота, фосфора, серы. На интенсивной подаче воздуха и воды снизу основана и работа реакторов с взвешенным или «кипящим» слоем активного ила. В таком реакторе микробная биомасса, иммобилизованная на

измельченной пемзе, пластике или песке, находится во взвешенном состоянии. Следует отметить высокие энергетические затраты при эксплуатации таких реакторов.

2.3.2. Анаэробная обработка концентрированных стоков

Первичная анаэробная обработка оказалась чрезвычайно подходящей и экономичной для современных концентрированных сточных вод различных отраслей промышленности. Более того, у стоков, ХПК которых превышает 2000 мг/л, анаэробная обработка является единственно приемлемым методом очистки, позволяющим удалить до 90 % загрязнений. Последующая аэробная очистка нужна для окисления остатка органических веществ, аммония и сульфида. Так как анаэробное микробное сообщество развивается очень медленно, необходимо максимальное удержание активной биомассы в реакторе. Этому способствует использование реакторов нового поколения с прикрепленной микробной биомассой — анаэробных биофильтров и взвешенного слоя активного ила. Реакторы с фиксированной жесткой загрузкой представляют собой анаэробную модификацию биофильтра. Очищаемая вода может подаваться как сверху, так и снизу. Недостатком анаэробного биофильтра считается относительно быстрое забивание пористого материала. Этот недостаток преодолевается в реакторе восходящего тока с взвешенным слоем ила (USAB –системы).

Эти реакторы имеют достаточно простую конструкцию и несложны в эксплуатации. Очищаемая вода подается в нижнюю часть реактора, и ее восходящий поток медленно проходит через толстый (2-4м) слой плотного метаногенного ила, представленного гранулами, спонтанно сформированными из микробных клеток. Вместе с пузырьками образуемого метана микробные гранулы поднимаются в верхнюю часть реактора, пузырьки отрываются и гранулы опускаются вниз. Вверху

установлены отборники для сбора газа и предотвращения выноса гранул.

Основу структуры метаногенных гранул составляют археи родов *Methanosarcina* и *Methanosaeta*. Их нити образует клубковые структуры, а в промежутках клубка обитают остальные виды, для которых тесное пространственное расположение выгодно для транспорта промежуточных продуктов. Дальнейшим развитием UASB-системы являются башенные реакторы с расширенным взвешенным слоем ила (EGSB), где толщина слоя ила благодаря рециркуляции воды и более высокой скорости ее подачи достигает 10 м.

Гибридные реакторы объединяют преимущества анаэробного биофильтра и взвешенного слоя ила. В них жесткая фиксированная загрузка расположена в верхней части реактора. Реакторы UASB-системы получили в последние 20 лет широчайшее распространение и используются для очистки самых разнообразных стоков — от концентрированных бытовых в странах с дефицитом воды до сточных вод химической промышленности.

Образующийся в реакторах биогаз используют для обогрева реакторов или подаваемой на очистку воды, так как процесс очистки проходит в большинстве случаев при 30 °С. В последнее время уделяется большое внимание анаэробной обработке при пониженных температурах (10-20 °С).

2.4. Обеззараживание воды

Обеззараживанием воды называется процесс полного уничтожения находящихся там микроорганизмов. При полной очистке поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда, при использовании подземных вод только по микробиологическим показателям.

Для обеззараживания используют в основном два метода - *обработку воды сильными окислителями и воздействие на воду*

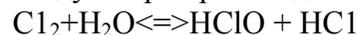
ультрафиолетовыми лучами. Применяются также ультрафильтры, обработка ультразвуком, кипячение.

Для очистки поверхностных вод преимущественно применяют *окислители* – хлор и хлорсодержащие реагенты, озон; для обеззараживания подземных вод можно использовать бактерицидные установки; для обеззараживания небольших порций воды - перманганат калия, перекись водорода.

Если окислитель используется только для обеззараживания, то он подается в воду перед резервуаром чистой воды (доочистка), где обеспечивается и необходимое время контакта; если цель обработки - окисление органических веществ, то реагент подается в воду перед очистными сооружениями (предочистка). Хорошие результаты дает двухступенчатая обработка, когда часть реагента-окислителя - подается до, часть - после очистных сооружений.

Обеззараживание хлором. Хлор - ядовитый газ зеленовато-желтого цвета с резким удушливым запахом, в 2,45 раза тяжелее воздуха. Растворимость хлора в воде увеличивается с понижением температуры и повышением давления.

При добавлении в воду хлора происходит его гидролиз:



Часть хлорноватистой кислоты HClO диссоциирует с образованием гипохлоритного иона OCl^- .

Основными обеззараживающими веществами являются Cl_2 , HClO , OCl^- , NH_2Cl и NHCl_2 . При этом Cl_2 , HClO , OCl^- образуют свободный хлор, хлорамин и дихлорамин - связанный хлор. Бактерицидность хлора больше при малых значениях рН, поэтому воду хлорируют до ввода подщелачивающих реагентов.

Необходимая доза хлора определяется на основе экспериментально построенной кривой хлоропоглощаемости воды. Оптимальной считается доза, которая при заданном времени контакта обеспечит в воде требуемую концентрацию остаточного хлора - для хозяйственно-питьевых вод 0,3... 0,5 мг/л свободного хлора при времени контакта 30 мин или 0,8 ... 1,2 мг/л связанного хлора при времени контакта 60 мин.

При отсутствии данных технологических изысканий дозу хлора принимают для обеззараживания поверхностных вод 2... 3 мг/л, для подземных 0,7 ... 1,0 мг/л.

На средних и крупных водоочистных станциях наиболее часто применяется жидкий хлор. Ввиду малой растворимости жидкого хлора поступающий реагент предварительно испаряется. Затем хлор-газ растворяют в малом количестве воды, получаемую хлорную воду перемешивают с обрабатываемой водой. Дозировка хлора происходит в фазе газообразного вещества, соответствующие газодозаторы называются хлораторами. На практике применяют как напорные, так и вакуумные хлораторы. СНиП 2.04.02-84 требует использования последних, так как при вакуумных хлораторах меньше опасность попадания хлор-газа в воздух помещений. Имеются хлораторы пропорционального и постоянного расхода, а также автоматические хлораторы, поддерживающие в воде заданную концентрацию остаточного хлора.

Хлорирование воды порошкообразными хлорсодержащими реагентами и диоксидом хлора. На малых станциях и водоочистных установках часто целесообразно отказаться от использования жидкого хлора и применять твердые, порошкообразные вещества - *хлорную известь* (CaCl_2O) и *гипохлорит кальция* ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Эти вещества менее опасны в обращении, процесс их подготовки и подачи проще - практически аналогичен применению коагулянта.

Перехлорирование и дехлорирование с аммонизацией.

Хлорирование воды с повышенными дозами перед очистными сооружениями называют перехлорированием. Метод применяется в условиях, когда микробиологические свойства воды быстро и в больших пределах меняются, а также при высокой цветности природной воды, большом содержании в воде органических веществ и планктона. Перехлорирование используют в системах технического водоснабжения как средство против образования биологической пленки. Целесообразность применения перехлорирования в системах

хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо решить на основе технологических исследований и анализов. При этом надо особо принимать во внимание возможность образования хлорорганических соединений (тригалогенметанов). Они образуются при хлорировании воды, содержащей много органических веществ. Тригалогенметаны (хлороформ и другие соединения) - канцерогенные вещества, содержание которых в питьевой воде во многих странах нормируется стандартом. В частности, Всемирная ассоциация здравоохранения рекомендует норму 30 мг/л. Для предотвращения образования хлорорганических веществ при подготовке хозяйственно-питьевых вод рекомендуется отказаться от введения хлора до очистных сооружений (первичное хлорирование), заменить Cl_2 на O_3 , использовать окислители в комбинации с сорбентами. Например, по схеме: O_3 - активный уголь - вторичное хлорирование.

Для обеспечения требуемого содержания в воде остаточного хлора после перехлорирования, а также в других случаях необходимо воду дехлорировать. С этой целью применяют физические и химические способы.

При физических способах избыток активного хлора выделяется из воды сорбентами или аэрированием. Используют угольные фильтры с толщиной слоя угля 2,5 м. Аэрирование дает положительные результаты только при $pH < 5$ и небольшом количестве удаляемого хлора. При химическом дехлорировании избыточный активный хлор связывается с сульфитом натрия или двуокисью серы.

Как известно, хлорамины по сравнению с молекулярным хлором органолептически менее ощутимы, их действие более долговременное, при наличии в воде фенолов они не образуют хлорфенольных запахов. С этой целью иногда целесообразно хлорировать с аммонизацией, т. е. подать в воду дополнительно к хлору аммиак. Технология аммонизации воды аналогична хлорированию жидким хлором.

Озонирование воды. Озон (O_3) - более сильный окислитель, чем диоксид хлора или свободный хлор. Синтетическим путем озон получают при коронном разряде, который образуется в узком слое воздуха между электродами высокого напряжения (5...29 кВ) при атмосферном давлении. Соответствующие аппараты называются генераторами озона или озонаторами.

Коронный разряд сопровождается выделением теплоты, выход озона при повышении температуры снижается (увеличивается его распад), поэтому озонаторы должны быть оборудованы системой водяного охлаждения, подаваемый воздух должен быть холодным чистым и сухим. Как правило, выход озона составляет 10...20% от содержания в воздухе кислорода.

Озонирование воды заключается в ее перемешивании с озоновоздушной смесью в контактных камерах ври времени контакта 5...20 мин. O_3 относится к малорастворимым газам, поэтому технология диспергирования озоновоздушной смеси в воду и конструкция контактной камеры имеют большое значение для эффективного использования и снижения потерь озона. Способы диспергирования озоновоздушной смеси можно классифицировать в три группы: подача газа в контактные колонны через пористые плиты (трубы) или перфорированные трубы; использование эжекторов; применение механических турбин и прочих диспергирующих устройств механического действия. Наиболее широко применяют способы первой группы, причем контактные колонны обычно противоточного типа - обрабатываемая вода подается сверху вниз, озон снизу вверх.

Озон является универсальным реагентом, поскольку может быть использован для обеззараживания, обесцвечивания, дезодорации воды, для удаления железа и марганца. Озон разрушает соединения, не подчиняющиеся воздействию хлора (фенолы). Озон не придает воде запаха и привкуса. При этом он обладает сильными коррозионными свойствами, токсичен. Допустимое содержание O_3 в воздухе помещений 0,0001 мг/л. Озон может разрушать некоторые органические вещества, не

окисляя их до конца. В результате в трубопроводе озонированной воды может повышаться интенсивность бактериальной жизнедеятельности. Главный недостаток озона - кратковременность действия, отсутствие остаточного озона. В настоящее время озон все чаще используется не только для обеззараживания, но и для очистки воды.

В таком случае озон подается в воду до основных очистных сооружений, Эффективность озонирования зависит от количества и свойства загрязняющих воду веществ, от дозы ОЗ, температуры и рН воды, от применяемого метода диспергирования озонозооной смеси в воду.

Доза озона и оптимальная схема озонирования определяются на основе предварительных технологических исследований. При отсутствии соответствующих данных СНиП рекомендует для озонирования подземных вод принимать дозу ОЗ 0.75... 1.0 мг/л, для озонирования профильтрованных вод - 1... 2 мг/л.

Озонирование используется и для доочистки сточных вод. При этом расчетная доза Оз принимается 2 ... 4 мг на 1 мг загрязнителя (нефтепродуктов, фенолов, ПАВ). В мировой практике наибольшую известность и распространение получили французские озонаторы фирмы «Трейлигаз».

Обеззараживание воды в бактерицидных установках.

Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220-280 нм действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 260 нм. Данное обстоятельство используется в бактерицидных установках, предназначенных для обеззараживания в основном подземных вод. Источником ультрафиолетовых лучей является ртутно-аргонная или ртутно-кварцевая лампа, устанавливаемая в кварцевом чехле в центре металлического корпуса. Чехол защищает лампу от контакта с водой, но свободно пропускает ультрафиолетовые лучи.

Обеззараживание происходит во время протекания воды в пространстве между корпусом и чехлом при непосредственном

воздействии ультрафиолетовых лучей на микробов. Поэтому наличие в воде взвешенных веществ, поглощающих световое излучение, а снижает эффективность обеззараживания. Необходима также постоянная чистка наружной поверхности кварцевого чехла от осаждающегося осадка. Для этого имеются продольные щетки, которые приводятся во вращение турбиной.

Ультрафиолетовое излучение действует мгновенно, поэтому контактные бассейны не нужны. В то же время излучение не придает воде остаточных бактерицидных свойств, а также запаха или привкусов. Бактерицидная установка не нуждается в реагентах, она компактна, управление ее работой можно легко автоматизировать.

Для увеличения пропускной способности допускается параллельное включение до пяти установок при одной установке в резерве.

Для запуска установки камеру заполняют водой и включают лампу. Через 10-15 мин открывают задвижки на трубопроводах обработанной и поступающей воды. Работа лампы проверяется визуально через смотровой глаз, для большей надежности эксплуатации целесообразно использовать систему световой или звуковой сигнализации, выведенной в помещение дежурной службы.

Применение окислителей и сорбентов для дезодорации воды и удаления токсичных веществ

По мере общего ухудшения качества природных вод все больше приходится заниматься удалением веществ, придающих воде привкусы и запахи, а также токсичных веществ. Выбор метода дезодорации воды зависит от происхождения запахов и привкусов. В настоящее время находят применение в основном методы окисления и сорбции, причем хорошие результаты дает их комбинирование (окислительно-сорбционный метод).

Из окислителей широко используют хлор и хлорсодержащие реагенты, озон, перманганат калия. Как правило, окислители разрушают органическое вещество в органолептически менее ощутимые, а также менее токсичные

соединения. Но имеются и такие вещества, например некоторые фосфорорганические пестициды, при которых неполное окисление может привести к усилению запахов и привкусов и образованию токсичных веществ.

Применение сорбентов для удаления из воды растворенных органических веществ и токсичных соединений является более предпочтительным методом. Их большое преимущество в том, что они не разрушают вещества, поэтому отпадает опасность появления нежелательных продуктов деструкции. Особенно эффективно связывать с сорбентами гидрофобные соединения, например, фенолы и другие слабые органические электролиты. Лучше сорбируются при этом вещества в молекулярном виде, хуже - ионы.

В водоподготовке в качестве сорбента применяются активные угли, получаемые путем активации углеродсодержащих материалов (каменные угли, антрацит, торф, промышленные отходы). Активация заключается в термохимической обработке дробленого и отсортированного материала, в результате чего улетучивающиеся компоненты удаляются, материал уплотняется и приобретает микропористую структуру. Существуют два способа сорбционной обработки - добавка активного угля в виде реагента (углевание воды) и фильтрование воды через слой гранулированного, зернистого сорбента в сорбционных фильтрах.

Для углевания воды необходимо иметь бак с механическим или гидравлическим перемешиванием, в котором происходит замачивание угля в течение 1 ч. Изготовленную угольную пульпу концентрацией 8% подают в воду перед очистными сооружениями за 10 мин до ввода коагулянта. Доза угля перед фильтрами не должна превышать 5 мг/л. Подготовка угля - сложная, трудоемкая и загрязняющая окружающую среду операция. Во избежание загрязнения очищенной воды остаточными концентрациями угля требуется большая точность дозирования.

Поэтому более целесообразно использовать сорбционные фильтры в конце технологической схемы после осветлительных

фильтров. В качестве загрузки используют прежде всего активные угли АГ-3 и АГ-М. Сорбционные фильтры, как правило, напорные, толщину загрузки принимают исходя из скорости фильтрования (10... 15 м/ч) и времени пребывания воды в угольной загрузке (10... 15 мин).

Основной технической проблемой, связанной с применением сорбционных фильтров, является вопрос восстановления сорбционной емкости фильтров. Для этого применяют химические, термические или биологические методы, требующие выгрузки материала из фильтра.

Химический метод заключается в продувке слоя угля паром с последующей обработкой щелочью; при термической регенерации адсорбированные органические вещества выжигаются в специальных печах при температуре 800...900°C; восстановление сорбционной емкости угля может также происходить с использованием микробов. До настоящего времени не существует надежного и дешевого метода регенерации углей, что увеличивает расход свежего материала и повышает себестоимость процесса.

2.5. Сооружения обеззараживания и обезвреживания осадков

Химическое обеззараживание осадков сточных вод проводится известью, аммиаком, тиазоном, формальдегидом или мочевиной. Одновременно повышается удобрительная ценность осадков.

Требуемая для обеззараживания известью температура 60°C достигается при дозах извести более 30%. Для обеззараживания используется молотая известь, которая смешивается с осадком в двухвальном лопастном смесителе.

Дегельминтизация радиационным термическим нагреванием обезвоженных осадков является наиболее простым способом их обезвреживания.

Теоретическое количество теплоты, максимально потребное на дегельминтизацию 1 кубометра осадка, обезвоженного до

80%-ной влажности, при нагреве осадка с 10 до 60°C составляет 560 МДж. Камеры КДГМ рекомендуются для обеззараживания осадков перед использованием их в качестве удобрения на станциях аэрации производительностью до 20...30 тыс.м³/сут сточных вод.

Биотермическая обработка (компостирование) осадков осуществляется под действием аэробных микроорганизмов с целью обеззараживания, стабилизации и подготовки их к утилизации в качестве удобрения.

Для создания пористой структуры осадка требуемой влажности и оптимального соотношения углерода и азота (20...30:1) осадки компостируют совместно с торфом, размолотой древесной корой, листьями, соломой, твердыми бытовыми отходами и т. п.

Наиболее дешевым и простым способом получения компоста как удобрения является способ приготовления его на смеси осадков сточных вод после механического обезвоживания или иловых площадок с верховым торфом в штабелях на площадках с асфальтированным покрытием. Форма штабеля трапециевидная с шириной поверху 2...30 м и высотой 1 ...3 м (при естественной аэрации) и до 5 м (при принудительной аэрации). В зимнее время компост лучше разогревается при соотношении торфа к осадку как 2:1, а летом и весной - как 1,5:1. Качество компоста улучшается, если к 1 т смеси добавить 15...20 кг извести и 3 кг калия.

Компост готовится послойно. Вначале кладут торф слоем 50 см. Выше засыпают слой осадка толщиной, соответствующей принятому соотношению с торфом, сверху - слой торфа. Компостируемая масса покрывается безопасным в санитарном отношении материалом, например готовым компостом толщиной слоя не менее 20 см. По контуру площадки устанавливают лотки для сбора поверхностного стока.

При естественной аэрации компост созревает зимой за 3...4 месяца, в весенне-летнее время за 1,5...2 месяца.

При применении аэрируемых штабелей в основании штабеля укладывают перфорированные трубы диаметром 100...200 мм с размером отверстий 8... 10 мм. Расход воздуха принимается 10... 25 м³/ч на 1 т органического вещества смеси. Воздух подается воздуходувной установкой или отсасывается вентилятором. Период созревания компоста с аэрацией воздухом составляет 3...4 недели.

На типовых сооружениях компостирования осадка с подачей воздуха от воздуходувных станций количество обезвоженного осадка по сухому веществу составляет 5 т или 7 т в сутки. Смешение и перемещение компоста осуществляются мостовым грейферным краном (5 т) и бульдозерами ДЗ-37 (Д579).

Термическая сушка осадков предназначена для обеззараживания и снижения массы и объема осадков, предварительно обезвоженных механическими методами. Это обеспечивает эффективное удаление осадков с территории очистной станции и их дальнейшую утилизацию в народном хозяйстве.

Термическая сушка производится в барабанных и пневматических сушилках, в установках со встречными струями, в агрегатах витаминной муки, в сушилках с фонтанирующим слоем и т. п.

Промышленностью выпускаются установки СВС-1,4-2,2; СВС-3,5-5; СВС-9-10 производительностью по испаряемой влаге соответственно 1,4... 2,2; 3,5...5 и 9... 10 т/ч. Корпус термической обработки с двумя агрегатами СВС-3,5-5 имеет размеры в плане 30х12 м и высоту 14,4 м.

Термически высушенный осадок представляет собой обеззараженный сыпучий полидисперсный продукт с преобладающим размером частиц 1... 7 мм. Дымовые газы в топке для сушки осадков в агрегате витаминной муки имеют температуру 400...600°C, на выходе 100...180°C. При частоте вращения барабана 8...15 мин⁻¹ производительность сушки составляет 600... 1200 кг/ч по испаряемой влаге, влажность

высушенного осадка 10...20%. Расход электроэнергии составляет 0.02...0.04 кВт#ч, а дизельного топлива 0.11...0.13 кг на 1 кг испаряемой влаги.

Сжигание осадков применяется, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна. Перед сжиганием необходимо стремиться к максимальному снижению влажности осадков путем их механического обезвоживания.

2.6. Способы борьбы с нефтезагрязнением водных объектов

В настоящее время применяют следующие методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов:

- механические,
- физико-химические,
- химические,
- биологические.

Механические методы удаления нефти

К ним относятся различные методы сбора нефти с водной поверхности, начиная от ручного вычерпывания нефти до машинных комплексов нефтемусоросборщиков.

Первоначально должно быть осуществлено концентрирование и ограждение находящейся на водной поверхности нефти при помощи плавающих бонов.

Конструкция бонового заграждения состоит из плавучей, экранирующей и балластной частей. Плавучая часть может быть выделена в виде отдельных поплавков (1) прямоугольного или круглого сечения.

Экранирующая часть представляет собой гибкую или жесткую пластину (2), присоединенную к плавучей части бона и нагруженную для придания устойчивости балластной цепью, трубой или растяжками (3).

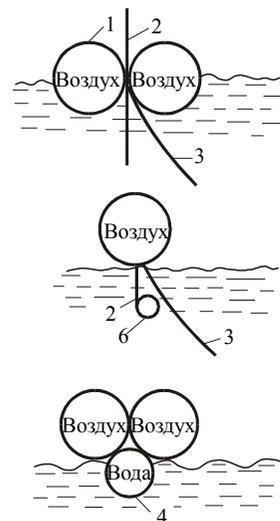


Рис.2.6.1. Конструкции бонового заграждения

Предлагается устраивать заграждение подводного типа в виде **пневматического барьера**, принцип работы которого заключается в создании препятствий на поверхности воды при непрерывной подаче воздуха через перфорированную трубу, уложенную на дно водоема под определенным углом к направлению течения.

В Канаде общество по борьбе с пролитой нефтью и служба охраны окружающей среды предложила испытать дивертор воздушных пузырьков, когда насосы и скорость течения делают невозможным испытание плавучих бонов. Дивертор представляет собой стальную оцинкованную трубу диаметром 6 см, перфорированную, состоит из звеньев. Собирается на берегу и укладывается с помощью лебедки на дно реки под углом 15-30° к течению. Через перфорацию компрессором подается сжатый воздух. За счет расположения дивертора под углом нефть клином направляется к берегу, где она может быть собрана ковшом. Максимальная длина 134м, якорь не требуется.

Во ВНИИСПТнефти (ИПТЭР) разработан и испытан образец устройства для сбора нефти с поверхности воды при аварийных разливах на подводных переходах магистральных нефтепроводов через судоходные реки. Принцип работы – эффект вихревой воронки. Испытания на р.Белой показали, что производительность нефтесборщика по нефти зависит от

толщины пленки плавающей нефти и при толщине 3,5 мм составляет 30 м³/ч. Чем больше толщина пленки, тем больше производительность.

Один из запатентованных методов США предлагает использовать транспортер, установленный на плавучей платформе, нижняя часть движущейся ленты которого погружена в воду. При движении ленты через поверхность раздела вода – воздух нефть прилипает к ней и переносится вверх, где снимается с ленты специальным очистителем и переносится в накопитель. Для увеличения захвата нефти лента покрыта специальным волокнистым материалом.

В бывшем СССР предложено устройство следующей конструкции: в конце длинной фермы с емкостями на концах для плавучести, установлен сепаратор. С помощью направляющих экранов нефть подается к сепаратору, откуда загрязненная вода и нефть поступают в специальные емкости.

Большое число методов и устройств предлагается для удаления нефти с больших акваторий (реки, моря). Зарубежные специалисты запатентовали устройство для обработки верхнего слоя жидкости, представляющее собой плоскодонное судно, длиной 70 м, шириной 20 м, высотой 6 м с осадкой 4 м. В носовой части корпуса (на высоте воды) расположены отверстия для забора загрязненной нефтью воды, которая поступает в центральный отсек (внутри судна), где разделяется на нефть и воду. Производительность такого типа устройств высокая: 150 т/ч, существует и более высокая производительность – до 6000 м³/ч.

Физико-химические методы удаления нефти

К ним следует отнести, в первую очередь, применение адсорбирующих материалов: пенополиуретан, угольная пыль, резиновая крошка, древесные опилки, пемза, торф, торфяной мох и т.п.

Губчатый материал из полиуретановой пены хорошо впитывает нефть и продолжает плавать после адсорбции. По

расчетным данным 1 м³ полиуретанового пенопласта может адсорбировать с поверхности воды приблизительно 700 кг нефти.

Адсорбенты органического и неорганического происхождения перед применением могут гранулироваться (порошкообразные) и пропитываться гидрофобизаторами.

Технология применения заключается в распылении их на нефтяную пленку.

Перспективно применение гранулированных адсорбентов и жидкостей, обладающих магнитными свойствами, которые после адсорбции нефти легко удаляются магнитом.

Американская фирма разработала технологию применения для сбора нефти магнитной жидкостью, придающей нефти магнитные свойства и позволяющая убирать ее даже в виде тонких пленок. Но есть проблемы, так как подобные реагенты в основном токсичны. Кроме того, возникают трудности с равномерным рассеиванием гранул на загрязненной водной поверхности, особенно в ветреную погоду.

Для удаления нефти возможно применение минерального сырья – в частности перлитового. При термообработке при 600-1000°С перлитовое сырье вспучивается. Для гидрофобизации на нем создается тонкая пленка парафинполимерной смеси. Нефтепоглощение: у необработанного перлита 0,52; после обработки – 0,64-0,7 г/г перлита. Попадая на поверхность воды, материал адсорбирует нефть и образует густую плотную массу, удобную для сбора обычными средствами (в том числе частыми траловыми сетями).

Патент Канады предусматривает сбор разлитой по поверхности воды нефти с помощью диатомовой земли при соотношении объемов земли и нефти от 3:1 до 1:1. Образующийся глинообразный материал опускается на дно водоема. Смесь диатомной земли с сеном, соломой, торфом в сочетании с адсорбированной нефтью плавает на поверхности не меньше недели.

Химические методы удаления разливов нефти

Удаление нефти с помощью химических соединений – детергентов – нашло применение при разливах нефти на море.

К детергентам относятся растворители и ПАВ, способствующие образованию эмульсий. Наибольшее число этих соединений относится к алкилбензолсульфонатам Na, которые отличаются по длине углеводородной цепи, связанной с бензольным кольцом. Следует отметить, что токсичность детергентов для морских организмов часто выше, чем самой нефти и поражающее действие нефтяного загрязнения на гидробионты может быть только усилено.

Эстонские авторы предлагают испытать модифицированный термообработкой торф. Им наполняют пористые капроновые боны, что значительно упрощает технологию сбора и удаления нефтепродукта с поверхности воды. В ФРГ для связывания нефти в нефтевоздушные суспензии применяли высокодисперсную аморфную гидрофобную кремнекислоту – силикагель – сорбент для нефти.

Микробиологическое разложение нефти

Это перспективное направление предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами. Для некоторых бактерий нефть является питательной средой. Микробиологическая активность в большей степени зависит от температуры: скорость микробиологических процессов удваивается при увеличении температуры на 10°C. На развитие микроорганизмов большое влияние оказывает содержание высоколетучих алифатических компонентов нефти. Введение в воду незначительных количеств нитратов и фосфатов увеличивает степень разрушения нефти на 70%.

Число органических соединений, используемых микроорганизмами в качестве источников углерода очень велико. Можно считать, что для каждого углеводородного соединения, существующие микроорганизмы способны его разложить.

Оценка степени загрязненности почв и методы их очистки разработаны гораздо слабее, чем для воды.

Механическая очистка почв и вод считается трудоемкой, связана со значительными экономическими затратами. По имеющимся, хотя и немногочисленным данным, перспективными могут оказаться микробиологические методы.

Испытания по биологической очистке старых нефтяных амбаров в округе Санта-Барбара (США): объем амбара 1110 м³. В течение 6 месяцев бактерии переработали 525 м³ нефти, а вся – оказалась разрушенной. На переработку 1 м³ материала в амбаре израсходовано 1,25 долларов.

Кавказским отделом гидрогеологии и водных ресурсов предложено создавать биологические пруды, обладающие повышенной самоочищающей способностью по отношению к нефтепродукту. Биопруд состоит из двух каскадов плотин, построенных в местах сточных вод. Верхний каскад пруда задерживает механические примеси и крупные частицы, а в нижнем каскаде происходит очистка от нефти и солей. Уровень воды в пруду на втором каскаде поддерживается на заданном уровне. Вода задерживается на десятки часов для микробиологического очищения. Иловые отложения (микроорганизмы) и мелководье создают благоприятные условия для роста камыша, осоки, то есть тех растений, которые потребляют неорганические ионы и способствуют развитию нефтеокисляющих бактерий.

Таким образом, существуют много методов и средств для ликвидации нефтезагрязнения объектов природной среды. Но их выбор в каждом конкретном случае индивидуален в зависимости от природных и климатических условий.

Остановимся на вопросе сбора плавающей нефти с поверхности шламового амбара и нейтрализации ее вредного воздействия на компоненты природной среды.

Согласно выборочным обследованиям – количество плавающей нефти составляет от 50-60 кг до 10-12 т.

Нефть поступает в шламовые амбары 1) с буровыми растворами, в которые специально вводится как

противоприхватная добавка; 2) с БСВ – от обмыва штоков буровых насосов, мытья полов в дизельном блоке и т.д.

В ряде случаев такая нефть содержит преимущественно легкие фракции углеводородов (Западная Сибирь), а в некоторых местах (Узбекнефть, Белоруснефть, Краснодарнефтегаз) она может быть представлена тяжелыми смолистыми фракциями. В Западной Сибири, Татарии, Башкирии и др. практикуют откачку такой плавающей нефти в действующий нефтепромысловый коллектор. Однако откачка нефти с высоким содержанием смолистых и гудроновых фракций не эффективна и большая часть ее остается в амбарах.

Рассмотренные методы удаления нефти с водных поверхностей показали, что наиболее эффективными средствами являются **физико-химическая сорбция** и **микробиологическое разложение**. Эти методы наиболее перспективны для борьбы с нефтяными загрязнениями окружающей среды при строительстве скважин.

Перспективным является совмещение в одном материале способности физико-химической сорбции нефти и ее биодеструкции под действием микробиологического фактора компонентов природной среды.

Наиболее доступным и практичным целесообразно считать такой способ удаления нефтезагрязнения, при котором обеспечивается сбор плавающей нефти с помощью нефтесорбента и последующее захоронение такой массы непосредственно в шламовом амбаре или на специальных земельных участках с последующим ее биоразложением почвенными микроорганизмами. Для этого следует создать условия, которые обеспечат активизацию в почвенной среде природных нефтеокисляющих микроорганизмов. В первую очередь это (активизация) достигается путем создания в почве оптимального содержания биогенных элементов: N и P. Этим и обусловлен поиск биостимуляторов, входящих в состав нефтесорбентов.

Главным требованием к материалам, сорбирующим углеводороды нефти, является наличие высокоразвитой пористой структуры с гидрофобной поверхностью. Таким требованиям в полной мере отвечают новые нефтесорбенты, полученные на основе продуктов пиролиза отходов древесины, в частности технической щепы, шпона, опилок мягких пород древесины.

При пиролизе отходов такой древесины образуется порошок с размерами частиц 0,3-0,7 мм. Сорбционная емкость 8-8,8 г/г сорбента. Удельная поверхность 2840-3660 м²/г. Плотность 0,82-0,87 г/см³.

Материал экологически чистый, не оказывает отрицательного влияния на биологические объекты.

Часть 3. Основы коррекции экологических ситуаций в эдафо – и литосфере

3.1. Нарушение ландшафтов промышленностью и их рекультивация

3.1.1. Воздействие техногенной деятельности человека на литосферу

Промышленная эрозия в наибольшей степени проявляется в местах залежей полезных ископаемых, освоенных горнодобывающей промышленностью. Добыча полезных ископаемых, особенно открытым способом, приводит к следующим процессам: *нарушаются рельеф местности, растительный и почвенный покровы, гидрологический и геохимический режим территории. Как следствие, изменяется состав атмосферного воздуха.*

Изучение характера изменения гидрологического режима показало, что *площадь, нарушенная горными разработками, ухудшает гидрологический режим на равной площади соседних территорий, что сопровождается ухудшением состояния лесов окружающих территорий, понижением урожая сельскохозяйственной продукции.*

Значительные площади в районах добычи полезных ископаемых заняты терриконами - происходит процесс отторжения территорий.

Значительный ущерб ландшафтам наносят подземные горные разработки. Хотя непосредственно почвенный покров сильно не нарушается, но из-за *проседания покрывающих пород* на поверхности земли образуются трещины, воронки, углубления рельефа, не имеющие стока дождевых вод и превращающиеся в болота, сокращая площадь сельскохозяйственных угодий.

При подземной добыче угля ухудшается состояние лесов. На местах просадок поверхности земли образуются разрывы корневых систем деревьев, они засыхают и гибнут. Отвалы горных пород не только обезображивают ландшафт, но и повышалась запыленность воздуха. Эрозия размывала породы и распространялась на близлежащие почвы.

Предприятия, перерабатывающие минеральное сырье размещают большое количество твердых отходов производства, состоящих, обычно из золы каменного угля или примесей минерального сырья. *Отходы предприятий минерального сырья делят на два типа: шлаки — отходы при плавлении металлических руд и шламы — побочные продукты при обогащении неметаллических полезных ископаемых.* При их размещении также отторгаются территории, резко снижается эстетическая ценность ландшафтов, происходит загрязнение атмосферы и почвы.

В общем изменение рельефа в результате техногенной деятельности можно распределить по нескольким видам.

Типы природно-техногенных ландшафтов

Крупнокарьерно-отвалы. Это сочетание природных элементов ландшафта с глубокими (до 100—300 м, в будущем — до 500 м) многоуступными карьерами площадью в несколько десятков гектаров и высотными многоярусными отвалами (рис.3).

Целесообразно выделять два подвида этого ландшафта:

- 1) крупнокарьерные только с внешними отвалами;
- 2) крупнокарьерные с внешними и внутренними отвалами.

Они значительно различаются по системе разработки и влиянию на окружающую среду, а также по техногенному рельефу и методам рекультивации.

Примером первого подвида техногенных комплексов могут служить железорудные карьеры КМА, Коркинский угольный карьер в Челябинской области и др. Это огромные котлованы, где вскрышные работы ведутся с применением железнодорожного транспорта. Карьеры имеют только внешние отвалы, причем формирование многих из них не закончено. Отвалы достигают нескольких десятков метров в высоту и имеют по два-три и более террасовидных уступа. После окончания отсыпки верхняя поверхность отвалов имеет слабоволнистый рельеф. Скорость естественного зарастания и пригодность к последующей

рекультивации обуславливаются характером пород, вынесенных на поверхность.

Основная часть территории, подвергшейся промышленному воздействию, будет рекультивироваться после отработки карьера и окончания отсыпки отвалов. Однако прогнозирование размеров ущерба, наносимого природным ландшафтам, а также определение мероприятий по уменьшению степени их нарушения и последующей рекультивации должны проводиться на стадии проектирования, а их выполнение — во время эксплуатации карьера.

Средне- и мелкокарьерно-отвальные. Это сочетание природных типов местности с техногенными ландшафтными участками и отдельными урочищами, представленными небольшими и средними карьерами (от 1 до 10—15 га) и одно-, двухъярусными внешними и внутренними отвалами (высотой от 2—3 до 15—30 м). Внешние (бортовые) отвалы отсыпаются обычно рядом с карьерами в виде системы гребневидных или одиночных холмообразных вытянутых насыпей, занимающих площади до нескольких десятков гектаров; встречаются во многих промышленных районах страны, где ведется открытая добыча рудных и нерудных полезных ископаемых, горизонтально залегающих на небольшой глубине (от нескольких метров до 40—50 м). В большинстве случаев месторождения разрабатываются по бестранспортной системе или с применением автотранспорта для перемещения вскрышных пород в отвалы.

В качестве примера можно привести карьеры по добыче бурого угля, железной руды, огнеупорных глин, фосфоритов и строительных материалов в Подмосковном бассейне и на Украине, горючих сланцев, фосфоритов и известняка в Эстонии, марганца в Чиатурском бассейне в Грузии и т. д. Сюда относится большинство карьеров по добыче известняка, песка, гравия, глин и суглинков, разбросанных по всей территории страны.

В связи с особенностями техногенного рельефа (большая расчлененность с резким перепадом высот) и вынесением на поверхность фитотоксичных пород (особенно при открытой

добыче бурого угля) именно такие территории получили название «лунных ландшафтов». Рекультивация их часто затруднена и требует большого объема земляных работ.

Торфяно-карьерные. Представляют собой сочетание элементов природного ландшафта с выработанными торфяными полями и траншейными выемками, образующимися в результате торфяных разработок. Выемки часто бывают заполнены водой и могут быть использованы под водоемы.

Возможны разные направления рекультивации такой территории, в том числе для сельскохозяйственного, рыбохозяйственного, лесохозяйственного использования. Широко распространены в местах добычи торфа в Белоруссии, на Украине, на севере европейской части РСФСР и в Сибири.

Дражно-отвальные речных долин. Природные ландшафты речных долин могут быть значительно изменены в результате появления большого количества дражных отвалов разных параметров, структуры и степени зарастания, в результате развития эрозионных процессов, загрязнения воды, изменения водного и теплового режима речных пойм и т. д. Этот тип техногенного ландшафта распространен преимущественно в речных

долинах Урала и Сибири в местах добычи цветных металлов дражным способом.

Просадочно-карьерно-отвальные. Распространены в районах подземной добычи полезных ископаемых (Подмосковный буроугольный бассейн, Кузбасс, Урал, Украина, Приморье, Восточная Сибирь и т. д.). Поскольку обычно в тех же районах сосредоточены и открытые разработки месторождений полезных ископаемых, просадочно-карьерно-отвальные ландшафты характеризуются сочетанием провально-просадочных форм рельефа (ложбины, западины, ямы, воронки, котловины), шахтных отвалов (конических, гребневидных и др.), карьеров и различных отвалов, а также отвалов перерабатывающей промышленности.

Индустриально-«мусорно»-отвальные. Это несколько условное название вида техногенного ландшафта предполагает наличие в качестве фоновых урочищ отвалов из отходов перерабатывающей промышленности — золы, шламов, бытовых отходов. Значительная часть этих отвалов имеет в своем составе токсичные

элементы и является серьезным источником загрязнения атмосферы, грунтовых вод и почвы окружающей территории.

Частично поврежденные промышленными выбросами. Природные ландшафты, подвергающиеся воздействию промышленно-газовых выбросов в атмосферу, сброса жидких и твердых отходов промышленных предприятий в реки и на участки, примыкающие к промплощадкам (загрязнение нефтью), и т. д. Как правило, рельеф таких ландшафтов не нарушается, но претерпевают существенные изменения их растительный и почвенный покров, состав животного мира, продуктивность лесных и сельскохозяйственных угодий. Сюда могут быть отнесены ландшафты, имеющие и другой характер частичных повреждений.

3.1.2. Классификация отвалов и вскрышных пород

Нарушенные территории разделяют на две группы:

1) земли с насыпным грунтом — отвалы, терриконы;

2) территории, поврежденные выемкой грунта — карьеры открытых горных разработок, провалы на месте подземных работ. Каждая из этих групп территории подразделена на ряд категорий в зависимости от глубины и метода разработки, горно-геологических условий, мощности пласта кровельных работ, вида полезных ископаемых и других показателей.

I группа — потенциально-плодородные грунты, вполне пригодные для произрастания растений.

II группа — грунты, мало пригодные для произрастания растений, так называемые индифферентные грунты, которые можно использовать под лесонасаждения.

III группа — фитотоксичные грунты, не пригодные для освоения без проведения химической мелиорации.

Каждая из этих групп делится, в свою очередь, на подгруппы по физико-химическим свойствам и по пригодности к различным видам освоения.

Наиболее разработаны классификации пород бурого угольных разработок — не только потому, что эти территории прежде других стали рекультивировать, но и потому, что они имеют ряд специфических черт. К ним, прежде всего, следует отнести наличие сульфидоудержающих пород, которые сопровождают пласты угля. Пирит, серный колчедан, окисляясь под действием атмосферных осадков и воздуха, дает сернокислые соли и свободную серную кислоту. При этом величина рН может понижаться до 2. Поэтому кислотность пород должна непременно контролироваться. Разработаны многочисленные шкалы кислотности пород, очень сходные с классификацией уровней кислотности почв при составлении картограмм

Шкала Кнабе разработана в бывшем ГДР, с учетом литологического и механического состава пород и возможности их использования.

Таблица 3.1. Классификация пород отвалов по Кнабе

Классы грунта	Годность под посевы	Образцы пород
1. Очень хорошие	Весьма пригодны для с/х	Почвенный слой, лесс, суглинки, известковые глины
2. Хорошие	Пригодны для с/х	То же
3. Удовлетворительные	Пригодны для лесоводства	Нетоксичные пески, суглинки

Продолжение таблицы 3.1.

4. Плохие	Пригодны для озеленения, но без рентабельного урожая	Кварц, гравий, песок
5. Очень плохие	Токсичные, не пригодные для произрастания растений	Пласты, содержащие пирит и др. токсичные породы

Поскольку состав пород отвалов, как правило, неоднородный, то кислотность их обычно пестрая, в непосредственной близости могут находиться грунты, сильно отличающиеся по кислотности.

Поэтому правильнее не только учитывать кислотность тех или иных грунтов, но и оценивать их сочетания.

В случае большой пестроты кислотности выделяется тип смешанных пород (табл.3.2).

Таблица 3.2. Шкала кислотности сочетаний пород отвалов

Показатель рН	Площадь отвалов, %	Степень кислотности (токсичности)
<4	>75	породы токсичны
<4	50—75	умеренно токсичны
4—6,9	<50	породы кислые
7 и выше	<50	породы известковые

3.1.3. Общие закономерности рекультивации.

Рекультивация нарушенных горными разработками земель проводится, как правило, в три этапа.

Первый этап — подготовительный. На этом этапе проводят обследование нарушенных территорий, определяют направление рекультивации, составляют технико-экономическое обоснование и проект рекультивации.

Второй этап — горно-техническая рекультивация.

В зависимости от региональных условий второй этап может включать промежуточную стадию — химическую мелиорацию.

Горно-техническую рекультивацию обеспечивают предприятия, которые ведут разработку полезных ископаемых. Необходимость рекультивации земель, нарушенных разработками, оказывает большое влияние на технологию и экономические показатели разработки месторождения, на выбор системы разработки, способа отвалообразования, средств механизации вскрышных и отвальных работ и способа транспортировки пород на отвалы.

Выбор технологии горно-технической рекультивации зависит:

- 1) от вида последующего использования рекультивируемых площадей;
- 2) от мощности, объема и расстояния транспортировки плодородного слоя почвы и вскрышных пород с хорошими почвообразующими свойствами, раздельно вынимаемых и укладываемых на поверхность восстанавливаемых отвалов;
- 3) от принятой системы разработки и способа формирования отвала, объемов работ по разравниванию, гребней и планировки поверхностей, подлежащих выполаживанию до укладки на поверхность отвальных пород с хорошими почвообразующими структурами;
- 4) от типа и характеристики основного оборудования, порядка и скорости перемещения фронта работ карьера;
- 5) от равномерной загрузки оборудования в течение всего срока эксплуатации карьера;

6) от свойств плодородного слоя почвы и вскрышных пород, укладываемых на поверхность отвалов;

7) от рельефа, климата, гидрологии территории, господствующих геохимических процессов в данном районе до и после разработок.

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

Этап горно-технической рекультивации имеет несколько стадий и включает в себя целую серию необходимых работ по формированию рельефа местности.

Первая стадия — селективная выемка и складирование гумусированного слоя почвы и нетоксичных пород для последующего их использования при рекультивации.

Вторая стадия — формирование и планирование поверхности отвалов. Под отвалы в первую очередь необходимо использовать выработанное пространство карьеров, овраги и балки. Вскрышная порода в провалы насыпается на 2—3 м выше уровня поверхности, с тем, чтобы после усадки создавались удобные для использования уголья.

Следует оговориться, что при использовании под отвалы оврагов и балок необходимо учитывать химический и минералогический состав пород. Не рекомендуют заполнять их токсичными породами, так как последние через общую гидрологическую сеть могут попасть в водоемы и ухудшить качество воды, вызывать угнетение или отравление фауны и флоры водоемов. Отвалы следует располагать в таких местах, которые в будущем не будут использованы для горных работ, на площадках, непригодных для хозяйственного использования

или с низким плодородием. Места для формирования отвалов должны выбираться с учетом перспективы природного и хозяйственного развития всего бассейна, области как единого целого. Отвальными работами следует создавать такой рельеф местности, который будет безупречным в санитарном отношении, экономически эффективным и эстетически приемлемым. На юге Рейнского бурогоугольного бассейна, где добыча угля ведется с XIX в, внешние отвалы отсыпались с таким расчетом, чтобы они могли разнообразить и украсить ландшафт. Был создан ряд искусственных холмов, склоны которых в настоящее время покрыты густым лесом, а верхняя площадь, к которой ведут благоустроенные дороги, используется для возделывания сельскохозяйственных культур. При восстановлении отвалов для лесохозяйственного возобновления, если породы отвалов содержат менее 20% токсичных пород, достаточно провести формирование отвалов и их разравнивание, обеспечивающее механическую посадку и дальнейшую обработку лесонасаждений. При формировании отвалов под сельскохозяйственные культуры необходимо проводить планировку бульдозерами, вылаживать углы отвалов, обеспечивающих их постоянную устойчивость. Нельзя допускать пространственного расчленения отвалов, которое приводит к невозможности их хозяйственного использования или к значительным затратам при их рекультивации. Предпочтительны крупноплощадные отвалы правильной формы. *Наибольшей емкостью обладают отвалы, основание которых — окружность; но обычно формируют отвалы, основание которых — квадрат.*

Третья стадия — формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя для последующего этапа биологической мелиорации. Если вскрышные породы нетоксичны или содержат не более 20% токсичных пород, то на этой стадии в верхней части отвалов укладывается плодородный гумусированный слой почвы, предварительно вынутый и складированный.

Опытные исследования, проведенные в ФРГ, показали, что при слое насыпного лёсса до 1 м урожайность сельскохозяйственных культур резко повышается, от 1 до 2 м — повышение урожайности незначительное, при дальнейшем увеличении насыпного слоя лёсса урожайность не повышается. Учитывая результаты опыта и экономическую целесообразность на ближних участках, рекультивируемых для сельскохозяйственного использования, насыпается слой лёсса 2 м, на дальних — 1 м.

При формировании отвалов для лесной рекультивации рекомендуется применять смесь песка, гравия и лёсса без создания на поверхности отвалов насыпных почв. Покрытие поверхности отвалов метровым почвенным слоем вначале давало лучшие результаты приживаемости и развития лесных культур, однако в дальнейшем возникала опасность их полегания в ветренную погоду. В процессе выветривания шахтная порода приобретает структуру, способствующую адсорбции влаги и хорошему развитию микрокорневой системы растений, что обеспечивает их рост.

Если же породы отвалов токсичны или содержат более 20% токсичных пород, то на них нельзя непосредственно наносить слой почвы. В случае, например, покрытия гумусированным слоем почвы сульфидсодержащих пород почвенный слой приобретает ряд отрицательных свойств: повышенную активную кислотность, увеличенное содержание подвижных форм железа и особенно алюминия, обменного водорода и пониженное содержание обменных катионов. Поступающие с капиллярной влагой растворы серной кислоты вызывают разрушение минеральной части почвы, что приводит к появлению дополнительных количеств подвижных форм алюминия и кремнекислоты. Происходящие изменения часто необратимы. Известно, что в течение 2—3 лет изменяется насыпной гумусированный слой почвы', непосредственно прилегающий к сульфидсодержащей грунтосмеси мощностью от 2—3 см до 15 см при мощности насыпного слоя от 5 до 100 см.

В измененном слое величина рН понижалась от 7—6,7 до 2,3, содержание подвижного алюминия достигало 200 мг/100 г почвы. Процесс ухудшения свойств почв длителен по времени, так как сульфидсодержащая грунтосмесь является длительно действующим источником поступления серной кислоты, алюминия и железа. Захоронение сульфидсодержащей грунтосмеси даже на глубину 1 м не спасает растения от ее неблагоприятного воздействия и вызывает значительное понижение урожая по сравнению с зональными почвами.

При наличии токсичных или соленосных пород целесообразно селективное отвалообразование, обеспечивающее захоронение их в основание отвалов. Токсичные грунты перекрываются слоем 0,6—1 м нетоксичной породы, которая затем планируется бульдозерами и покрывается гумусированным слоем почвы.

Токсичность сульфидсодержащих пород может быть уменьшена при применении химической мелиорации, прежде всего известкования высокими дозами извести. Исчезновение подвижных соединений железа и алюминия и повышение рН до значений, характерных для зональных почв (рН 5,3), наблюдается лишь при внесении доз извести до 6% от веса грунтосмеси. На практике такие дозы, как правило, не применимы. При содержании токсичных грунтов >40% проводится полная химическая мелиорация. Однако она различна для разных природных районов. Для Подмосковного бассейна полная мелиорация грунтосмесей достигается внесением 2% извести от веса грунта мелиорируемого слоя. При этом рекомендуется двухкратное перемешивание извести с мелиорируемым грунтом на глубину не меньше 50—70 см. При содержании 20—40% токсичных грунтов проводится частичная мелиорация, а при содержании их меньше 20% мелиорация не проводится.

После проведения мелиорации грунты покрывают селективно вынутым гумусированным слоем или нетоксичной почвообразующей породой и поверх нее — почвенным слоем. Последний вариант более желателен, так как обеспечивает

сохранение свойств гумусированного слоя и предохраняет растения от повышенных концентраций токсичных соединений.

В ФРГ применяют два способа покрытия отвалов лёссом — сухой и гидроспособ. При сухом способе лёсс доставляют автотранспортом и весь комплекс работ выполняют горнотранспортным оборудованием. Для формирования площади в 3—5 га и мощностью лёсса 1 м требуется 6—8 недель

В настоящее время широко применяется гидроспособ. Вначале планируют поверхность отвала. Гребни отвала разравнивают бульдозером. На спланированной поверхности отвалов, состоящей из хаотической смеси вскрышных пород, оконтуривают участки площадью в 3—5 га, по границам которых из лёсса сооружают насыпи высотой 1,2—1,5 м и шириной по верху 2—2,5 м. Отсыпку производят автосамосвалы. Эти участки получили название польдеров. На насыпи укладываются трубы диаметром 250 мм, по которым в польдеры подается пульпа из смеси воды и лёсса (лёсс: вода=1 : 1,5). Намыв лёсса ведется послойно. Первые 20—30 см смешивают с подстилающей породой отвала, благодаря чему после высыхания образуется водоупор и в дальнейшем вода гидронамыва не просачивается внутрь отвала, а стекает и испаряется с поверхности. Собираемая из польдеров вода по системе трубопроводов подается обратно в смесительную установку. Польдер, площадью 3—5 га и мощностью лёсса 1 м намывается в течение одной недели.

Для улучшения водно-воздушных свойств слой насыпного лёсса подвергают глубокому рыхлению (до 80 см) навесными выброрыхлителями. Намытые лёссы отличаются от насыпных большей пористостью (48 — 50%), но меньшей гумусированностью и обедненностью питательными веществами. На них рекомендуют наносить большие на 30—40% дозы удобрений.

Этап горно-технической рекультивации включает также и такие работы, как строительство подъездных путей, строительство дренажно-осушительных и водо-заградительных

сооружений для защиты рекультивируемых площадей от ливневых и паводковых вод, от водной и ветровой эрозии.

Третий этап восстановления нарушенных горными разработками территорий — *биологическая рекультивация*. Она направлена на восстановление плодородия подготовленных в процессе горно-технической рекультивации земель и превращение их в полноценные хозяйственные и лесные угодья различного назначения. Это длительный и разнообразный процесс. Направление и методы биологической рекультивации различаются в зависимости от географического положения района, его климатических, эдафических и хозяйственно-экономических особенностей.

Если горно-технические рекультивации осуществляют предприятия, последними ведущие добычу ископаемых, то биологическую рекультивацию проводят землепользователи.

Направление и методы биологической рекультивации различаются в зависимости от географического положения района, его климатических, эдафических и хозяйственно-экономических особенностей.

На первых этапах рекультивации важно быстро озеленить отвалы и устранить вредное влияние их на окружающую территорию. Иначе породы отвалов, в том числе и токсичные, будут переноситься водой и ветром, перекрывать верхний корнеобитаемый слой почв.

Наиболее удобным и дешевым видом освоения рекультивируемых территорий считается облесение. Лесная рекультивация доминирует в большинстве стран.

Посадке деревьев за год-два предшествуют противоэрозионные мероприятия. В последнее время успешно используются для этих целей синтетические полимеры, битумная эмульсия, которые являются пористыми, проницаемыми для корней растений, не содержат токсичных веществ.

Против эрозии в Польше успешно применяют ивовые плетни, покрытие склонов дерном, подбор устойчивых к осыпанию пород.

Подготовка нарушенных территорий после этапа горно-технической рекультивации проходит в несколько стадий: а) известкование пород в дозах, о которых говорилось выше; б) рыхление до глубины 60 см; в) внесение смешанных удобрений (до 500 кг/га); г) посев злаково-бобовой смеси. При этом ведутся наблюдения и обследование проседания почвы.

Опытные работы показали, что в ФРГ перед биологической рекультивацией следует проводить рыхление на глубину 80 см виброрыхлителями, затем прокладывать закрытый дренаж на глубину 0,8—1,2 м из полиэтиленовых труб.

Перед внесением удобрений рекультивируемые участки следует опробировать по сетке 50x50 или 100x100 на содержание важнейших питательных веществ. Удобрения вносят с учетом полученных сведений. Техника внесения удобрений следующая: первую дозу вносят после окончания работ по горно-технической рекультивации перед посевом раиса. В первый же год раис в стадии цветения запахивается. Вторая доза удобрений вносится перед посевом люцерны, возделываемой в течение двух лет, а третья доза полного минерального удобрения — после люцерны. Всего за три этапа вносят 20—25 ц минеральных удобрений (K_2O —50%, P_2O_5 — 30%, N_0_3 -20%).

Обширными исследованиями по рекультивации в Черноземной зоне европейской части бывшего СССР выявлена возможность возделывания любых районированных в степи сельскохозяйственных культур с урожайностью примерно равной таковой на старопахотных участках при покрытии отвалов слоем чернозема мощностью 40— 50 см в северной и центральной частях зоны и до 50— 60 см — в южной части. При покрытии отвалов 20— 30-сантиметровым слоем чернозема целесообразно их использование под кормовые угодья с посевом многолетних бобовых трав.

При возделывании озимой пшеницы, ячменя, ржи и овса резко повышается урожайность при внесении азот- и фосфорсодержащих удобрений.

После предварительных стадий на рекультивируемой территории вводят специальный севооборот, например, такого типа:

1-й год — покровная культура с подсевом бобовых (например, рожь с люцерной).

2—4-й — улучшающая почву кормовая трава (люцерна, клевер, ежа и др.),

5-й — пропашная культура или кукуруза,

6-й — хлебные злаки с подсевом бобовых,

7-й — бобово-злаковая смесь,

8-й — пропашная культура,

9-й год — озимая пшеница.

В ФРГ в период рекультивации применяют такие схемы севооборотов:

I. 1—2-й годы — донник или люцерна, 3-й — рожь, 4-й — пшеница, 5-й год — сахарная свекла.

II. 1—2-й годы — люцерна, 3-й — пшеница, 4-й — сахарная свекла, 5-й ячмень, 6-й год — рожь.

После такого севооборота рекультивируемые территории могут быть заняты зональным полевым или кормовым севооборотом.

На территориях Карагандинского угольного бассейна успешно применяют посадку дернообразующих трав корневищами. Поскольку влажность почв верхнего слоя в первые годы освоения не превышает 10%, то растения нуждаются в поливе. Наиболее перспективными для биологической рекультивации признаны *пырей ползучий, житняк, донник, мятлик луговой, овсяница красная; из древесно-кустарниковых пород — смородина золо-тистая, вяз перистоветвистый, облепиха крушиновая, кизильник блестящий*. Посадку деревьев и кустарников проводят **в траншеи и ямы с полной заменой породы гумусированным слоем почвы** .

В условиях Казахстана на железорудных отвалах успешно используют для рекультивации многолетние растения зоны сухих степей (житняк, костер, люцерна, эспарцет). После задернения

эти территории используют как сенокосы. Для создания зон озеленения в этих условиях служат кустарники — акация, облепиха, шиповник — с обязательным поливом.

В местах открытых разработок марганца специалисты Днепропетровского сельскохозяйственного института провели опыт по приживаемости плодовых деревьев на отвалах в траншеях, заполненных черноземами и лёссом. За годы наблюдений не были установлены различия в росте и плодоношении яблонь. Лежкость и качество плодов, убранных с деревьев на лёссе, оказалась выше, чем в варианте с черноземом. Вишни, сливы и абрикосы более требовательны к почве, но в условиях опыта развивались успешно.

Причина успешного применения лёсса для формирования корнеобитаемого слоя и эффективность его, равная или выше снятого гумусированного слоя, при использовании под лесные и плодовые культуры заключается не только в потенциальном плодородии лёсса, но и в том, что снятый гумусированный слой уже не представляет собой почву, как естественноисторическое тело, а представляет насыпной гумусированный слой с новыми свойствами, отличными от нативных почв. Отсюда и меньшая устойчивость деревьев на таком слое, и пониженная влажность, и другие отрицательные качества, которые для естественной почвы не были свойственны. Необходимо время, чтобы насыпной слой благодаря обменным процессам стал составной частью единого ландшафтного целого данной территории.

Успешно ведется рекультивация в Прибалтийских республиках. Их опыт может быть рекомендован для большинства районов Нечерноземной зоны. Выровненные отвалы открытых разработок засаживаются лесными породами. Следует отметить, что культура этих работ так высока, что в Эстонии, например, выращивают насаждения на два бонитета выше, чем те, что произрастали здесь до начала разработок. Рекультивация оправдывает себя и с хозяйственной точки зрения, так как затраты на техническую и биологическую рекультивацию покрываются стоимостью 20-летнего сосняка по действующим

таксовым ценам. При лесной рекультивации на первых этапах используют быстрорастущие породы: тополя и ивы.

Опыт создания лесонасаждений на отвалах в США обобщил Лимстром. По его мнению, для лесонасаждений пригодны большинство пород, кроме пород с пиритом и плотных надугольных глин, пород, обогащенных легкорастворимыми солями. Считается, что приживаемость и рост лесных пород зависят, главным образом от механического состава породы и ее рН. Оптимальное значение рН: 4,5—6 — для хвойных пород и 6—7,5 — для лиственных. По механическому составу Лимстром располагает породы в следующий убывающий по плодородию ряд: суглинки > глины > пески.

Опыт облесения отвалов показывает, что посев древесных пород семенами не пригоден. Семена поедают грызуны, проростки усыхают. Наиболее рационально проводить посадку лиственных пород однолетними саженцами, а хвойных пород — двухлетними. Подбор видов пород проводится экспериментально. Определение, насколько данный вид пригоден для осваиваемой территории, проводят по оценке приживаемости и быстрого роста. Приживаемость больше 60% — удовлетворительная, 40—60% — достаточная, меньше 40 — неудовлетворительная. Подбирать породы для посадок рекомендовано из местных видов.

Используемые породы делят на три группы:

1. Породы мелиоративного, подготовительного характера, такие как *белая акация, серая ольха*. Они быстро укореняются на отвалах, в короткое время дают густое покрытие, накапливают азот в почве. В меньшей степени этими свойствами обладают *акация желтая, черемуха, осина, рябина, ивы, жимолость и др.*

2. Породы подготовительного и частично хозяйственного значения, такие как *ольха черная, береза, дикая яблоня, дикая груша, клен полевой, липа*. Это более требовательные породы. Часть из них в первые годы может расти лишь под защитным действием пород — воспитателей первой группы.

3. Породы хозяйственного назначения, такие как *тополя, дуб летний, дуб зимний, дуб красный, ясень, ильм, клен, лиственница, сосна.*

Породы обычно подбирают с учетом климатических условий. Но при освоении отвалов принимают во внимание также их высоту и экспозицию склонов. Верхние уровни отвалов рекомендуют под хвойные породы, а ниже 4,5 м — под лиственные. На южных и западных склонах лучше растут сосна и акация, а на северных и восточных — тополь, ясень, клен.

Сведения о некоторых древесных породах носят противоречивый характер. Так, в одних случаях тополь относят к породам подготовительного характера, в других — считают его породой хозяйственного назначения, т. е. относят к третьей группе пород. Противоречивы и сведения о сосне. С одной стороны, считают сосну легкоприживающейся породой хозяйственного назначения, а с другой стороны, и отечественный и зарубежный опыт местами показывает, что ее следует считать бесперспективной породой, так как часто к 15—20 годам сосна погибает. Следовательно, для каждого региона требуются поисковые исследования с испытанием широкого спектра, прежде всего, местных пород деревьев. На рекультивируемых территориях ежегодно высаживаются миллионы саженцев более 50 древесных и более 20 кустарниковых пород. Чешские ученые подчеркивают важность хорошего состояния посадочного материала и придают большое значение микоризе, которая увеличивает приживаемость и устойчивость пород.

В нашей стране и за рубежом уже накоплен опыт по успешной культивации нарушенных горными разработками территорий умеренного пояса.

В лесной, лесостепной и степной зонах, особенно если вскрышные породы нетоксичны и потенциально плодородны, с успехом идет облесение и задернение отвалов, создание новых, но экологически устойчивых ландшафтов.

Меньший опыт накоплен по рекультивации техногенных ландшафтов Крайнего Севера. Этот опыт особенно труден

потому, что *природные условия не способствуют быстротечности естественного возобновления растительного покрова* — оно может длиться десятки и сотни лет. Одновременно остро стоит вопрос о *стабилизации мерзлотных процессов*, что существенно для нормальной эксплуатации и сохранности сооружений. Для этого необходимо проводить теплобалансовые наблюдения на ключевых участках опытно-экспериментальных работ. Рекультивация особенно необходима в районах, где развиваются эрозионно-термокарстовые процессы. Для предотвращения термокарста перспективно применение полимерной пены с высокими теплоизоляционными прочностными свойствами. Эта область знаний в практической деятельности еще слабо разработана.

Для ослабления эрозионных процессов необходимо создание дернины. На севере Западной Сибири еще в 1973г. заложены опыты с посевом травосмесей из овсянницы, мятлика и волоснеца на предварительно нанесенном 10 - сантиметровом слое почвы. Возможно для предотвращения эрозии и термоэрозии на ровных слабонаклонных поверхностях с минеральным грунтом использовать *рыхлокустовые и плотнокустовые злаки: мятлик луговой, лисохвост луговой, овсянницу овечью*. Для закрепления органогенных субстратов пригодны *морозика, княженика, костяника* — растения, хорошо возобновляющиеся.

На Урале применяются террасирование склонов, предварительный посев травосмеси (злаков и бобовых) с внесением торфа или перегноя, посадка акации кустарниковой, вяза обыкновенного, ивы козьей.

В качестве лесообразующих пород рекомендуется использовать сосну и лиственницу, а в районах с близким расположением промышленных предприятий — березу. Сельскохозяйственная рекультивация здесь имеет вспомогательное значение в связи с высоким расположением отвалов, сформированных в основном из скальных пород и отсутствием во вскрышке плодородного слоя.

В Грузии на марганцевых отвалах на нетоксичных породах в условиях благоприятного климата и искусственного орошения успешно выращивают каштан, грушу, яблоню, виноград.

На отвалах бурого угля Кировоградской области произведены посадки дуба, березы, сосны, тополя, белой акации. В Подмосковном угольном бассейне наиболее устойчивыми породами оказались береза и сосна.

В ФРГ наряду с площадями для сельскохозяйственной и лесной рекультивации выделяют «экстремальные» площади с неблагоприятными для почвообразования горными породами или субстратами. На таких площадях планируется лишь защита их от эрозии и повышение эстетичности специальными *методами возделывания «газонных трав»*. Специалистами Гессенского университета разработан метод озеленения крутых склонов и сыпучих песков без предварительного покрытия их почвой.

Для улучшения свойств верхнего слоя отвалов, для накопления в нем органического вещества и азота перед посадкой деревьев высевают *лютин* с последующей его запашкой.

В южных районах эффективны *донник и люцерна*, которая дает глубокую корневую систему и за 3—4 года способствует накоплению в корнеобитаемом слое органического вещества и азота. На Украине на отвалах разного типа под многолетними травами - сидератами (сидерация – агротехнический прием, при котором для повышения урожайности сельхоз культур в почву запахивают зеленую массу посеянных для этого растений) наблюдали многократное возрастание ферментативной активности и плодородия почвы.

Почвообразование в техногенных ландшафтах

В процессе рекультивации происходит формирование почвенного покрова, который на первых этапах отличается от зонального, даже если на отвалах создан насыпной гумусированный слой. В том же случае, если биологическая рекультивация проходит на нетоксичных вскрышных породах, начинается первичный почвообразовательный процесс и формирование свойств почв. Эти процессы прослежены на

разновозрастных отвалах лёссовидных суглинков, глин, мела и песков Курской области, т. е. области распространения типичных мощных черноземов, лучших почв мира. Породы, взятые из карьера, — биологически инертны. В 10-летних отвалах суглинка обнаруживается в июле до 8100 тыс/г микроорганизмов, глин — 5400 тыс/г, мела — 540 тыс/г, песков — 820 тыс/г. В 3—10-летних отвалах появляются нитраты. На 8-летних отвалах насчитывается до 40 видов растений с общей биомассой до 80 ц/га.

Существует метод оценки степени рекультивации почвы на самозарастающих отвалах с помощью числа укоренившихся на ней видов растений: менее 5 видов — плохая, 5—10 — средняя, но нуждающаяся в удобрениях, 10—15 — хорошая, но требующая контроля, 15—20 — полная рекультивация. По этой классификации отвалы Курской области, сложенные с поверхности лёссовидными суглинками, можно считать полностью рекультивируемыми.

Вмешательство человека в естественный процесс восстановления растительности и почв, внесение минеральных удобрений позволили получить зеленую массу бобовых трав до 180 ц/га, а после ее заправки урожай озимой ржи в 24 ц/га, в 2—3 раза больше по сравнению с таковым до внесения удобрений.

В окружении высокопродуктивных природных и культурных биогеоценозов регенерация уничтоженных фитоценозов и почв на техногенных ландшафтах идет более быстрыми темпами. Молодые почвы техногенных ландшафтов на лёссовых породах Украины на ранних стадиях развития, как и многие другие, формируются элементарными почвенными процессами в основном транспортного характера. Они быстро накапливают признаки и свойства, свидетельствующие о зональном направлении общего процесса почвообразования, сохраняя при этом заметные отличия в морфологии.

На отвалах угольных разрезов Сибири естественно возникающие фитоценозы имеют низкую продуктивность и процесс почвообразования протекает медленно. Процесс

формирования почвенного профиля на отвалах Подмосковского бассейна наблюдали сотрудники Лаборатории охраны природы МСХ РСФСР. В течение 4—5 лет под многолетними травами происходила дифференциация почвенного профиля с выделением 10-сантиметрового гумусированного горизонта с высоким содержанием гуминовых кислот. Под многолетними травами на отвалах через 8 лет фиксировали перегнойный горизонт мощностью 3—4 см с содержанием гумуса 4% и переходный горизонт 6—7 см с содержанием гумуса 1,5%. В формировании перегнойно-аккумулятивного горизонта под многолетними травами активное участие принимают микроорганизмы, среди них возрастает роль участвующих в превращениях соединений углерода и азота. Вполне правомерно предполагать, что на породах отвалов почвообразование будет развиваться по зональному типу. Работы по рекультивации земель требуют больших капиталовложений. Затраты на рекультивацию одного гектара могут колебаться от нескольких сотен рублей до десятков тысяч. В ФРГ затраты на рекультивацию 1 га земли, используемых под лесные посадки, составляет 6—7 тыс. западногерманских марок, а для использования в сельском хозяйстве — от 12,5 тыс. до 43 тыс. западногерманских марок. В Болгарии рекультивация 1 га земли без нанесения слоя почвы обходится в 350 левов, а с нанесением почвенного слоя — более 9000 левов.

3.2. Технологии рекультивации территорий, измененных деятельностью отдельных отраслей промышленности

В настоящее время разработаны приемы рекультивации терриконов, золоотвалов и шламов и найдены пути утилизации этих отходов на дорожное строительство и стройматериалы.

Работы по **дорожному строительству** должны быть усовершенствованы, прежде всего, на стадии их проектирования. Направление автомагистралей целесообразно проектировать с учетом существующих дорог, не отчуждая дополнительных

площадей сельскохозяйственных угодий. Проектирование и строительство автомагистралей должно быть согласовано с направлением существующих и планируемых железных дорог и интересами сельского хозяйства.

Рекультивация отвалов должна проводиться одновременно с добычей полезных ископаемых. Этапы и методы рекультивации отвалов те же, что и при открытой разработке полезных ископаемых.

Представляет интерес порядок формирования отвалов и подходы к лесной рекультивации в Рурском каменноугольном бассейне. Здесь при добыче угля стали создавать крупноплощадные многоярусные отвалы (высотой до 60 м), обслуживающие группу шахт. Порода от шахт в отвал транспортируется автосамосвалами. Применяемый порядок формирования отвалов от периферии к центру позволяет с начальной стадии отсыпки отвалов производить их рекультивацию.

По всему периметру площади, предназначенной для отвала шахтных пород, сооружается насыпь высотой 8—10 м, равная высоте яруса отвала. Внешний откос насыпи является одновременно и окончательным откосом будущего отвала. Затем с насыпи производится отвалообразование к центру. Когда вся площадь, оконтуренная насыпью, будет заполнена шахтной породой, сооружают такую же насыпь для второго яруса. Между верхней бровкой первого яруса и нижней бровкой второго яруса оставляют уступ шириной до 4 м. Внешний край уступа приподнят, уклон в сторону отвала — 1:10. Такой порядок отсыпки продолжается до проектных отметок отвала. Окончательно сформированные отвалы имеют 5—6 террас, откосы между ними имеют крутизну от 1 : 2 до 1:3. Такой способ отвалов препятствует их самовозгоранию, так как укладка термически активных горных пород в центральной части отвала и применение большегрузных автосамосвалов хорошо уплотняют шахтную породу в процессе отвалообразования. Для сбора и отвода фильтрационных вод, поскольку они могут содержать

токсичные вещества, у подножья шахтных отвалов по периметру сооружают водоулавливающие и отводящие каналы.

Наружный откос отсыпают из пригодной для рекультивации мелкой шахтной породы, получаемой после обогащения угля на мойках. Эта порода содержит мало фитотоксичных компонентов и легко разлагается в результате атмосферного воздействия. Поэтому спустя два года после отсыпки откосы отвалов озеленяют. Как предварительную культуру используют люпин. Затем применяют посадку двухгодичных саженцев непосредственно в отвальную породу. Доминируют смешанные лесопосадки, состоящие из 2/3 ольхи черной и 1/3 ольхи серой с небольшим участием клена и тополя, рябины, облепихи и других пород кустарников и деревьев.

В нашей стране складировать породы в плоские отвалы. Такой способ дает возможность проводить профилактику самовозгорания и позволяет осуществлять рекультивацию откосов в процессе отвалообразования. Одновременно ведется работа с террикониками. После их тушения и террасирования склонов, проводят посеvy трав, высаживают кустарники и деревья. Иногда целесообразно использовать территорию ликвидированных шахт с зонами просадок поверхности под городскую свалку мусора. Свалка площадью 150 га с приемной способностью 1 млн. т мусора в год может иметь срок службы 20—25 лет. Отсыпка мусора ведется аналогично отсыпке шахтных отвалов от периферии к центру. Мусор складировается слоями. Для укладки мусора применяют специальные бульдозеры на колесном ходу. Колеса бульдозеров снабжены шинами, которые одновременно дробят и укатывают мусор. Торец отсыпанного за сутки двухметрового слоя мусора в санитарно-гигиенических целях перекрывается метровым слоем почвы. Плотная укладка мусора и перекрытия торцов почвой создают благоприятные условия для процессов разложения мусора, накопления органического вещества и озеленения окончательно сформированных откосов и уступов.

Рекультивация золоотвалов и шламов

Рекультивация отвалов золы электростанций, шламовых полей металлургических предприятий прежде всего необходима с санитарно-гигиенической точки зрения. Водная и ветровая эрозии этих отложений приводят к загрязнению близлежащих почв, вод и воздуха. Главная задача при рекультивации этих промышленных выбросов — консервация их и озеленение.

Самозарастание отвалов идет крайне медленно, что связано с ограниченностью азота и неустойчивостью водного режима. Опыты показали, что достаточно покрыть поверхность золоотвалов 2—3-сантиметровым слоем почвы или потенциально плодородного грунта, чтобы могли произрастать травянистые растения, продуцирующие от 8 до 50 ц сена с 1 га. Отобрано около 30 видов травянистых растений, лучшими из которых можно считать *люцерну желтую*, *донник белый*, *эспарцет песчаный*, *костер безостый*, *ежу сборную*, *луговую* и *красную овсяницу*.

При посадке в ямы, заполненные почвой, приживались 3—4-летние саженцы *березы бородавчатой*, *клена ясенелистного*, *караганы желтой* (в засушливых условиях), *осины* и *разных видов ив* (в более увлажненных условиях).

В Чехии, Словакии, Болгарии на золоотвалы наносят плодородный слой мощностью от 10 до 50 см, вносят высокие дозы удобрений и получают урожаи сельскохозяйственных культур (от 20 до 40 ц/га пшеницы).

Шламовые поля обогатительных фабрик и металлургических предприятий из-за содержания токсичных соединений покрывают более мощным плодородным слоем, чем золоотвалы. Причем предварительно используют разнообразные методы для закрепления их поверхности. В США применяется мульчирование соломой, древесной стружкой, закрепление искусственными структурообразователями, синтетическими смолами и др. В нашей стране применяют разнообразные химические способы укрепления грунтов - битумизация, силикатизация, цементация. Активно используются полимерные

материалы, лигносульфонаты, жидкое стекло с хлористым кальцием, латексы и др. *Реагенты, используемые для закрепления пылящей и развеваемой поверхности должны обладать способностью образовывать на поверхности устойчивую сплошную пленку, не содержать токсичные компоненты, обладать водопроницаемостью, содействовать последующей биологической рекультивации.* Если речь идет о шламах, имеющих перспективное сырьевое значение, то закрепители не должны в будущем препятствовать их переработке. Закрепители должны быть доступны и дешевы и выпускаться в промышленных масштабах.

В частности, на производственном объединении «Апатит» успешно были использованы для закрепления нефелиновых песков хвостохранилищ жидкое стекло с хлористым кальцием, поликомплексы, латекс СКС 65-ГП. Применение латекса также дает положительные результаты по предотвращению выдувания семян при биологической рекультивации.

Рекультивация выработанных торфяников

Опыт рекультивации выработанных торфяников накоплен в ряде регионов. Возможность использования выработанных торфяников зависит от типа выработки, мощности слоя оставленного торфа и его качества, водного режима, возраста выработки, степени задернения и т. д.

Основные объекты лесохозяйственного освоения — поля фрезерной добычи торфа, невыработанные окраины болот, реже — площади разлива гидроторфа. Относительно выровненная поверхность позволяет вести обработку почвы.

В зависимости от уровня грунтовых вод фрезерные поля делят на низкие, средние и высокие. Поля низкого, среднего и высокого уровней при мощности торфа до 30 см, а также невыработанные окраины могут быть облесены. На низких полях подготовка почвы проводится созданием микроповышенной в форме напашных свальных двухпластовых валов.

На средних и высбких полях и невыработанных окраинах лучшие результаты дает глубокая сплошная вспашка с последующим дискованием дернины и глыбистого торфа.

Создание лесных культур начинают в первые 2—3 года после прекращения добычи торфа. Основной способ — весенняя посадка стандартных сеянцев. В Белоруссии лучший посадочный материал — однолетние сеянцы сосны, 2—3-летние ели, 1—2-летние березы и укорененные стеблевые черенки тополя.

В Финляндии опыт применения смешанных сосново-ольховых насаждений показал значительные преимущества по сравнению с чистыми сосновыми насаждениями. Высота смешанных насаждений была в 4 раза больше, а гибель в 6—8 раз меньше по сравнению с чистыми сосновыми культурами.

Низкие поля с сапропелевым плодородным торфом можно рекомендовать под сенокосы, а невыработанные окраины — под полевые культуры.

Западины и карьеры, затопляемые водой, оставляют как искусственные водоемы, угодья для болотной и водоплавающей дичи, для рыбоводства и рыбной ловли.

Торфяники низинного типа на Украине осваивают сразу под пропашные культуры, благодаря которым азот и фосфорсодержащие соединения быстрее минерализуются, делая доступными важные питательные компоненты.

На торфяных выработках получают до 150 ц/га картофеля, до 90 ц/га капусты, до 170 ц/га огурцов, до 85 ц/га сена клевера. Затраты на рекультивацию окупаются в 2—3 года.

Рекультивация дражных полигонов

Специалисты Магаданской области достигли успехов в разработке методов рекультивации земель, нарушенных при разработке россыпных месторождений. Проведенные ими гидрологические и теплофизические исследования позволили обратить внимание на возможность использования *чозении* (один из видов ивы) для рекультивации дражных полигонов. Она успешно произрастает на техногенных образованиях, мощность слоя сезонного протаивания которого не превышает 2 м.

Геофизический метод позволил исследователям разработать различные способы биологической рекультивации.

На спланированный дражный полигон, состоящий преимущественно из крупнофракционного отработанного материала наносят 20-сантиметровый слой вскрышных пород (аллювий), а сверху с подготавливаемого полигона 20—30-сантиметровый слой почвы. При внесении 120 т/га органических удобрений, минеральных удобрений в дозе M240P240K280 и 10 т/га извести получают урожай зеленой массы овса 196 ц/га. В резкоконтинентальных условиях Магаданской области в условиях вечной мерзлоты на рекультивированных территориях получают урожаи картофеля, капусты, многолетних трав и других кормовых культур.

3.3. Ветровая эрозия почв и принципы борьбы с ней

Ветровая эрозия почв (дефляция) распространена в районе недостаточного увлажнения (испаряется влаги больше, чем выпадает осадков), высоких весенних и летних температур и низкой относительной влажности воздуха. Дефляции подвержены сероземы, бурые и светло-каштановые почвы пустынь и полупустынь, каштановые почвы сухих степей и черноземы степной зоны. Повседневная ветровая эрозия захватывает и более северные районы.

Значительный ущерб ветровая эрозия приносит хозяйствам Средней Азии, Казахстана, Западной Сибири и юга европейской части России. Именно этим районам свойственны природные условия, благоприятные для развития дефляции почв. К ним относятся повторяющиеся периодические засухи в сочетании с сильными ветрами. Усилению разрушительного действия ветров способствует рельеф с древними ложбинами стока вдоль направления господствующих ветров. Способствует проявлению ветровой эрозии и слабая эрозионная устойчивость почвенного покрова: почвы преимущественно легкого механического состава и малогумусные. К тому же на больших территориях в этих районах культивируют яровые зерновые культуры. Отсутствие

растительного покрова значительную часть года также снижает противоэрозионную устойчивость почв. Ряд исследователей провели оценку пороговых скоростей ветра для почв различного механического состава в различных областях.

Следовательно, для почв легкого механического состава достаточно ветра со скоростью 3—4 м/с, чтобы вызвать их дефляцию.

Оструктуренные почвы более устойчивы к ветровой эрозии, чем распыленные. Экспериментальные исследования показали, что устойчивость к дефляции резко возрастает у комочков почвы, размером больше 1 мм.

При содержании агрегатов крупнее 1 мм в диаметре в верхних пяти сантиметрах почвы более 60% почва становится эрозионно-устойчивой. Установлено, что распыление верхнего слоя происходит не только под воздействием почвообрабатывающих и посевных машин, но и под влиянием естественных процессов замерзания, оттаивания, высушивания

Следовательно, механический состав и структурное состояние верхнего слоя почв имеет первостепенное ветроустойчивое значение.

Тип ветровой эрозии делят на два подтипа: **1 — пыльные (черные) бури**; **2 —** повседневная (местная) ветровая эрозия.

Пыльные бури повторяются раз в 3 — 5 — 10 — 20 лет, бывают при очень сильных ветрах (15 — 40 м/с), недостаточном увлажнении (относительная влажность менее 15 — 20%) и слабой задернованности растительностью. Как правило, пыльные бури развиваются с марта по октябрь, но иногда бывают и зимой.

Пыльные бури наносят большой вред хозяйствам и сильно разрушают почвы, вынося вместе с посевом до 12— 20 см поверхностного слоя. Количество выносимой почвы достигает 120—125 т/га.

Повседневная (местная) ветровая эрозия проявляется без пыльных бурь. Особенно отчетливо она проявляется на склонах, испытывающих удары ветра. Этот подтип эрозии медленно, но методично разрушает почвы. При сильных ветрах склоны

«дымятся», поднимаются смерчи, столбы пыли, при обычных, слабых ветрах метет поземка, не поднимая частицы выше роста человека. Частицы почвы и структурные отдельности перекатываются прыжками, скачками, засекая всходы особенно часто на почвах легкого механического состава.

Вследствие ветровой эрозии в составе почвы увеличивается содержание песчаной фракции и уменьшается количество пылеватых и илистых частиц, наиболее сильно этот процесс выражен на почвах легкого механического состава.

Ветровая эрозия без пыльных бурь наблюдается и зимой. Снег сдувается, почва теряет влагу и, пересыхая с поверхности, развеивается.

Диагностические показатели дефлированности почв

По степени нарушенности выделяют слабдефлированные, среднедефлированные и сильнодефлированные почвы.

Слабдефлированные почвы имеют мощность горизонта В и горизонта А меньше на 5 см по сравнению с аналогичными неэродированными почвами. Гибель растений в посевах не превышает 20%.

Среднедефлированные почвы имеют уменьшенную мощность горизонта А или А + В на 5—10 см, осветленную поверхность почв, покрытую рябью с косами и холмиками наносов высотой до 20 см. Гибель растений в посевах составляет 20—50%.

Сильнодефлированные почвы имеют уменьшенную мощность горизонта А - В по сравнению с неэродированными почвами на 10—20 см и более, осветленную поверхность почвы, сплошь покрытую рябью. Косы навевания и бугры мелкозема высотой более 20 см чередуются с участками выдувания мелкозема.

Выдувание верхнего слоя почвы ведет к сокращению мощности гумусового профиля, уменьшению содержания и запасов гумуса в нем. Потеря тонких фракций сопровождается уменьшением органического вещества, азота, фосфора и других элементов пищи растений.

Наибольшие изменения наблюдаются в почвах легкого механического состава. В эродированных почвах содержание гумуса и азота может снизиться в 2—3 раза, калия — в 2 раза, фосфора в 1,5—6 раз.

Эродированные почвы характеризуются низкими величинами емкости поглощения катионов, что связано с изменением количественного состава поглощающего комплекса. Они нуждаются в повышенных дозах удобрений. В связи с тем, что эрозия приводит к появлению пестроты почвенного покрова, изменяет генетический профиль и вызывает изменения в механическом и химическом составе почв, конкретные рекомендации должны основываться на региональных особенностях и свойствах эродированных почв. Но общий принцип внесения мелиорантов и удобрений — более частое внесение, осторожный выбор дозы минеральных удобрений. В условиях эродированных почв важное значение приобретает обеспечение уравновешенного баланса минеральных элементов в почве.

Охрана почв от ветровой эрозии

Анализ причин, вызывающих ветровую эрозию, и ее последствий показывает, что защита почв должна предусматривать следующие меры:

1. По уменьшению скорости ветра над эродируемой площадью в результате *создания специальных ветроломных препятствий* для движущегося воздушного потока: лесных полос, древесно-кустарниковых кулис и кулис из высокостебельных растений и др.

2. По *созданию на поверхности почвы предохраняющего покрова*, воспринимающего удары ветра и защищающего почву. Для этого необходимо вырастить к периоду проявления ветровой эрозии достаточно развитые всходы сельскохозяйственных культур, оставить на поверхности почвы стерню, внести измельченные растительные остатки в верхний слой почвы, мульчировать навозом очаги дефляции.

3. По усилению прочности поверхности почвы за счет увеличения сил сцепления между частицами, его можно достичь методами и *сокращенными сроками* обработки почвы, а также внесением в ее состав *специальных химических материалов*. Целесообразно применять эти меры в комплексе.

Комплекс противоэрозионных мероприятий по предотвращению ветровой эрозии включает организационно-хозяйственные, агротехнические и лесомелиоративные меры борьбы.

Организационно-хозяйственные мероприятия предполагают, прежде всего, рациональное распределение земельных угодий. В результате детального обследования земель хозяйства должны быть выделены площади развеваемых песков, ветроударные склоны и повышенные участки местности, где сильно развиты систематические процессы дефляции. Такие территории целесообразно засеять многолетними травами или отвести под посадку лесных и плодово-ягодных насаждений.

Максимально эффективному использованию земли и предотвращению ветровой эрозии способствуют почвозащитные севообороты.

При нарезке полей севооборота необходимо заботиться о том, чтобы длинные стороны были ориентированы поперек активных эрозионных ветров.

При использовании в земледелии почв легкого механического состава необходимо введение специального почвозащитного севооборота и создание системы лесных полос.

Агротехнические мероприятия, предотвращающие ветровую эрозию, должны способствовать накоплению влаги в почве, оструктуриванию пахотного горизонта, снижению скорости ветра в приземном слое, восполнению утраченных питательных элементов.

Стерня и другие растительные остатки ослабляют ветровую эрозию. В зимнее время стерня защищает поле от дефляции и способствует равномерному распределению снега, что

увеличивает запасы влаги в почвах, способствует более быстрому развитию всходов и устойчивости их к воздействию ветра.

Важным агроприемом является безотвальная обработка почвы. Посев зерновых культур специальными противоэрозионными стерневыми сеялками, которые заделывают семена во влажный слой и оставляют гофрированную поверхность, способствует повышению устойчивости почв против ветровой эрозии и созданию лучших условий для перезимовки озимых культур. Кроме того, эти сеялки одновременно с посевом зерновых культур проводят внесение минеральных удобрений и прикатывание.

На эрозионноопасных почвах рекомендована замена дисковых луцильников и обычных культиваторов для ухода за парами и предпосевной обработки культиваторами-плоскорезами, штанговыми культиваторами. Рекомендована также замена обычных зубовых борон с игольчатыми рабочими органами, способными закрыть влагу при любом количестве растительных остатков, оставшихся на поверхности поля, в том числе и равномерно разбросанной соломы. Переход на принципиально новую прогрессивную технологию обработки полей резко снизил опасность возникновения и развития ветровой эрозии.

На землях, подверженных ветровой эрозии, чистые пары заменяют занятыми, сидеральными и кулисными. Кулисы из высокостебельных растений предохраняют почву от выдувания весной и летом, а зимой способствуют снегозадержанию. Они также должны быть правильно ориентированы.

Для Сибири и Казахстана рекомендуют полосное размещение паров. Поле делят на полосы шириной 50—150 м, причем половину полос засевают зерновой культурой, а половину оставляют под пар. Полосы пара и посева зерновой культуры чередуются и располагаются перпендикулярно направлению господствующих эрозионноопасных ветров. На следующий год полосы, бывшие под паром, засевают яровой пшеницей, а полосы из-под посева зерновой культуры оставляют под пар. Поле через пар проходит не за один год, а за два. В эти два года обработку

почвы и посев проводят по полосам, а затем до конца ротации севооборота поле могут обрабатывать и засеивать сплошь. При таком полосном чередовании паров и посевов зерновых паровые полосы летом эффективно защищены от ветровой эрозии растительным покровом полос зерновых культур, а осенью, зимой и весной следующего года — стерней, сохраненной при обработке полос из-под зерновых культур. В этих условиях ветровая эрозия на паровых полосах не возникает.

Силу ветра ослабляет полосное размещение культур, когда чередуются однолетние культуры с полосами многолетних трав. Полосы располагают перпендикулярно к активным ветрам. Ширина полос зависит от степени подверженности почв эрозии и конкретных природных условий данной местности. На песках с бугристым рельефом применяют частичную обработку почв (площадками).

3.4. Водная эрозия почв и методы борьбы с ней

Формы водной эрозии. Современная, или ускоренная, эрозия подразделяется на поверхностную (плоскостную), струйчатую (ручейковую) и линейную (овражную).

Поверхностная эрозия почвы развивается на пологих склонах при стекании по ним талых и дождевых вод слоем малой и однородной толщины, поэтому характеризуется равномерным смывом почв. Протекая незаметно, постепенно, поверхностная эрозия наиболее опасна и коварна из всех видов эрозии, так как с больших площадей сносит наиболее плодородный поверхностный слой почвы. Этот вид эрозии распространен почти повсеместно, где есть различия в относительных высотах местности. Поверхностная эрозия постепенно смывает перегнойно-аккумулятивный горизонт и обнажает подзолистый или горизонт В на склонах и приводораздельных территориях. Смытые частицы образуют темные полосы, бордюры намытых почв в низинах.

Причиной плоскостной эрозии являются капли дождя, которые разрушают почвенные агрегаты и отрывают почвенные частицы, некоторые из них под ударом капель дождя подсакаивают до 50—60 см. Отдельные почвенные частицы переносятся текущими водами пластового покрова. Это внутренняя, или капельная, эрозия. Следствие внутренней эрозии — снос почвенных частиц в трещины и поры почвы. При этом почва на первых этапах не удаляется с поля, зато уменьшается просачивание воды, что ведет к увеличению поверхностного стока, а отсюда к плоскостной эрозии.

Следующая стадия развития поверхностной эрозии струйчатая или ручейковая эрозия.

Струйчатая, или ручейковая, эрозия возникает в том случае, если вода стекает по склону в виде небольших ручейков, оставляя сетку углублений, направленную вниз по склону, глубиной 5, 10, 20, а иногда до 50 см. Струйчатые размывы проходимы тракторными агрегатами, что позволяет их заделывать сельскохозяйственными орудиями. Струйчатая эрозия — начало линейной, или овражной, эрозии.

Овражная эрозия проявляется в тех местах, где рельеф способствует скоплению поверхностно стекающей воды, особенно там, где резкое увеличение крутизны склона вызывает образование быстрин. Большое значение имеет и механический состав размываемой поверхности. Песчаные и лёссовые регионы легко размываемы. По мере врезания водотока происходит глубинная эрозия. Одновременно развивается и боковая эрозия. Образованию оврагов часто способствует деятельность подземных вод.

Факторы водной эрозии. Для проектирования противоэрозионных мероприятий особенно важно учитывать интенсивность проявления современных рельефообразующих процессов.

Основными факторами, определяющими интенсивность проявления водной эрозии, можно считать следующие.

1. Климатический фактор — характер снегового покрова и дождевых осадков и их ритм. Температурный режим территории.

2. Формы рельефа — формы и экспозиция склонов, величина и форма водосборов, уровень базиса эрозии.

3. Характер почвообразующих пород, типы почв и ее структурное состояние.

4. Степень покрытия растительностью и ее характер.

5. Хозяйственная деятельность человека.

1. Роль климатического фактора в развитии водной эрозии. В различных климатических зонах сроки и периоды проявления эрозии неодинаковы. В средней полосе страны наиболее сильно водная эрозия развивается в апреле, в период интенсивного снеготаяния, особенно на склонах южной экспозиции. При сравнительно равномерном снеговом покрове и медленном таянии снега поверхностный смыв невелик. Если снеговой покров ложится на непромерзлую почву, то весной при постепенном его таянии сток и смыв могут быть незначительными или отсутствовать. Если почва на зиму промерзает, то весной при дружном таянии снега создаются условия для формирования большого стока, а следовательно, и эрозии. При оттаивании на поверхности почвы образуется тонкий слой почвы, перенасыщенный водой. Лежащий на плотном мерзлом, не пропускающем воду слое, он подвержен легкому смыванию. Скорость потока уменьшают обычно проталины.

Неравномерное распределение снежного покрова часто влечет за собой утрату водоразделами снеговых вод. Неравномерное распределение весенних талых вод, скопление их на локальных участках вызывает активную эрозию не только плоскостную, но и струйчатую и линейную.

Температурный режим определяет темп снеготаяния. Задержка талых вод, перевод поверхностного стока в подземный — основные условия борьбы с эрозией.

Эрозионная способность дождевых осадков зависит от их количества и интенсивности. Выше отмечалось, что дождевые капли разрушают структурные отдельности и отрывают

почвенные частицы. Дожди особенно опасны весной, когда почва влажная и не защищена растениями, и осенью — при зяблевой вспашке. Весенне-летними дождями с пара сносится больше почвы, чем талыми водами, хотя во время снеготаяния воды стекает больше.

Ливневые дожди с крупными каплями вызывают более интенсивную эрозию, чем обильные дожди с мелкими каплями, даже если воды в последнем случае стекает больше.

2. Формы рельефа как фактор водной эрозии. При изучении влияния рельефа на интенсивность процессов эрозии особое внимание обращают на динамику склонов, их крутизну и форму.

Интенсивность эрозионных процессов возрастает при увеличении крутизны склона.

По форме склоны различают прямые, выпуклые и вогнутые. Верхняя часть склонов, особенно выпуклая, наиболее энергично разрушается эрозией, нижняя часть склонов менее подвержена процессам эрозии и, напротив, является областью аккумуляции делювия.

На выпуклых склонах увеличение крутизны склона от $0—3^\circ$ вниз по склону до $8—10^\circ$ увеличивает смыв в нижней части склона по сравнению с верхней в 8—10 раз.

На вогнутых склонах, хотя и увеличивается вниз по склону масса воды, но в связи с уменьшением крутизны склона ослабевает и транспортирующая способность склонового стока, и смыв уменьшается за счет увеличения аккумуляции. Наибольший смыв — в средней части профиля, а в нижней части — аккумуляция и образование делювиального шлейфа.

На прямых склонах в ослабленной форме повторяется распределение процесса эрозии. Размер смыва в нижней части больше, чем в верхней в 5 раз. При прочих равных условиях величина смыва на склоне первого типа в 1,25 раза больше, чем на склонах второго и третьего типа.

Экспозиция склона влияет на интенсивность процессов водной эрозии, так как ею определяются различия в количестве получаемой склонами солнечной радиации. Склоны южной

экспозиции на 3—5 дней раньше освобождаются от снега, чем склоны северной экспозиции. Талые воды с приводораздельных пространств встречаются на южных склонах долин и балок талые почвогрунты и размывают их. На склонах северной экспозиции снег лежит дольше. Талые воды с приводораздельных территорий фильтруются через снег и текут по мерзлой почве. Смыва и размыва не происходит. Частицы почвы, смытые с приводораздельных территорий, остаются на поверхности снега и после его таяния могут быть отложены на склонах. Суммарный снос почвенных частиц на северном склоне меньше. Большая амплитуда температурных колебаний на южных склонах ускоряет процессы выветривания и усиливает эрозию.

Роль почвенного покрова в развитии водной эрозии

В обогащенной органическим веществом и структурной почве поверхностный сток легче переводится во внутрипочвенный, и эрозия проявляется менее активно. По мере смывания структурного и обогащенного гумусом верхнего слоя почвы обнажаются горизонты, для которых характерна более низкая влагоемкость и меньшая устойчивость против размывающего действия воды. Со смытых почв теряется значительно больше влаги и почвы, чем с несмытых почв, если те и другие находятся в одинаковых условиях крутизны склона, способа использования и количества осадков.

Устойчивость к эрозии разных типов почв различна. Из почвообразующих пород лёссы и лёссовидные суглинки особенно легко размываются движущейся водой. В области их распространения отчетливы проявления эрозии. Вслед за ними наиболее подвержены эрозии суглинки. Из-за хорошей водопроницаемости песчаные породы мало подвержены водной эрозии. Растительный покров закрепляет почву корневой системой, создает дополнительные поры и дрены и способствует переводу поверхностного стока во внутрипочвенный. Растительность обогащает почву органическим веществом и оструктурирует ее, что также способствует ослаблению водной эрозии. Растения, покрывая почву, принимают на свою листовую

поверхность большую часть механической энергии падающих капель, препятствуют их разрушающему действию. Растительный покров может играть роль препятствий, рубежей на пути миграции водных и ветровых потоков. Поэтому и сам растительный покров, и способы его воздействия на почву используются и учитываются при разработке системы противоэрозионных мероприятий.

Основные принципы борьбы с водной эрозией

Охрана почв от эрозии, сохранение почвенной влаги, перевод поверхностного стока во внутрипочвенный предполагает осуществление целого комплекса мероприятий, охватывающих все типы земельных угодий, все типы эрозионноопасных ландшафтов.

Осуществление противоэрозионных мероприятий имеет следующие цели:

- 1) предупреждение эрозии в эрозионноопасных местах;
- 2) прекращение развития эрозии;
- 3) улучшение эродированных почв.

Противоэрозионная организация территории

Система противоэрозионных мероприятий способствует созданию устойчивого водного режима, ослаблению концентрации водных потоков и замедлению поверхностного стока, задержанием талых снеговых вод и выпадающих осадков на месте или отводом и безопасным сбросом их избытков в гидрографическую сеть, что прекращает или ослабляет эрозионные процессы.

Задержание талых и дождевых вод на полях — одно из важнейших мероприятий по борьбе с эрозией. Известно, что каждые 10 мм задержанных и правильно использованных талых вод дают дополнительно 1 ц/га зерна. Массовое повсеместное задерживание талых вод в первые же годы окупило бы в десятикратном размере все затраты на систематическое проведение всего комплекса противоэрозионных мероприятий.

Противоэрозионной организации территории предшествует изучение типов местности, интенсивности проявления

эрозионных процессов, составление картограмм категорий земель по интенсивности противоэрозионных мероприятий.

Одна из классификаций категорий земель по степени эродированности.

Группа А

Земли, интенсивно используемые в земледелии. Категории I—IV

I. Не подверженные водной и ветровой эрозии. Сток талых и дождевых вод с этих земель не смывает нижележащие земли. Необходимости проведения противоэрозионных мероприятий и регулирования поверхностного стока нет.

II. Подверженные слабой эрозии (или сток с этих земель угрожает нижележащим участкам). Для прекращения и регулирования поверхностного стока достаточно применить простейшие агротехнические мероприятия:

более глубокую вспашку, и рядовой сев поперек склона, обвалование зяби и др.

III. Подверженные средней эрозии. Для прекращения ее, кроме вышеуказанных мероприятий, необходимо, в особенности на полях более урожайных пропашных культур: прерывистое бороздование междурядий в более сухих районах и поделка поперек склонов валиков (или окучивание) — в более влажных районах; проведение водоотводных борозд в ливневых районах; безотвальная обработка с максимальным сохранением стерни в засушливых районах.

Земли первых трех категорий используют в принятом для данного хозяйства полевом севообороте.

IV. Подверженные сильной эрозии. Для прекращения ее необходима специальная организация территории: разбивка буферных полос (в том числе постоянных для «самотеррасирования»), нарезка полей чередующимися узкими полосами (полосное земледелие). Гидротехнические мероприятия. Террасирование, устройство горизонтальных или наклонных валов-террас с широкими основаниями, допускающими проход сельскохозяйственных машин и орудий.

Земли IV категории при надежной защите от эрозии можно осваивать под виноградники, сады и т. п. Если противоэрозионные мероприятия не осуществлены, земли временно можно использовать в специальных почвозащитных севооборотах, в том числе с многолетними травами.

Группа Б:

Земли, пригодные для ограниченной обработки. Категория V;

V. Подверженные очень сильной водной или ветровой эрозии и непригодные для постоянного возделывания ценных сельскохозяйственных культур. К ним относятся пастбища и сенокосы, а также сильноэродированные пашни с ограниченным использованием, которые еще можно выделить в почвозащитный севооборот с 1—2 полями зерновых культур и 5—10 полями многолетних трав.

Группа В:

Земли, непригодные для обработки. Категории VI—IX

VI. Непригодные для включения в почвозащитный севооборот. Земли используются под сенокосы и пастбища с нормированным выпасом и применением поверхностного улучшения.

VII. Земли со строго нормированным выпасом.

VIII. Непригодные для земледелия, сенокосения, выпаса, но пригодные для лесоразведения.

IX. Непригодные для земледелия, сенокосения, выпаса и для лесоразведения («бросовые» земли — обрывы, скалы, каменистые россыпи и прочее).

Влияние рельефа в равнинных условиях должно быть непременно учтено. Склоны крутизной до 9° следует использовать под обычные полевые севообороты. На склонах крутизной до 5° борозды должны располагаться поперек склона — иначе будет происходить снос почвы. На склонах 9—15° рекомендуют проводить специальные почвозащитные севообороты. Склоны 16—18° следует исключить из

интенсивного земледелия. Лучше использовать их под посев многолетних трав на сено и выпас.

В качестве промежуточной культуры при возобновлении травостоя возделывают озимые зерновые. Склоны круче 18° с хорошими почвами лучше использовать под люцерну, белый клевер, а террасы — под сады. На почвах, не пригодных для сельскохозяйственного использования, рекомендуется создавать лесные культуры.

В структуре посевов холмистых районов рекомендуется увеличить удельный вес многолетних бобовых до 50% и максимально сократить площадь пропашных культур. Следует уменьшить площади яровых до 15—20, а озимых до 20—30%. Лучше развивать животноводство.

При длинных склонах, когда увеличивается масса, скорость и несущая сила воды, рекомендуют земледелие полосами. Склон разделяют на несколько полос, расположенных по горизонтали. На них рекомендуют севооборот с приблизительно одинаковыми площадями зерновых, кормовых культур и трав. На террасированных склонах полосы могут соответствовать ширине террас. На нетеррасированных — ширина полос зависит от крутизны склона и водопроницаемости почвы. Чем круче склон и меньше водопроницаемость, тем уже полосы. Обычная ширина полос — от 15 до 30 м. Ширина полос может быть приспособлена к четному числу рядов или кратному четного числа ширины захвата машин, применяемых при обработке полос.

Полосы уменьшают скорость водного потока, уменьшают поверхностный сток, очищают его воды от ила.

Там, где эрозия особенно опасна, для защиты склонов используют постоянные полосы из многолетних трав, кустарников, деревьев.

Улучшение лугов и пастбищ методом подсева трав также повышает их противозерозийную устойчивость. Специальный подбор культур растений ведет к снижению эрозии почв. Важный вопрос о подборе культур следует решать в зависимости от региональных условий. Из травянистых растений почвозащитную

роль могут выполнять все виды клевера, люцерны, донника, тимофеевка луговая, ежа сборная, житняк, пырей, овсяница и др.

Эродированные участки отводят под почвозащитные лугово-пастбищные севообороты, а сильноэродированные — для постоянного залужения или облесения.

Растительность предохраняет почву от механического воздействия капель, уменьшает скорость поверхностных вод, способствует накоплению органического вещества, улучшает оструктуренность, повышает водопроницаемость.

Севообороты, наряду с другими важными положительными эффектами могут уменьшать потери почв от эрозии. Культуры севооборота по-разному защищают почву от эрозии. Наименее защищена почва под пропашными, вслед за ними идут яровые, затем озимые. Лучше всего защищают почву многолетние травы.

Каждый севооборот должен быть проанализирован с точки зрения его защитной роли: сколько дней в году почва под снеговым покровом, сколько под культурами и т. д.

Например, на черноземах Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства рекомендует следующую схему размещения полос и чередования культур в 8-польном севообороте: 1) однолетние травы, 2) кукуруза, 3) кукуруза, 4) озимые на корм, 5) корнеплоды, 6) ячмень, 7) кукуруза, 8) однолетние травы.

Противозерозийная организация территорий необходима и на пойменных землях. Массовая распашка пойменных почв под картофель и другие овощные культуры привела к возникновению и развитию процессов эрозии в ряде районов страны. В центральных областях РСФСР площадь пашни на пойменных территориях составила 30—40%. Овощеводство в поймах рек вблизи промышленных районов экономически выгодно сочетать с луговодством. Необходимо вводить в овощные и кормовые севообороты посевы многолетних трав, а также практиковать периодическое залужение части пахотных пойменных угодий. Эти мероприятия наряду с повышением плодородия пойменных почв и улучшением общей экологической обстановки будут

также способствовать укреплению местной кормовой базы животноводства.

Нерациональна сплошная распашка больших массивов пойменных земель. Участки пашни должны чередоваться с участками лугов. Правильное соотношение этих угодий с учетом местных особенностей той или иной поймы обеспечит предотвращение развития эрозионных процессов.

Необходим дифференцированный подход при освоении пойменных почв. Почвы легкого механического состава и мелкозалежные торфяники следует использовать только под многолетние травы. Под овощными и кормовыми культурами эти почвы быстро теряют свое плодородие. Недопустима распашка прирусловых областей поймы, где в наибольшей мере проявляется эрозионная деятельность руслового потока, недопустима распашка гривистых пойм с близким подстиланием суглинков песчаным аллювием. Эти почвы эрозионноопасны. Они должны сохраняться под лесной или луговой растительностью.

В горных районах необходима особая противозэрозионная организация территории. В альпийских и субальпийских лугах выпас скота необходимо регулировать: устраивать специальные скотопрогоны, пастбищеобороты, загонную систему пастбы. Недопустима перегрузка пастбищ, использование их в ранневесенний период, когда почва переувлажнена. Желателен подсев трав.

В горных условиях леса выполняют особую противозэрозионную и водоохранную роль. Вдоль рек, водоемов, на участках с маломощными почвами должны быть выделены водоохранные зоны. Сплошные лесосечные рубки должны быть ограничены, на склонах круче 35° рубки недопустимы. Особо жесткое регулирование рубок горных лесов должно быть в селевых бассейнах. Изреженные древостои следует уплотнять, внедряя ценные древесные породы, прогалины — закреплять посадками лесных саженцев.

На склонах 10—15° следует разводить сады, виноградники, ценные технические культуры, а не однолетние сельскохозяйственные растения.

На пологих склонах и в широких долинах рекомендуется полосное земледелие, посев сельскохозяйственных культур вперемежку с буферными полосами.

В сухих горных районах склоны до 6—8° рекомендуют использовать в полевых севооборотах, борьба с эрозией в этом случае ограничивается агротехническими мероприятиями. На склонах 8—10° со слаборазмытыми и среднесмытыми почвами следует вводить почвозащитные севообороты и полосное земледелие. При крутизне склонов 10—15° обязательны полосное земледелие, буферные полосы и террасирование склонов. Задержку талых и ливневых вод проводят глубокой пахотой и бороздованием.

Агротехнические противозэрозионные мероприятия
Обработка почвы по горизонталям, т.е. строго придерживаясь одного и того же уровня борозд, держит сток и уменьшает эрозию. «Контурное» земледелие уменьшает смыв почвы на 50% и поверхностный сток на 12—99% .

Для создания равномерного снежного покрова применяют снегозащитные устройства (лесные полосы, щиты, хворост, пахоту снега, прикатывание и т. д.). Но образование больших сугробов нежелательно. Поэтому снегозащитные устройства необходимо располагать сразу на больших площадях с учетом величины и характера снегосбора. Лесные полосы, кулисы и щиты следует размещать поперек уклонов, не допуская концентрации снега по дну ложбин и на угловых участках.

Задержанию талых и ливневых вод способствует щелевание. Поперек склона через 70—180 см в зависимости от его крутизны нарезают щели глубиной 40—50 см. Они не затрудняют механизированную обработку и уход за посевами.

Кротование почвы также способствует накоплению влаги, регулированию стока, переводу поверхностного стока во внутрипочвенный, предотвращению смыва почвы, улучшение

воздушного режима. Кротование проводят плугами, на корпусах которых ставят специальные кротователи, последние на глубине 30—40 см создают кротовины диаметром 6—8 см через 70—140 см.

Гидротехнические сооружения. При увеличении крутизны склона до 6—8° и более, поперек его сооружаются террасы на таком расстоянии и с таким градусом уклона, чтобы перехватить и отвести поверхностный сток прежде, чем он наберет объем и скорость. Размер и уклон террас регулируются так, чтобы поверхностный сток можно было задержать и медленно отвести по каналу через поле к защищенному водосбору.

Борьба с оврагами. Только в европейской части СНГ овраги занимают около 5 млн. га. Они могут превращаться в балки — заросшие самозакрепленные овраги — естественным путем. В. В. Докучаев полагал, что основным фактором превращения оврага в балку является расширение оврага до величины, не нужной для стока его вод. При «уравновешивании» дна оврагов и сползания его стенок происходит покрытие дерном и превращение в склоны балок и речных долин.

Но самозакрепление оврага — процесс длительный, и ждать его естественного завершения бесполезно. С помощью бульдозера овраг выполаживают, превращая в ложбину с пологими склонами. Предварительно снимают и селективно складывают гумусовый слой, затем перемещают грунт с приобочной части в овраг. На планируемую поверхность возвращают гумусовый слой. У вершины выположенного оврага сооружают систему канава — вал для отвода поверхностного стока. Одновременно с регулированием стока на водосборах проводят закрепление склонов оврага и залужение ложбин стока.

Растительность защищает склоны от смыва и снижает скорость течения поверхностных вод. При замедлении скорости потока происходит отложение тонких взвешенных частиц. Последние служат дополнительным источником питательных элементов и, с другой стороны, способствуют дальнейшему выполаживанию оврага.

Условия для прорастания семян и развития посаженных растений на склонах оврагов, как правило, неблагоприятные. Растениям не хватает питательных элементов. В породе возможны избыточные концентрации солей. В корнеобитаемом слое складывается неблагоприятный водный режим, в летний период возможно резкое иссушение. Поэтому подбор растений следует производить тщательно, лучше из видов, проверенных опытным путем, или местных, приспособленных к данным климатическим условиям, видов.

Для залужения используют травянистые растения, которые по эрозионной устойчивости можно разделить на три группы. К группе высокой эрозионной устойчивости относятся корневищевые и корнеотпрысковые растения: иван-чай, подбел, манжетка, гусиная лапка, лютик ползучий и др. К группе средней эрозионной устойчивости относятся стержнекорневые растения (клевер, ястребинка, ромашка), которые способны предохранять почву лишь на небольшом расстоянии от корня. К группе слабой эрозионной устойчивости относятся растения с кистеобразной корневой системой (мятлик, полевицы, душистый колосок, тонконог, хвощ опушенный). Эти растения даже поверхностному размыву противостоят слабо. При естественном формировании оврага в балку встречаются все три группы растений.

Для ускорения процесса задернения используют растения первой группы. Вслед за залужением используют посадку кустарников и приемы лесомелиорации.

Типы мелиорации балок. Слабоэродированные балки и их ответвления оставляют под регулируемый выпас с улучшением травостоя, залуживанием. Проводят дискование, внесение удобрений, подсев трав. Эти территории можно использовать под плодовые сады. Балки, размытые донными оврагами, но со слабым размывом берегов, залужают и укрепляют лесопосадкой, посадкой кустарников. Балки, размытые донным оврагом с расчлененными промоинами, крутые склоны с маломощными почвами засаживают лесом и проводят технические мероприятия по укреплению оврагов.

Помимо укрепления вершин и склонов балок и оврагов для борьбы с водной эрозией используют лесопосадки на площадях, прилегающих к балкам и оврагам. Водорегулирующие лесные полосы располагают на границе между полевым и полезащитным севооборотами. Снегораспределительные лесные полосы в 2—3 ряда размещают между пашней и участками залужения. В ряде областей в степных и полупустынных условиях и на пахотных склонах создана сеть полезащитных лесных полос. При создании таких полос продольные полосы должны размещаться вдоль общего направления горизонталей.

Весь комплекс мелиоративных мероприятий приводит к регулированию снегового покрова, стока талых и ливневых вод, к сокращению, а порой и сведению до минимума водной эрозии. Однако следует подчеркнуть, что это дорогостоящее мероприятие, требующее больших трудовых усилий и методического совершенствования.

В последние годы для закрепления склонов оврагов стали применять полимерные соединения. Они дают положительный эффект в очень короткий срок и могут успешно применяться в сочетании с другими противозрозионными мероприятиями. Но противозрозионные полимеры — смолы — так же, как искусственные структуры, должны отвечать ряду требований: они должны не содержать токсичные соединения, быть проницаемыми для корней растений и, что очень желательно, содержать питательные компоненты.

Если овраги развиты настолько, что угрожают путям сообщения или населенным пунктам, то создают специальные противозрозионные гидротехнические сооружения.

Постоянные гидротехнические сооружения обычно необходимы при наличии большой водосборной площади и в тех оврагах, которые предполагают использовать в качестве постоянных водопусков. Вершинные сооружения — быстроток, перепады, консоли — должны пропускать концентрированный сток и при этом предотвращать дальнейший рост оврага. Эти сооружения делают из камня, бетона и

кирпичей. Одновременно с устройством сооружения в вершине оврага закрепляют дно оврага, устраивая, например, плетневые запруды.

3.5. Проблемы орошения и охрана почв от засоления

Наряду с элементами питания во многих регионах: мира фактором, лимитирующим урожай растений, является вода. Этот фактор управляем. Человечество регулирует водный режим орошением уже в течение тысячелетий. При достаточном количестве питательных веществ для урожая 1 ц зерновых необходимо примерно 10 мм доступной влаги. Для роста и плодоношения большинства растений оптимальным считают диапазон влажности почвы 65—80% от наименьшей влагоемкости. Следовательно, для получения урожая зерновых 50—80 ц/га необходим запас в почве доступной влаги соответственно 500—800 мм.

Во многих районах лесостепной и степной зоны, осадки, выпадающие за вегетационный период, не обеспечивают необходимого количества влаги для урожая. В полупустынях и пустынях, как правило, в летний: период осадки не поступают. Следовательно, для создания оптимального водного режима в этих районах необходимо орошение. В южных регионах орошение не только дает влагу сельскохозяйственным растениям, но благоприятно воздействует на окружающую среду. В мире в настоящее время оросительные системы действуют на площади более 260 млн. га. Оросительные воды поступают на посевы риса (50%), хлопчатника, масличных культур, кукурузы и других зерновых, многолетних трав и др.

При нарушении правил эксплуатации ирригационных систем при несовершенных их проектах возникают побочные неблагоприятные явления (вторичное засоление, осолонцевание, потеря гумуса, заболачивание, ирригационная эрозия и др.), которые снижают урожай и вызывают деградацию почв.

Проблема вторичного засоления почв

Вторичное засоление следует за орошаемым земледелием, превращая ежегодно во многих странах в бесплодные сотни тысяч гектаров поливных земель.

Главными причинами деградации почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию, строительство оросительных каналов в земле без гидроизоляции, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, орошение минерализованной водой. Коэффициент полезного действия действующих оросительных систем в мире в среднем составляет 30—40%, т. е. больше половины воды расходуется не по назначению. Современный опыт мелиорации в нашей стране и ряде зарубежных стран показывает, что КПД может быть увеличен до 80—85%.

Засолению подвергаются прежде всего те почвы, где оросительные системы не имеют дренажных устройств. Орошаемые воды при фильтрации вызывают повышение уровня почвенно-грунтовых вод. При поверхностном способе орошения скорость подъема уровня почвенно-грунтовых вод на нерисовых оросительных системах около 1 м, под культурой риса она возрастает в 3—5 раз. Орошение дождеванием вызывает подъем грунтовых вод на 0,3—0,7 м в год, т. е. при поверхностном способе орошения за 8—10 лет грунтовые воды поднимаются до критического уровня (1,5—2,5 м), вызывая засоление, солонцевание или заболачивание.

Подстилающие грунты северных лесостепных зон и областей бессточных низменностей затронуты содовым и содово-сульфатным соленакоплением, а территорий, связанных с морскими трансгрессиями, сульфатно-хлоридным и хлоридным. Грунтовые воды этих территорий минерализованы. Их поднятие при орошении и испарении сопровождается накоплением солей в почвенном профиле.

Помимо вертикального движения солей следует принимать во внимание и горизонтальное их перераспределение, вызванное

различием положения участков по рельефу или комплексностью почвенного покрова.

Наиболее токсично содовое засоление. Оно вызывает резкую смену реакции почвенного раствора (рН 9—11), состава поглощенных катионов, вызывает пептизацию коллоидов, повышает мобильность органического вещества, ухудшает воднофизические свойства почв, прежде всего ее структурное состояние. В черноземах при орошении исходная водопрочная зернистая или мелкокомковатая структуры пахотного горизонта быстро разрушаются. Появляется глыбистость, слитость, склонность к образованию поверхностной корки после поливов и дождей.

Процесс слитообразования ведет к понижению содержания доступной растениям влаги, к ухудшению воздухообмена, затрудняет их обработку, дренирование и промывку от солей.

Проблема качества поливных вод

Для орошения пригодны воды с концентрацией солей до 1 г/л. Большинство рек, воды которых использовали для орошения, имели концентрацию солей 0,2—0,3 г/л. В настоящее время минерализация воды в реках увеличилась до 0,8—1,5 г/л, при этом карбонатно-кальциевый состав ее стал меняться на сульфатно-магниевый, сульфатно-натриевый, хлоридно-натриевый и карбонатно-натриевый. Это связано с зарегулированностью стока рек, увеличением стока дренажных и промышленных вод, возрастанием роли испарения. В практике ряда стран имеется опыт использования для полива высокоминерализованных вод (5—6 г/л). Предельно допустимой минерализацией для орошения почв среднего и тяжелого механического состава считают 2—3 г/л, а для супесчаных и песчаных — 10—12 г/л.

Воды повышенной минерализации и особенно щелочные воды вызывают вторичное осолонцевание почв.

С повышением концентрации солей в воде должен меняться режим орошения. На каждый 1 г соли в оросительной воде необходимо добавлять на дренажный сток 5—10% водозабора,

при этом потребность в дренаже и вегетационных промывках возрастает.

При содовых оросительных водах с концентрацией 0,3—1,5 г/л доля вывода дренажных вод повышается до 30—50% от водозабора. При этом целесообразно применение химической мелиорации воды или почв.

Охрана орошаемых вод

Типы и режимы орошения не одинаковы для разных природных зон, разных видов культур и разного уровня урожаев. Во влажном климате лесных и лесостепных областей рекомендуют полив в сухие периоды года овощей и трав.

В неравномерно сухом климате саванн, степей и прерий орошение должно применяться дополнительно к атмосферному увлажнению из обязательно закрытых трубопроводов и каналов. Здесь не должен проектироваться «заданный» стандартный график поливов. Ирригационная техника должна быть мобильной, чтобы давать или прекращать полив в зависимости от потребности растений. В области полупустынь и пустынь орошение — основа земледелия.

Во избежание потерь поливной воды и вторичного засоления рекомендуют:

1. Закрытую сеть каналов, исключаящую фильтрацию воды.
2. Дренажные сооружения, обеспечивающие удержание соленых, грунтовых вод на глубине не ближе 2,5—3 м.
3. Капитальные промывки почв, если они засолены, для удаления солей из корнеобитаемого горизонта.
4. Регулярные вегетационные поливы с дренажным водоотводом.

Для охраны почв от содового засоления и слитости желательна химическая мелиорация (внесение гипса), применение физиологически кислых и Са-содержащих удобрений, введение в севооборот многолетних трав. Режим орошения должен исключать переувлажнение и иссушение почв. При орошении необходима высокая культура земледелия, строгое

соблюдение технологических норм. Необходима организация постоянно действующей контрольной службы на оросительных системах в целях мониторинга водно-солевого режима орошаемых почв, их структурного и гумусного состояния, для предотвращения деградации орошаемых почв и поддержания их высокого плодородия.

Список использованной литературы:

1. Анисимов М.В. Влияние агрессивных сред на человека.- Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2004.-19с.
2. Блага Н.Н., Рудык А.Н. Нормирование рекреационных нагрузок на городские и пригородные ландшафты: основные аспекты, Ученые записки Таврического национального университета, 2001. – Т. 14 (53), №1.
3. Владимиров А.М.Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеиздат, 1999.- 356с.
4. Волошина А.П., Евневич Т.В., Земцова А.И. Руководство к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии/под.ре. Хромова С.П. М.: Изд-во МГУ, 1995
5. Гарин В.М., Кленова И.А., Колесников В.И. Экология для технических вузов/Под ред. Колесникова В.И.- Ростов н/Д.: «Феникс», 2001.-384с.
6. Ивлев Е.А., Липатов В.В. Биоэлектрическая очистка грунтов/Экологические системы и приборы, №8, 2003г.- С. 17-18.
7. Космическая биология и медицина /Под ред О.Г. Газенко.-М.: Наука, 1994.-295с.
8. Лесной кодекс Российской Федерации / правовая система «Гарант»
9. Лукашевич О.Д., Колбек М.В. Практические работы по экологии и охране окружающей среды . Методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2004.-81с.
10. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод.- М.: Высш. шк., 1987.- 479с.
11. Овсянников И. В. Противопожарное устройство лесов. – М.: 1978
12. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Под.ред Ю.П. Пивоварова. Гигиена и основы экологии человека .-2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2006.-528с..
13. Природные рекреационные ресурсы, Российское

экологическое федеральное информационное агентство, [http:// www. refia.ru/ index php14+2](http://www.refia.ru/index_php14+2) Уголовный кодекс Российской Федерации / правовая система «Гарант»

14. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (с изменениями от 22 августа, 29 декабря 2004 г.) / правовая система «Гарант»

15. Химия окружающей среды /Под. Ред. О.М. Бокриса.-М.: Химия, 1982.-672с.

16. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация: (Водоотведение и очистка сточных вод).- М.:Стройиздат, 1987.-424с.