
Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

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

Кафедра Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Утверждаю:
Заведующий кафедрой РЭТЭМ
д-р техн.наук _____ В.И. Туев

**Основы коррекции и оздоровления экологических
ситуаций в трех средах**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Разработчик:
доцент кафедры РЭТЭМ
канд. биол. наук
Е.Г.Незнамова

Томск 2016

Оглавление

Введение.....	4
1 Экологические аспекты функционирования урбанизированных территорий	5
1.1 Краткая характеристика урбанизации.....	5
1.2 Климат города	7
Климатические условия крупного современного города, создаваемые самим городом.....	7
1.3 Изменение состояния компонентов окружающей среды в городе.....	8
1.3.1 Загрязнение атмосферы	8
1.3.2 Загрязнение водных объектов	9
1.3.3 Загрязнение почвенного слоя.....	10
1.4 Функциональное зонирование территорий города	11
1.5 Ландшафт города.....	19
1.6 Шум и городская среда.....	22
1.7 Роль зеленых насаждений в жизни города	27
2 Методы очистки сточных вод. Сравнительная характеристика	32
2.1 Механические методы	34
2.1.1 Процеживание	35
2.1.2 Отстаивание	37
2.1.3 Очистка воды в поле действия центробежных сил.....	42
2.1.4 Фильтрация	43
2.2 Химические методы	44
2.2.1 Нейтрализация	45
2.2.2 Окисление	45
2.3 Физико-химические методы.....	46
2.3.1 Электролиз	46
2.3.2 Флотация	47
2.3.3 Сорбция	50
2.3.4 Коагуляция.....	51
2.3.5 Ионный обмен	53
2.3.6 Гиперфильтрация	56
2.3.7 Экстракция	57
2.3.8 Выпаривание.....	58
2.3.9 Флокуляции	58
2.4 Биологические методы	61
2.4.1 Аэробная очистка сточных вод.....	63

2.4.2 Анаэробные системы очистки.....	69
2.5 Комбинированный метод	70
3 Проблема эродированных территорий и меры по оздоровлению ситуации	72
3.1 Классификации водной эрозии	74
3.1.1 По морфологическим признакам	74
3.1.1.1 Плоскостная эрозия.....	75
3.1.1.2 Линейная эрозия.....	76
3.2.1 По темпам развития	78
3.2.2.1 Нормальная эрозия.....	78
3.2.2.2 Ускоренная эрозия	78
4 Формы водной эрозии.....	79
4.1 Речная эрозия.....	79
4.2 Сель.....	80
4.3 Оползень	81
4.4 Ирригационная эрозия	82
5 Факторы водной эрозии почв.....	83
5.1 Климат	83
5.2 Рельеф.....	85
5.3 Почвообразующие породы.....	87
5.4 Растительный покров.....	87
5.5 Антропогенный фактор	88
6 Меры предотвращения водной эрозии почв.....	89
6.1 Организационно-хозяйственные мероприятия.....	90
6.2 Агротехнические мероприятия	92
6.3 Лесомелиоративные мероприятия	94
6.3.1 Стокорегулирующие лесные полосы	95
6.3.2 Прибалочные лесные полосы.....	96
6.3.3 Приовражные лесные полосы	97
6.4 Лугомелиоративные мероприятия.....	101
6.5 Гидротехнические мероприятия	102
Список используемых источников	106

Введение

В первой части данного пособия рассматривается проблемы функционирования городских территорий как экосистем, являющихся основным местообитанием человечества и воздействующих на все компоненты окружающей среды. Во второй части рассматриваются методы очистки сточных вод как основная мера по защите гидросферы. Противоэрозионные мероприятия составляют основу третьей части пособия и наглядно показывают все многообразие приемов, позволяющих сохранить плодородную почву для будущих поколений.

1 Экологические аспекты функционирования урбанизированных территорий

1.1 Краткая характеристика урбанизации

Урбанизация — объективный процесс повышения роли городских территорий в развитии общества, обусловленный потребностями общества, производства, характером общественного строя.

На территории России все населенные пункты подразделяются на две категории: города и поселки городского типа; сельские населенные пункты. Для признания населенного пункта городом необходимы два условия:

1) Численность населения, постоянно проживающего в данном населенном пункте, не менее 10—12 тыс. человек.

2) социальный состав — не менее 85% проживающих должны составлять рабочие и служащие. В иных случаях населенный пункт признается сельским (если большинство его жителей занимается сельским хозяйством), либо рабочим поселком (если большинство его жителей заняты в промышленности или на транспорте), дачным поселком (если большинство его жителей используют данный пункт в качестве базы для отдыха) или курортным поселком (если не менее половины его жителей являются приезжающими для отдыха или лечения) [1].

В настоящее время город перерос в городскую агломерацию — пространственно и функционально единую группировку поселений городского типа, составляющую общую социально-экономическую и экологическую систему. Агломерация в пределах страны или региона характеризуется функциональными связями, сформировавшимися в результате производственной деятельности и производственных отношений. Различают конурбацию и мегалополис.

Конурбаций — группа близко расположенных и экономически связанных между собой городов. Примерами конурбаций являются Большой Лондон, Большая Москва и т.п. [2].

В наиболее развитых странах в результате разрастания городских агломераций появились гиперурбанизированные районы — мегалополисы.

Мегалополис — очень крупная городская агломерация, включающая многочисленные жилые поселения, т.е. функциональное соединение ряда городских агломераций. Численность населения мегалополиса значительно превышает 1 млн человек. На территории США расположены три крупнейших мегалополиса. На северо-востоке США в результате слияния агломераций Бостона, Нью-Йорка, Филадельфии, Балтимора и Вашингтона образовался крупнейший мегалополис с населением 40 млн человек, занимающий 150 тыс. км². Другой мегалополис, насчитывающий 30 млн жителей, сформировался на южном побережье Великих озер (Чикаго, Детройт, Кливленд, Питтсбург). Мегалополис Южной Калифорнии (Лос-Анджелес, Сан-Диего) концентрирует более 11 млн человек [3].

Одно из первых мест в мире по темпам урбанизации занимает Япония. На тихоокеанском побережье в результате срастания Токио, Иокогамы, Киото, Нагой и Кобе образовался мегалополис, в котором проживает 60 млн человек — более 40% населения страны - на площади, незначительно превышающей 1% общей площади архипелага.

Проблема современных крупных городов усугубляется резкой недостаточностью природно-пространственных ресурсов. Поэтому большое значение должно уделяться вопросам планировки городов. Под планировкой населенных мест (городской планировкой) понимается отрасль архитектуры, рассматривающая вопросы комплексного упорядочения жизненного пространства на уровне регионов, групп населенных мест и отдельных городов и поселков городского типа. Она основывается на закономерностях общественного развития, анализе природных условий и всестороннем учете потребностей человека, прежде всего его экологических нужд [4].

Крупный город изменяет почти все компоненты природной среды — атмосферу, растительность, почву, рельеф, гидрографическую сеть, подземные воды, грунты и даже климат.

1.2 Климат города

Климатические условия в городах значительно отличаются от окружающих районов, причем эти отличия при прочих равных условиях тем больше, чем значительнее территория города. Перепады температур, относительной влажности, величины солнечной радиации между городом и его окрестностями иногда соизмеряются с передвижением в естественных условиях на 20° по широте.

На метеорологический режим города влияют следующие факторы:

- Изменение альбедо (отражательной способности) земной поверхности, которое для застроенных районов обычно меньше альбедо загородной местности.
- Уменьшение средней величины испарения с земной поверхности.
- Выделение тепла, создаваемого различными видами хозяйственной деятельности.
- Увеличение в черте города шероховатости земной поверхности по сравнению с загородной местностью.
- Загрязнение атмосферы различными примесями, образуемыми в результате хозяйственной деятельности.

Климатические условия крупного современного города, создаваемые самим городом

Крыши и стены городских построек и искусственные покрытия улиц нагреваются больше, чем естественная поверхность, и повышают температуру воздуха в городе.

Промышленные предприятия, отопительные системы и автотранспорт нагревают воздух над городом и загрязняют его дымом и газообразными продуктами сгорания, а тем самым и обогащают ядрами конденсации. В результате продолжительность солнечного сияния в городах снижена на 25—30 мин в день (Лондон), приток солнечной радиации также снижен (в крупных городах США в среднем на 15%), а температура воздуха повышена, особенно ночью и зимой. В среднем температура воздуха большого города на $1—2^\circ\text{C}$ выше, чем окружающей

местности, а максимальные температурные различия между ними достигают 5—8 °С и более. В связи с этим иногда наблюдается приток воздуха от окраин к центру города (городской бриз), а также усиление восходящих движений воздуха над городом с соответствующим образованием облаков.

В городе меньше дней со снегом, длиннее вегетационный период в садах и безморозный период. Относительная влажность воздуха в городе понижена в среднем на 6%, облачность и годовая сумма осадков увеличены на 10—15%. Повышенное содержание ядер конденсации в городском воздухе и ослабление скорости ветра в городе (в среднем на 25%) приводят к увеличению повторяемости туманов (в городах США на 30% летом и на 100% зимой) и к возрастанию их интенсивности. Дымные туманы (смоги) в ряде больших городов приводят к увеличению заболеваемости и смертности, в особенности от болезней дыхательных путей и сердечно-сосудистых. Распределение температуры, загрязнение воздуха, направление и скорость ветра зависят от расположения улиц, площадей и зелёных зон. Увеличение количества осадков над городом идет в ущерб другим районам, усиливая засушливость сельской местности.

1.3 Изменение состояния компонентов окружающей среды в городе

1.3.1 Загрязнение атмосферы

В крупных городах значительную долю выбросов в атмосферу дает автотранспорт. Среди отраслей промышленности особенно токсичные атмосферные выбросы обеспечивают предприятия цветной металлургии, химической, нефтехимической, черной металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Основными загрязнителями воздушного бассейна города являются диоксид серы, оксиды азота и углерода, твердые частицы (промышленная пыль). Выхлопные газы автомобилей содержат также повышенные количества свинца и озона. Все эти загрязнители отрицательно воздействуют на здоровье городских жителей. Так, диоксид серы повреждает респираторную систему

человека, вызывая кашель, боль в груди, одышку, сужение дыхательных путей. Во многих городах из-за загрязнения воздушного бассейна резко ухудшилось качество зеленых насаждений. Выхлопы автотранспорта существенно повышают концентрацию в атмосферном воздухе свинца, причем более интенсивное движение автомобилей приводит к большему загрязнению свинцом. Свинец попадает в почву, поверхностные и грунтовые воды, его активно аккумулируют растения: содержание свинца в придорожных растениях примерно в 100 раз больше, чем в растениях, произрастающих в относительно незагрязненных районах. Использование таких растений в пищу может привести к отравлению организма свинцом.

1.3.2 Загрязнение водных объектов

В городах складывается неблагоприятная ситуация с водными объектами, которые сильно загрязнены промышленными и бытовыми стоками. Качество воды, используемой в России в питьевых целях, очень низкое. Всемирная организация здравоохранения рекомендует проводить контроль питьевой воды по 100 показателям, нарушение которых даже в малой степени сказывается на здоровье населения. В России контроль предусматривается всего лишь по 20 показателям, причем довольно часто этот стандарт нарушается. По результатам исследований (1992 г) было установлено, что каждая четвертая проба не отвечала требованиям по санитарно-техническому составу, а каждая восьмая — по микробиологическим показателям.

Следует отметить, что непосредственно для питьевых целей используется незначительная часть воды, предоставляемой населению для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд. Так, по результатам исследований в г. Акрон (США) структура расхода водопроводной воды выглядит следующим образом: купание — 37%; смыв унитаза — 41%, приготовление пищи — 6%, поддержание чистоты в квартире — 3%, стирка белья 4%, поливка сада — 3%, мытье автомашин — 1%, питьевая вода — 5%. Поэтому представляется целесообразным использование индивидуальных средств очистки питьевой воды, которые позволяют получать

достаточное количество питьевой воды значительно лучшего качества, чем водопроводная.

1.3.3 Загрязнение почвенного слоя

Постоянно ухудшается и качество городских земель. Почвы урбанизированных территорий подвергаются тем же вредным воздействиям, что и городской воздух и вода. Почва, в отличие от атмосферы, обладает некоторой способностью биологического самоочищения, однако нарушение природного механизма самоочищения вследствие физических, химических и механических воздействий способно привести ее к деградации. Почва города в значительной степени загрязнена бытовыми и промышленными отходами, уличным мусором.

Среди городских почв различают природные и насыпные. Насыпные почвы содержат значительное количество строительного мусора, из-за чего они отличаются высокой дренажностью и слабой водоудерживающей способностью. Эта особенность насыпных почв может привести к нарушению нормального водного режима. Кроме того, насыпные почвы обычно содержат больше гумуса, но при их уплотнении ухудшается воздухообмен, в результате чего угнетается жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, что может привести к ухудшению питания растений. Приведенные нарушения водного, воздушного и питательного режимов в конечном итоге отрицательно сказываются на развитии древесной растительности и ее долголетию.

Город поглощает колоссальное количество органической массы, снятой с почвы, которая не возвращается в нее, а сжигается на свалках, нагромождается в виде мусорных куч, смывается канализационными водами или поднимается в атмосферу. Значительный вред парковым биоценозам наносит сжигание листвы, в результате чего нарушается биогеохимический цикл питательных элементов почвы; почвы постепенно беднеют, состояние произрастающей на них растительности ухудшается. Кроме того, сжигание листвы на территории города приводит к дополнительному загрязнению городской атмосферы, поскольку при этом в воздух поступают те самые вредные загрязнители, которые были сорбированы листьями.

Тяжелее всего почва справляется с жидкими и твердыми токсичными отходами. Вследствие промышленных выбросов в ней накапливается избыточное количество химических соединений, губительно действующих на организм человека и животных. К таким веществам относятся соединения ртути, мышьяка, меди, свинца, фтора и других. Вокруг промышленных предприятий зачастую создаются зоны, почва которых сильно загрязнена подобными элементами. Так, в окрестностях суперфосфатного и ртутного комбинатов в зависимости от удаленности от него 1 кг почвы может содержать от 1,3 до 4,6 мг ртути. Соединения серы вызывают подкисление почв, а аммиак, сода и соединения магния — ощелачивание. Избыточное накопление в почве различных элементов в токсичных концентрациях непосредственно и косвенно влияет на растения, снижает продуктивность зеленых насаждений.

1.4 Функциональное зонирование территорий города

В создании того или иного города принимают участие различные факторы. Факторы, которые являются основными в этом процессе и непосредственно влияют на его рост, называют градообразующими. Соответственно, предприятия, которые явились причиной возникновения города и значение которых выходит за его пределы, называют градообразующими предприятиями. К ним относят промышленные предприятия (заводы, фабрики, электростанции), крупные транспортные узлы, морские вокзалы и аэропорты, правительственные и научные учреждения, санатории, дома отдыха и др. Учреждения и предприятия культурно-бытового обслуживания, работающие на градообразующую группу предприятий, называют обслуживающими. Это могут быть музеи, магазины, средние учебные заведения, предприятия местной легкой промышленности и т.д.

В России разрабатываются комплексные программы целесообразного размещения производительных сил внутри страны, в районах, богатых сырьем и топливом. В таких районах размещаются промышленные предприятия по производству металлов, топлива, энергии, химической продукции, строительных материалов, перерабатывающие производства. В непосредственной близости от

источников энергии создаются территориально-производственные комплексы, обеспечивающие освоение и переработку полезных ископаемых. В местах размещения таких производств возникают новые города и растут старые.

Структура планировки современных городов сложна и многообразна. Но в ней выделяют следующие функциональные зоны: промышленную, жилую, санитарно-защитную, внешнего транспорта, коммунально-складскую, зону отдыха.

Промышленная зона предназначена для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов.

Промышленные зоны формируют с учетом производственно-технологических, транспортных, санитарно-гигиенических и функциональных требований. Размещение предприятий на территории промышленной зоны, отнесение их к соответствующим классам в зависимости от санитарной классификации производств и выделяемых производственных вредностей, а также установление размеров санитарно-защитных зон производится в соответствии с требованиями строительных норм и правил по разработке соответствующих генеральных планов и строительных норм проектирования промышленных предприятий.

Проекты планировки промышленных зон разрабатываются с учетом градостроительных требований. Наиболее вредные предприятия, в том числе взрывоопасные и пожароопасные, располагают в отдалении от жилой зоны, причем с подветренной стороны, т.е. таким образом, чтобы господствующие ветры дули от жилой зоны на промышленную. При этом ориентируются на среднегодовую розу ветров или на одну из сезонных роз ветров (летнюю, зимнюю), построенных на основании многолетних наблюдений. Промышленные зоны с предприятиями, загрязняющими поверхность воды, размещаются по течению реки ниже жилой зоны и зоны отдыха.

Для улучшения процессов рассеивания выбросов в атмосферу предприятия располагают на более высоких отметках местности, увеличивая тем самым фактическую высоту выброса. Наоборот, предприятия с загрязненными промышленными площадками во избежание смыва загрязнений ливневыми водами

на жилую территорию должны размещаться на более низких отметках, чем жилая территория и зона отдыха.

Промышленные предприятия, требующие создания санитарно-защитных зон шириной более 3 км, должны размещаться за пределами населенных пунктов.

При реконструкции промышленных зон предусматриваются следующие мероприятия: упорядочение планировки и застройки района с выявлением территориальных резервов для размещения и развития перспективных предприятий, как старых, так и новых; ликвидация или перемещение мелких и устаревших предприятий и объектов, не имеющих территориальных резервов для дальнейшего развития, а также предприятий и объектов, оказывающих отрицательное влияние на жилую территорию, соседние предприятия и окружающую природную среду; упорядочение транспортных связей в зоне и ликвидация железнодорожных путей, пересекающих магистральные улицы на одном уровне и проходящих по жилым районам и набережным; улучшение внешнего благоустройства и озеленения промышленной территории, организация мест стоянок общественного и индивидуального транспорта.

Для экономичного использования инженерных коммуникаций, ремонтного, энергетического и транспортного хозяйства отдельные промышленные предприятия в настоящее время группируются в комплексы. Однако такое комплексообразование имеет некоторые недостатки, связанные с чрезмерной концентрацией агропромышленных предприятий и, как следствие, суммированием вредных воздействий. Поэтому при группировке предприятий кроме технологических признаков принимаются во внимание и некоторые санитарные показатели. Предприятия, выделяющие агрессивные газы и пыль, удаляются от других предприятий, чтобы не ставить рабочих и производимую ими продукцию под угрозу вредного влияния.

Санитарно-защитная зона предназначена для уменьшения отрицательного влияния промышленных и транспортных объектов на население. Эта зона пространства и растительности специально выделяется между промышленными предприятиями и районом проживания населения. Санитарно-защитная зона

обеспечивает пространство для безопасного рассеивания вредных промышленных отходов.

Ширина санитарно-защитной зоны определяется как расстояние между промышленной площадкой и жилым районом и рассчитывается на основе научных материалов по закономерности распространения воздушных загрязнений, наличию в атмосфере процессов самоочищения, а также норм предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. В соответствии с экологическими требованиями не менее 40% санитарно-защитной зоны должно быть озеленено. Озеленение территории промышленного предприятия и санитарно-защитных зон увязывают с системой и характером зеленых насаждений и природной зеленью в прилегающем районе, а также с окружающим ландшафтом.

Для посадки в санитарно-защитных зонах рекомендуется использовать пылегазоустойчивые породы растений, такие как клен американский, можжевельник казацкий, тополь канадский, крушина ломкая, роза морщинистая, бузина красная, туя западная и др. Вблизи металлургических и химических предприятий, могут нормально произрастать шелковица белая, боярышник обыкновенный, белая акация, ива белая.

В санитарно-защитных зонах наиболее целесообразны комбинированные посадки деревьев и кустарников в виде зеленых полос шириной 20—30 м через каждые 50—100—200 м в зависимости от ширины санитарно-защитной зоны. Иногда пространства между такими полосами используют для посевов полевых культур либо посадок овощей и плодово-ягодных культур. Однако в этом случае необходимо учитывать, что растения могут накапливать вещества, попадающие в атмосферный воздух и почву, а при употреблении в пищу будут являться источником дополнительного поступления вредных веществ в организм.

Организация санитарно-защитной зоны не исключает необходимости оборудования предприятий очистными сооружениями, а является всего лишь дополнительным мероприятием в рамках борьбы с загрязнением городской среды.

Жилая (селитебная) зона предназначена для размещения жилых районов, общественных центров (административных, научных, учебных, медицинских и др.),

зеленых насаждений. В ней запрещено строительство промышленных, транспортных и иных предприятий, загрязняющих окружающую человека среду.

Жилую зону размещают с наветренной стороны для ветров преобладающего направления, а также выше по течению рек по отношению к промышленным и сельскохозяйственным предприятиям с технологическими процессами, являющимися источником выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ. Преобладающее направление ветров определяется по средней розе ветров летнего и зимнего периодов года (с учетом суточного хода) на основе данных многолетних наблюдений гидрометеостанций. В районах с противоположным направлением преобладающих ветров в летний и зимний периоды года жилые районы располагают слева и справа от указанных направлений ветров по отношению к промышленным предприятиям.

Основным структурным элементом жилой территории городов и поселков считается микрорайон. В пределах микрорайона кроме жилых зданий размещаются учреждения и предприятия первичного обслуживания. Территорию микрорайонов должны пересекать магистральные и жилые улицы.

На жилой территории городов формируются жилые районы, состоящие из микрорайонов, объединяемых общественным центром с учреждениями и предприятиями обслуживания районного значения. Формирование жилых районов осуществляется с учетом членения жилой территории на планировочные районы естественными и искусственными рубежами (реками, каналами, водоемами, зелеными насаждениями, железными дорогами и др.). В зависимости от местных условий и величины населенных пунктов в пределах планировочных районов, могут размещаться несколько жилых районов, границами которых помимо перечисленных естественных и искусственных рубежей служат также магистральные улицы городского значения.

На территории общественных центров городов и других населенных пунктов размещают общественные здания и сооружения районного и городского значения, зеленые насаждения общего пользования, а также автостоянки. В пределах

общественных центров предусматривают пешеходные улицы, связанные с остановочными пунктами общественного транспорта.

Концентрация населения в крупных городах сопровождается повышением плотности застройки и этажности зданий, сокращением территорий для учреждений обслуживания и площади под зелеными насаждениями, нарушением правильного функционального зонирования селитебной территории, повышением уровня шума на придомовых участках, в жилых помещениях, внутри микрорайонов и кварталов.

Проживание в жилых зданиях в 16 этажей и более связано со значительными неудобствами, особенно для больных людей преклонного возраста (боязнь высоты, неприятные ощущения при пользовании скоростными лифтами). Дальнейшее повышение этажности (до 16—20 и более) может быть эффективно лишь в том случае, если необходимые большие разрывы между зданиями будут интенсивно использоваться для организации отдыха, размещения спортивных площадок, некоторых объектов обслуживания. 16—20-этажная застройка имеет и некоторые преимущества по сравнению с 5—9-этажной: в расчете на одного жителя площадь застройки уменьшается на 30—60%, площадь проездов — на 25—50%, а размер территории микрорайона — на 10—22%.

Коммунально-складская зона предназначена для размещения торговых складов, складов для хранения овощей и фруктов, предприятий по обслуживанию транспорта (депо, автопарки), предприятий бытового обслуживания (фабрики-прачечные и фабрики химической чистки) и т.д. Коммунально-складскую зону размещают вне жилой территории, зачастую на территории санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Зона внешнего транспорта служит для размещения транспортных коммуникаций пассажирских и грузовых железнодорожных станций, портов, пристаней. В наиболее крупных городах, расположенных на главных железнодорожных магистралях, как правило, предусматриваются обходные железнодорожные линии для пропуска транзитных грузовых поездов без захода в город. Новые сортировочные станции размещают за пределами городов, а новые технические станции и парки резервного подвижного состава, контейнерные площадки — за пределами селитебной территории. Жилую застройку городов и

других населенных пунктов рекомендуется отделять от железнодорожных линий санитарно-защитной зоной шириной 100 м, считая от оси крайнего железнодорожного пути. При размещении железнодорожной линии в выемке санитарно-защитная зона может быть уменьшена; 50% ширины санитарно-защитной зоны должно быть озеленено.

Новые морские и речные порты рекомендуется размещать за пределами жилых территорий на расстоянии не менее 100 м от границы жилой застройки. Речные порты и судоремонтные предприятия речного транспорта по правилам необходимо размещать вне зоны санитарной охраны основных водозаборных сооружений, ниже жилой застройки по течению реки.

Скоростные дороги и дороги грузового движения размещают на территориях санитарно-защитных зон, на неудобных для жилой застройки землях, а на селитебных территориях — при обеспечении полной изоляции скоростного движения транспорта от пешеходов и местного движения. Расстояние от края проезжей части скоростных дорог и дорог грузового движения до красной линии жилой застройки рекомендуется не менее 50 м.

Зона отдыха включает городские и районные парки, лесопарки, спортивные комплексы, пляжи, дачные поселки, курорты, места туризма.

По функциональному назначению выделяют три основных типа лесопарков: прогулочные, спортивные и полифункциональные. Наиболее распространенный тип лесопарков — прогулочный, формирующийся вблизи жилого района и выполняющий рекреационную оздоровительную функцию. Степень его благоустройства зависит от уровня посещаемости и рекреационной нагрузки. По мере роста города он часто трансформируется в городской парк. Спортивные лесопарки размещают в системе рекреационных территорий пригородной зоны и используют для занятий горнолыжным, санным, конным, водным и другими видами спорта. Полифункциональные лесопарки выполняют одновременно несколько функций: прогулочную (отдых, спорт и туризм), природопознавательную и природоохранную. Значительным резервом территорий зоны отдыха являются участки, нарушенные в результате производственной деятельности человека.

Освоение этих неудобных земель дает значительный градостроительный и гигиенический эффект. Примером преобразования неудобных и непригодных для застройки земель в зону отдыха является Нижний Новгород. Для территории этого города были типичны овраги протяженностью более 20 км, которые служили местом свалок, ускоряли развитие эрозии городской территории, отрицательно влияли на состояние окружающей среды города, обуславливали дробность и мозаичность планировочной структуры, чересполосицу промышленных, жилых и складских территорий. Превращение этой части города в озелененные зоны отдыха значительно улучшило условия внешней городской среды, а также повысило эффективность использования городской территории.

В условиях острого дефицита жилых земель градостроители идут по пути максимальной интенсификации застройки: повышается этажность застройки, создаются принципиально новые структуры жилых домов и общественных зданий. Однако возможности повышения плотности застройки не безграничны. Кроме того, при расширении городов новые территории застройки, как правило, отдалены от сложившихся центров города и от мест приложения труда, их освоение связано с дополнительными затратами на строительство дорог, коммуникаций, а также на приобретение транспортных средств. Решению этих проблем может способствовать широкое использование подземного пространства для объектов городского строительства.

В планировке и застройке городов России подземное пространство используется в основном для прокладки инженерных коммуникаций. Размещение других объектов в подземном пространстве по заранее намеченному градостроительному плану весьма ограничено и носит эпизодический характер. В наиболее крупных городах построен или строится метрополитен с подземными тоннелями и станциями; в последние годы создаются подземные транспортные и пешеходные тоннели на пересечениях магистралей с интенсивным движением транспорта. Однако уже наметилась тенденция более широкого использования подземного пространства. В подземном пространстве могут быть размещены АТС и

различные наземные автоматические устройства, приемные пункты службы быта, предприятия связи, торговые учреждения, гаражи для личных автомобилей.

Широкое использование подземного пространства в градостроительстве будет способствовать улучшению социальной организации и условий жизни населения, а также созданию комплексных, рационально спланированных, удобных и экономичных городов [7].

1.5 Ландшафт города

Ландшафты современного города относятся к ландшафтам, преобразованным, где элементы, привнесенные в результате деятельности общества, преобладают над естественным. Городской ландшафт иногда называют урбанизированным, подчеркивая этим крайние формы его преобразования и черты искусственности.

По степени урбанизированности ландшафты города группируют следующим образом:

- Типично городские ландшафты (обычно это центральные районы крупных городов).
- Городские ландшафты с включением элементов природы.
- Природные ландшафты с включением искусственно созданных элементов.
- Природные ландшафты.

В зависимости от экологической и функциональной структуры города выделяют восемь видов ландшафтов:

1. Индустриальные — промышленные образования с выраженным силуэтом, занимающие значительные территории.

2. Коммуникационные ленточные — антропогенные образования, представленные не только лентой железной или автодороги, но и прилегающими к ним придорожными полосами; в последнее время к этому типу ландшафтов предъявляют требования рекреационного характера: усиление живописности, сокращение портящих пейзаж строений.

3. Девастированные — появляются как результат горнодобывающей и другой хозяйственной деятельности, ведущей к снятию растительного покрова, почвы и образованию карьеров с оголенной горной породой; они подлежат плановой рекультивации с дальнейшим использованием земель для лесного и сельского хозяйства или создания рекреационных объектов.

4. Агрокультурные — ландшафты сельских поселений (пригородные деревни, села, хутора), производственных зон совхозов и колхозов, пашен, лугов, садов.

5. Лесохозяйственные — природные лесохозяйственные угодья, чаще приобретающие облик рекреационных.

6. Гидроморфные — водные пространства, имеющие разное функциональное назначение.

7. Рекреационные — новый тип ландшафтов для отдыха городского населения [8].

Все перечисленные ландшафты взаимосвязанные посредством комплексного ландшафтного планирования, которое предполагает тесное сотрудничество всех отраслей хозяйства, принимающих участие в землепользовании и организации территории. Формирование ландшафта города как жизненной среды человека имеет два аспекта: создание благоприятных санитарно-гигиенических условий и пространственная организация различных видов деятельности (труда, быта, отдыха и т.д.). В решении таких градостроительных вопросов, как разработка архитектурно-планировочной структуры города с максимальным учетом и выявлением природных факторов; создание развитой водно-зеленой системы, регулирующей санитарно-гигиенический режим и обеспечивающей население местами отдыха; индивидуализация образа современного города; большую роль играет ландшафтная архитектура. Она стремится к достижению трех основных целей: реализации задач по функционально-пространственной организации среды жизни человека, преобразованию пейзажей при сохранении их природных (экологических) особенностей, решению эстетических проблем. При проектировании городов необходимо увязывать в единое целое все компоненты окружающей среды —

рельеф местности, водные поверхности, растительность и т.д. Особое внимание следует уделять оценке водных ресурсов. Достоинством природно-градостроительной ситуации является наличие естественных или искусственных водоемов и потенциальных возможностей для обводнения территории города (реки, озера, водохранилища, старицы, овраги). Очень важно обеспечить сохранение прилегающих к ним участков для создания садов, парков, зон отдыха.

Ликвидация нарушений рельефа, озеленение, создание больших и малых водоемов, проведение мелиоративных мероприятий, инженерной подготовки территории необходимо в первую очередь на въездах в города, вблизи основных транспортных коммуникаций, в зонах отдыха и на участках, примыкающих к селитебным территориям.

Наряду с мероприятиями по охране важнейших компонентов окружающей среды во всех функциональных зонах города следует предусматривать проведение комплекса инженерных, биологических и планировочных мероприятий, обеспечивающих высокую эстетическую ценность тех или иных ландшафтов. Особое внимание при этом должно уделяться следующим мероприятиям:

- Ликвидации «ничейных» заброшенных территорий с деградированным ландшафтом посредством их культивирования, озеленения и обводнения.
- Правильному выбору площадок для размещения малоценной, невыразительной в эстетическом отношении застройки.
- Приведению в порядок полос отчуждения, территорий, примыкающих к магистралям (с учетом их высокой геохимической токсичности), складских, коммунально-бытовых и других территорий.
- Предотвращению строительства безликих, не соответствующих природному окружению объектов, линий электропередач и других открытых инженерных коммуникаций в наиболее живописных местностях.
- Обоснованному с точки зрения учета особенностей местности размещению крупных инженерных сооружений, промышленных площадок и населенных мест;

- Созданию надлежащих условий панорамного обозрения местности при передвижении, главным образом посредством правильной трассировки автомобильных дорог.
- Приведению в единую взаимосвязанную систему всех природных мероприятий в пределах того или иного ландшафта.
- Постоянному поддержанию ландшафта в оптимальном состоянии, улучшению его биологических, эстетических и функциональных свойств.

1.6 Шум и городская среда

К числу наиболее сильных факторов, способных оказывать отрицательное воздействие на человека, относится шум. Шум является одной из форм вредного воздействия на окружающую природную среду. Загрязнение среды шумом возникает в результате недопустимого превышения уровня звуковых колебаний сверх природного фона. С экологической точки зрения в естественных условиях шум становится не просто неприятным для слуха, но и приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека.

Ухо человека способно воспринимать звуковые колебания с частотой в диапазоне от 16 до 20000 Гц. Все шумы принято делить на низкочастотные (ниже 350 Гц), среднечастотные (350—800 Гц) и высокочастотные (выше 800 Гц). При малой частоте колебаний звук воспринимается как низкий, при большей частоте — как высокий. Высокие звуки оказывают более неблагоприятное воздействие на слух и на весь организм человека, чем низкие, поэтому и шум, в спектре которого преобладают высокие частоты, более вреден, чем шум с низкочастотным спектром. Максимальный диапазон слышимых звуков для человека составляет от 0 до 170 дБ.

Непостоянный шум оценивается в эквивалентных уровнях звука, под которым понимается среднестатистический уровень звука непостоянного шума, оказывающий на человека такое же воздействие, как и постоянный шум того же уровня.

Естественные природные звуки на экологическом благополучии человека не отражаются: шелест листвы и мерный шум морского прибоя соответствуют

примерно 20 дБ. Звуковой дискомфорт создают антропогенные источники шума с высокими (более 60 дБ) уровнями шума, которые вызывают многочисленные жалобы. Уровни шума менее 80 дБ не вызывают опасности для слуха, при 85 дБ начинается некоторое ухудшение слуха, а при 90 дБ — серьезное нарушение слуха; при 95 дБ вероятность потери слуха составляет 50%, а при 105 дБ потеря слуха отмечается практически у всех лиц, подвергшихся шумовому воздействию. Уровень шума 110—120 дБ считается болевым порогом, а свыше 130 дБ — является разрушительным пределом для органа слуха.

Шум как экологический фактор приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности, неврозам, росту сердечно-сосудистых заболеваний, шумовым стрессам, ухудшению зрения и т.д. Постоянный шум способен вызвать перенапряжение центральной нервной системы, из-за чего жители шумных районов города в среднем на 20% чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями и на 18—23% — атеросклерозом и нарушениями нервной системы. Особенно отрицательно шум воздействует на функциональное состояние сердечной системы у детей.

Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. По данным австралийских исследователей, шум на 30% является причиной старения горожан, сокращая продолжительность жизни на 8—12 лет, толкает людей к насилию, суициду, убийству.

В настоящее время шумовые раздражения относятся к важным причинам расстройства сна, при этом такие нарушения влияют на эффективность отдыха и могут приводить к состоянию хронической усталости, сонливости со всеми вытекающими отсюда последствиями для работоспособности и восприимчивости к болезням. В ночное время шум способен кумулятивно накапливаться. Ночной шум в 55 дБ вызывает такие же физиологические эффекты, как дневной шум в 65 дБ; шум в 65—67 дБ, повторяющийся более 5 раз за ночь, причиняет значительный вред здоровью человека. Пороговое значение уровня шума, способного вызвать нарушение сна, составляет в зависимости от разных причин в среднем 40—70 дБ: у детей оно достигает 50 дБ, у взрослых — 30 дБ, а у людей пожилого возраста —

значительно ниже. Больше беспокойство шум вызывает у людей, занятых умственным трудом, по сравнению с работающими физически.

Транспортный шум создается моторами, колесами, тормозами и аэродинамическими особенностями транспортных средств. Уровень шума, создаваемый работой автомобильного транспорта (автобусы, легковые и грузовые автомобили) составляет 75—85 дБ. Железнодорожный транспорт способен повышать уровень шума до 90—100 дБ. Наиболее сильный шум — авиационный — создается работой двигателя и аэродинамическими характеристиками самолета — до 100—105 дБ над трассой воздушного транспорта. В зонах аэропортов статистически достоверно увеличивается число мертворождений и врожденных аномалий. Авиационный шум ведет также к увеличению числа психических расстройств. Максимальный допустимый уровень этого шума у поверхности земли определяется в 50 дБ.

В зависимости от происхождения различают шум бытовой, производственный, промышленный, транспортный, авиационный, шум уличного движения и пр. Бытовой шум возникает в жилых помещениях от работы теле- и радиоаппаратуры, бытовых приборов и поведения людей. Производственный шум создается в производственных помещениях работающими механизмами и машинами. Источником промышленного шума служат промышленные предприятия, среди которых выделяются энергетические установки, компрессорные станции, металлургические заводы, строительные предприятия, создающие высокий уровень шума (более 90—100 дБ). Несколько меньший шум возникает при работе машиностроительных заводов (80 дБ), типографий, швейных фабрик, деревообрабатывающих комбинатов (72—76 дБ).

Транспортный шум, возникающий за счет движения автотранспорта, составляет до 80% всего городского шума. Самым шумным городом в мире считается Рио-де-Жанейро, уровень шума в одном из его районов (Капакабана) значительно превышает 80 дБ [9].

При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливается такой уровень шума, действие которого в течение длительного времени не вызывает

изменений комплекса физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Нормативные уровни звукового давления и уровни звука для помещений жилых и общественных зданий, территорий микрорайонов, мест отдыха устанавливаются в соответствии с санитарными нормами допустимого шума.

Допустимый шум уличного движения у стен домов не должен превышать днем 50 дБ и ночью 40 дБ, а общий уровень шума в жилых помещениях — 40 дБ днем и 30 дБ ночью.

В качестве допустимых параметров авиационного шума на местности в условиях жилой застройки могут быть приняты максимальные уровни звука 75 дБ ночью и 85 дБ днем и эквивалентные уровни звука 55 дБ ночью и 65 дБ днем.

Наиболее частыми причинами повышенного уровня шума являются:

- Недостаточный территориальный разрыв для обеспечения шумозащиты населенных пунктов, территорий массового отдыха, курортов, лечебных центров.
- Нарушение нормативных документов или отсутствие учета санитарных норм при застройке и проектировании магистральных автодорожных и железнодорожных трасс, мест размещения аэропортов.
- Возрастание уровня шума из года в год по причине отсутствия новых бесшумных видов транспорта, увеличения мощности реактивных двигателей самолетов.
- Высокая стоимость шумозащитных сооружений, отсутствие разработок технико-экономического характера в этой области.

Эти причины в основном и определяют перспективный комплекс мероприятий по защите от шума.

Наибольшее значение имеет метод снижения шума на пути его распространения, включающий различные мероприятия: организацию необходимых территориальных разрывов между источниками внешних шумов и зонами различного хозяйственного назначения с нормируемым шумовым режимом, рациональную планировку и застройку территории, использование рельефа местности в качестве естественных природных экранов, шумозащитное озеленение.

Для снижения шума в градостроительной практике применяют естественные экранирующие сооружения, основанные на использовании рельефа местности — выемки, насыпи, овраги и т.д.

Исключительной способностью задерживать и поглощать шумовые воздействия обладают древесные и кустарниковые насаждения, высаженные вдоль автомагистралей. Многорядная полоса древесно-кустарниковых насаждений высотой 5—6 м способна значительно снижать уровень шума; наибольший эффект дают широкие полосы — при ширине полос 25—30 м наблюдается снижение уровня звука на 10—12 дБ А. Однако в зимний период защитная функция зеленых насаждений снижается в 3—4 раза. При разработке проектов детальной планировки и застройки автомагистралей защитный эффект может быть достигнут с помощью зонирования жилой территории. В зоне, непосредственно примыкающей к магистрали, следует располагать невысокие здания нежилого назначения, в следующей зоне — малоэтажную жилую застройку, далее — жилую застройку повышенной этажности и в наиболее удаленной от магистрали зоне — детские учреждения, школы, поликлиники, больницы и т.п. Значительное снижение уровня шума достигается при замкнутом типе застройки. Кроме градостроительных мероприятий для ликвидации шумового загрязнения используют комплекс других мероприятий — установку на оборудовании звукоизолирующих кожухов, глушителей выбросов. В некоторых странах, в частности в Германии, на многих военных и гражданских аэродромах, принимающих реактивные самолеты, созданы шумозащитные зоны, ограничена интенсивность полетов вплоть до запрета ночных полетов, введены ограничения для сверхзвуковых самолетов по времени, высоте, скорости. Для колесно-рельсового транспорта применяются технические способы снижения шума: звукопоглощающие колесные бленды, замена колодочных тормозов на дисковые и др. На отдельных участках магистралей стал применяться шумопоглощающий асфальт, имеющий высокую пористость из-за большего объема пустот (25% вместо 6% в обычном асфальте). Это позволило снизить уровень шума на дорогах Германии на 4—6 дБ.

1.7 Роль зеленых насаждений в жизни города

Зеленые насаждения города входят в состав комплексной зеленой зоны — единой системы взаимосвязанных элементов ландшафта города и прилегающего района, обеспечивающей комплексное решение вопросов озеленения и обновления территории, охраны природы и рекреации и направленной на улучшение условий труда, быта и отдыха населения.

Комплексная зеленая зона города состоит из ядра (территории городской застройки) и внешней зоны. В ядре выделяют:

1. Микрорайоны, кварталы.
2. Зеленые насаждения, в том числе общего пользования и специального назначения.
3. Улицы, дороги и площади.
4. Промышленные территории.

Внешняя зона включает:

1. Внегородскую застройку и промышленные территории.
2. Курорты и места отдыха (учреждения отдыха, лечения и туризма, спортивные комплексы, пляжи, дачные поселки).
3. Дороги (железные и автомобильные).
4. Зеленые массивы (пригородные леса, лесопарки, градозащитные лесные массивы, полезащитные и другие полосы).
5. Сады и виноградники, питомники.
6. Неозеленяемые территории (сельскохозяйственные и другие земли).
7. Водоемы.

По функциональному назначению зеленые насаждения подразделяют *на три группы*:

- 1) *Общего пользования* — общегородские парки культуры и отдыха, районные парки, городские сады, сады жилых районов и микрорайонов, бульвары, лесопарки.

2) *Ограниченного пользования* — зеленые насаждения на жилых территориях микрорайонов и жилых районов, на участках детских садов, школ, спортивных комплексов, учреждений здравоохранения, культурно-просветительных, административных и других учреждений, вузов, техникумов, ПТУ, промышленных предприятий и складов.

3) *Специального назначения* — насаждения на городских улицах и магистралях, территории санитарно-защитных и водоохраных зон, ботанические и зоологические сады, насаждения на территориях питомников, цветочных хозяйств, кладбищ и т.п.

Главными функциями зеленых насаждений современного города являются санитарно-гигиеническая, рекреационная, структурно-планировочная и декоративно-художественная.

Зеленые растения играют огромную роль в обогащении окружающей среды кислородом и поглощении образующегося диоксида углерода. Дерево средней величины за 24 часа восстанавливает столько кислорода, сколько необходимо для дыхания трех человек. За один теплый солнечный день гектар леса поглощает из воздуха 220—280 кг диоксида углерода и выделяет 180—220 кг кислорода. Разные растения способны выделять различные количества кислорода: сирень за период вегетации выделяет с поверхности листвы площадью 1 м² 1,1 кг кислорода, осина — 1,0 кг, граб — 0,9 кг, ясень — 0,89 кг, дуб — 0,85 кг, сосна — 0,81 кг, клен — 0,62 кг, липа мелколистная — 0,47 кг. Различаются растения также и по эффективности газообмена: если эффективность газообмена ели принять за 100%, то у лиственницы она составит 118, сосны обыкновенной — 164, липы крупнолистной — 254, у дуба черешчатого — 450, тополя берлинского — 691%.

Оптимальная норма потребления кислорода — 400 кг/год на 1 человека, т.е. столько, сколько его продуцирует 0,1—0,3 га городских насаждений. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) считает, что на 1 горожанина должно приходиться 50 м² городских зеленых насаждений и 300 м² пригородных [10].

Зеленые насаждения улучшают микроклимат городской территории, предохраняют от чрезмерного перегревания почву, стены зданий, тротуары, создают «комфортные условия» для отдыха на открытом воздухе.

Основные поверхности города, состоящие из асфальта, бетона, металла, слабо отражают радиационную энергию солнца, что является причиной формирования специфического городского микроклимата. Растения, обладающие некоторой прозрачностью, часть лучистой энергии пропускают, часть поглощают, а остальное — отражают, причем отражение солнечной энергии листвой в несколько раз превышает отражение твердыми городскими поверхностями. В инфракрасной, или тепловой, области солнечного спектра растения обладают очень высокой величиной альбедо — около 90%.

Тень от деревьев и кустарников защищает человека от избытка прямого и отраженного солнечного тепла. В средних широтах температура поверхности в зоне зеленых насаждений на 12—14 °С ниже температуры стен и мостовых. В тени деревьев в жаркий день температура воздуха на 7—8 °С ниже, чем на открытом месте. Если в летний день температура воздуха на улице выше 30 °С, то в сквере микрорайона она не будет превышать 22—24 °С. Температуру воздуха способны снижать даже травянистые газоны: в жаркий день на дорожке у газона температура воздуха на высоте роста человека почти на 2,5 °С ниже, чем на асфальтированной мостовой.

Интенсивность общей солнечной радиации на открытой городской территории в солнечные дни достигает 4,1 Дж/см² в минуту, тогда как среди зеленых насаждений — 0,5 Дж/см². Суммарная солнечная радиация под кроной отдельных видов деревьев почти в 9 раз меньше, чем на открытом пространстве.

Гигиеническое значение зеленых насаждений состоит в том, что они значительно понижают тепловую радиацию, поэтому тепловые ощущения человека ближе к комфортным именно среди зелени. По данным гигиенистов, зона комфортности находится в пределах 17,2—21,7 °С.

Увеличение относительной влажности воздуха связано с испаряющей способностью растительного покрова. Поверхность, покрытая растительностью,

испаряет в десятки раз больше влаги, чем лишенная зелени. С 1 м² газона испаряется до 200 г/ч воды, а 1 га леса за час испаряет в атмосферу 1—4,5 т. влаги.

Огромна роль зеленых насаждений в очистке воздуха городов. Задерживая потоки воздуха, растения поглощают содержащиеся в нем загрязняющие вещества — мелкодисперсные аэрозоли и твердые частицы, а также газообразные соединения, поглощаемые растениями или не включающимися в метаболизм растительными тканями. Процесс фильтрации воздуха можно разделить на две фазы: задерживание газов и аэрозолей и взаимодействие их с растениями.

Способность осаждавать пыль объясняется строением кроны и листвы растений. Когда запыленный воздух проходит сквозь этот естественный лабиринт, происходит своеобразная фильтрация. Значительная часть пыли задерживается на поверхности листвы, веток и ствола. При выпадении осадков она смывается и вместе с водными потоками уносится в почву и канализационную сеть.

Хвойные насаждения задерживают за год около 40 т/га пыли, а лиственные способны задерживать за сезон до 100 т/га пыли. У различных растений пылеулавливающие свойства неодинаковы: запыленность поверхности листьев вяза — 3,4 г/м², сирени венгерской — 1,6; липы мелколистной — 1,3; клена остролистного — 1,0; тополя бальзамического — 0,6 г/м².

Очень хорошо улавливают пыль газоны: листовая поверхность травы высотой 10 см на газоне площадью 1 м² достигает 20 м². Трава задерживает в 3—6 раз больше пыли, чем не покрытая зеленью земля, и в 10 раз больше, чем дерево. Даже сравнительно небольшие участки насаждений, занимающие незначительную часть квартала, снижают в летнее время запыленность городского воздуха на своей территории на 30—40%.

Многие растения выделяют фитонциды — летучие вещества, способные убивать болезнетворные бактерии или тормозить их развитие и оздоравливать окружающую среду. Фитонциды убивают туберкулезную палочку, белый и золотистый стафилококк, гемолитический стрептококк, холерный вибрион и др. Активными источниками фитонцидов являются белая акация, туя западная, конский каштан, сосна обыкновенная, различные виды дубов. Один гектар можжевельниковых

насаждений за сутки выделяет 30 кг фитонцидов — этого количества достаточно для уничтожения всех микробов в большом городе.

Степень фитонцидности зависит в значительной степени от вегетационного состояния растений. Наибольшая противобактериальная активность отмечается в период почкования и цветения. В основном растения проявляют фитонцидные свойства летом, и лишь немногие — зимой. Фитонцидная активность зависит также от метеорологических факторов — уменьшается в пасмурную и дождливую погоду и увеличивается в теплую солнечную.

Зеленые насаждения снижают уровень городского шума, ослабляя звуковые колебания в момент прохождения их сквозь ветви, листву и хвою. Звук, попадая в крону, переходит как бы в другую среду, которая обладает значительно большим, чем воздух, акустическим сопротивлением, отражает и рассеивает до 74% и поглощает до 26% звуковой энергии. Летом насаждения снижают шум на 7—8 дБ, зимой — на 3—4 дБ.

Снижение шума зависит от плотности кроны, густоты листвы, расположения насаждений по отношению к источнику шума и пропорционально ширине озелененной полосы. Растительные экраны вдоль автомагистралей, состоящие из древесной растительности, уменьшают уровень шума от городского транспорта на 4,5—5,5 дБ, кустарниковые — на 10 дБ. Ряд насаждений высотой в несколько метров может снизить звук на 10 дБ на 1 м ширины полосы, особенно если деревья имеют густую и жесткую листву. Полоса насаждений шириной 200—250 м поглощает такое количество шума автомагистрали, что он не воспринимается как помеха, снижается до 35—45 дБ или соответствует количеству звука, который рассеивается на необлесенной территории на расстоянии 2 км от шоссе. Зеленая полоса шириной 100 м уменьшает шум не менее чем на 8 дБ. Хорошо развитые древесные и кустарниковые насаждения шириной около 40 м способны снизить уровень шума на 17—23 дБ, 30-метровая полоса с редкой посадкой деревьев — на 8—11 дБ, а небольшие скверы и редко посаженные внутриквартальные насаждения — на 4—7 дБ.

Даже узкие и однорядные посадки значительно снижают уровень шума, создаваемый транспортом. Наибольшей шумозащитной способностью отличаются клен, тополь, липа, вяз. Лучшие экранирующие свойства имеют смешанные насаждения, состоящие из деревьев и кустарников, особенно с хорошей горизонтальной и вертикальной сомкнутостью. Так, растительный экран из сосны черной и кустарника — кизильника обыкновенного, имеющий высоту 4,5 м и ширину 6 м, снижает уровень шума на 10—15 дБ.

Шумозащитная эффективность растительных экранов зависит от размещения насаждений. Наиболее целесообразно размещать шумозащитные насаждения параллельно; при этом звуки на краях насаждений многократно отражаются и диффузно рассеиваются, что снижает силу шума [11].

Зеленые насаждения оказывают эмоционально-психическое воздействие на человека. Природный ландшафт — естественный или искусственный — активно способствует восстановлению сил, возобновлению подвижного равновесия между организмом и окружающей средой, нарушаемого вследствие болезни, утомления и недостаточного пребывания на свежем воздухе. Природа снимает напряжение, успокаивает. Согласно цветовой теории, успокаивающее действие природы состоит в формировании в ней двух цветов — зеленого и синего. Важное значение имеет также своеобразное мягкое лесное освещение, богатство красок, аромат цветов, шелест листьев, пение птиц.

Эстетическую ценность урбанизированных ландшафтов повышают природные и искусственные акватории. Гармоничное сочетание водного зеркала с прибрежной зеленью делает эти уголки природы привлекательными для всех горожан.

2 Методы очистки сточных вод. Сравнительная характеристика

В реках и других водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает медленно. Пока промышленно-бытовые сбросы были невелики, реки сами справлялись с ними. В наш

индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь значительным загрязнением. Возникла необходимость обезвреживать, очищать сточные воды и утилизировать их.

Очистка сточных вод – это обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения - сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода) [12].

Очистка сточных вод проводится с целью устранения вредных и опасных свойств, которые могут привести к пагубным последствиям в окружающей среде. Применение различных технологий очистки направлено на нейтрализацию, обезвреживание или утилизацию ценных компонентов. Таким образом, выбор технологии очистки и оборудования зависит в первую очередь от свойств сточных вод и их отклонений от свойств природных вод. Другими словами, выбор метода очистки стоков зависит от вредных факторов (ВФ), которыми обладает сточная вода.

В качестве вредных факторов могут выступать не только токсические вещества (нефтепродукты, ПАВ, ионы тяжёлых металлов), но и такие обобщённые показатели, как агрессивность среды, общая жёсткость (выше допустимой), содержание аммонийного азота, окисляемость и др.

Наличие в сточной воде тех или иных вредных факторов определяется из анализа характеристик воды. Каждому ВФ может соответствовать группа показателей, т.е. наличие в воде ВФ может определяться несколькими характеристиками, и в случае отсутствия в воде какой-то характеристики отсутствует и ВФ. Кроме того, один и тот же показатель сточной воды может свидетельствовать о наличии сразу нескольких ВФ.

Вредные факторы сточных вод удобно выделить в классы и каждому классу сопоставить один или группу показателей, которые бы однозначно определяли этот класс. Эту группу показателей будем называть *идентификатором класса ВФ*.

Анализ многочисленных литературных источников позволил выявить несколько классов ВФ и множество методов, способных обезвреживать эти классы. Список некоторых выявленных классов ВФ, их идентификаторы и группы методов обезвреживания даны в таблице 1. Как видно из таблицы каждому типу сточных вод соответствует метод или группа методов, пригодных для их очистки. В то же время, многие методы очистки сточных вод позволяют удалять более одного типа загрязнений, что и применяется при проектировании и строительстве установок очистки воды и очистных сооружений [1].

Методы очистки сточных вод можно разделить на *механические*, *химические*, *физико-химические* и *биологические*, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется *комбинированным*. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей [12].

2.1 Механические методы

Сущность механического метода состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения - нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75% нерастворимых примесей, а из промышленных до 95%, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве [17].

Стоит заметить, что основана эта технология на способности сточных вод к самоочищению. Оседание взвешенных частиц, загрязняющих воду, на дно ёмкости (септика) обеспечивает не очень большая скорость течения стоков в септике. На дне ёмкости и происходит микробиологический

анаэробный процесс полного разложения с выделением специфически пахнущего метана. В слое щебня и прилегающих слоях грунта происходит окончательная очистка стоков. Вода, в зависимости от вида грунта, или уходит вниз, или же направляется в природную среду через дренажные трубы. Основные достоинства механического метода очистки - невысокая энергозависимость и стоимость. Тем не менее, данный метод требует промывания или замены щебня в канавах и регулярного удаления осадка из септика. Механический метод используют при небольшой плотности застройки и относительно малых (одного-двух кубометров в сутки) объёмах стоков [16].

К механическим методам относятся:

- Процеживание.
- Отстаивание.
- Очистка воды в поле действия центробежных сил.
- Фильтрация.

2.1.1 Процеживание

Процеживание - процесс извлечения довольно крупных включений из жидкости при прохождении ее через решетки, сетки, ткани, пористые материалы и т.д. Процесс осуществляется в двух вариантах:

1. На поверхности. При поверхностном процеживании из воды извлекаются все частицы, превышающие размеры пор фильтрующей основы или пор, формируемых задержанными частицами, которые сами образуют фильтрующий слой. При этом, чем меньше размеры пор фильтрующей основы, тем более высоким будет достигаемый эффект.

2. В глубине фильтрующего материала. Отложение взвешенных веществ в порах фильтрующей основы (объемное фильтрование) происходит, если их размер меньше размера пор и траектория движения частиц приводит к их контакту с поверхностью поровых каналов.

Этому способствуют:

- Диффузия за счет броуновского движения.
- Прямое столкновение.
- Инерция частиц.
- Прилипание за счет ван-дер-ваальсовых сил.
- Осаждение под действием гравитационных сил.
- Вращательное движение под действием гидродинамических сил.

Выбор поверхностного или объемного фильтрования обусловлен требуемым качеством фильтрата, свойствами воды и ее загрязнений, а также экономическими соображениями. При процеживании часто используют барабанные сетки (Рисунок 2.1) [14].

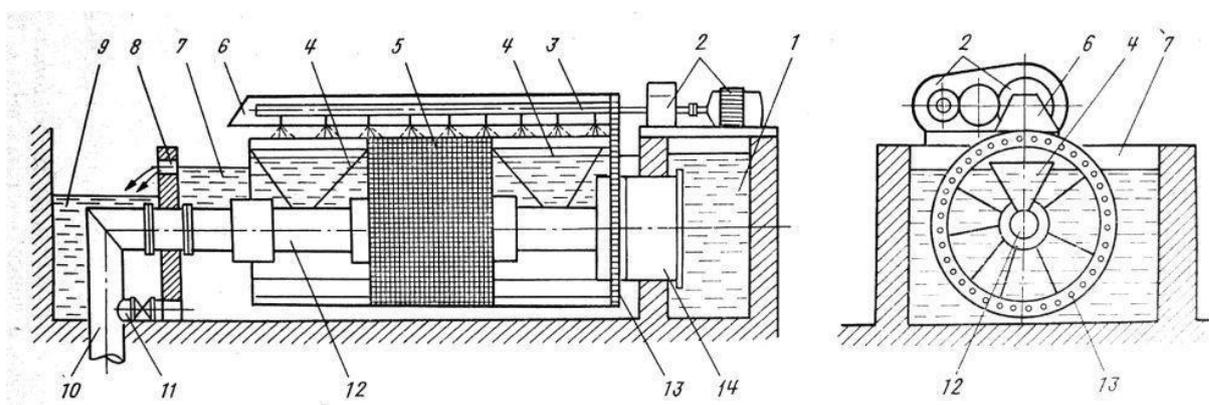


Рисунок 2.1 - Схема работы барабанных сеток

(9, 1 — канал профильтрованной и исходной воды; 2 — электропривод для вращения барабана; 3 — промывное устройство; 5 — фильтрующие элементы барабана; 6 — ограждение из оргстекла; 7 — камера; 8 — окна отвода фильтрата; 10 — отвод промывной воды; 11 — опорожнение; 12 — осевой трубопровод барабана с воронками 4 для сбора промывной воды; 13 — передаточный механизм; 14 — ввод исходной воды во внутрь барабана.)

Схема работы барабанных сеток. Из бокового канала исходная вода через перфорированную часть соосно расположенного полого вала вводится внутрь вращающегося барабана, фильтруется через сетку и проникает в камеру, а далее через окна отводится в канал фильтрата. При засорении сетки и достижении максимального перепада уровней воды автоматически

включается промывное устройство, которое промывает полосу сетки на верхней образующей барабана. Промывная вода собирается воронками и по глухой части полого вала отводится за пределы аппарата.

2.1.2 Отстаивание

Отстаивание – процесс извлечения веществ из воды, основанный на свободном оседании (всплывании) примесей с плотностью больше (меньше) плотности воды. Процесс отстаивания реализуют в песколовках, отстойниках и нефте-жироуловителях, которые, как правило, являются проточными, так как осаждение взвеси в них происходит при непрерывном движении воды от входа к выходу. Песколовки используют для очистки сточных вод от песка и частиц металла размером более 0,25 мм. В зависимости от направления движения сточной воды применяют горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды, тангенциальные, вертикальные и аэрируемые. Отстойники используют для очистки сточных вод от механических частиц размером менее 0,1 мм, а также от частиц нефтепродуктов. В зависимости от направления движения потока сточной воды применяют горизонтальные, вертикальные, радиальные, тонкослойные или комбинированные отстойники. Название отстойников дано в соответствии с направлением и характером движения воды в них.

По высоте в отстойниках различают зоны: осаждения, накопления и уплотнения осадка. Содержание взвешенных веществ в осветленной воде после отстойников не должно превышать 8—15 мг/л.

Горизонтальный отстойник — прямоугольный, вытянутый в направлении движения воды резервуар, в котором осветляемая вода движется в направлении, близком к горизонтальному, вдоль отстойника. Горизонтальные отстойники (Рисунок 3.2) устанавливают на очистных сооружениях с расходом сточных вод 10000 - 15000 м³/сут. Для равномерности распределения воды в поперечном сечении отстойника его

объем делят в продольном направлении перегородками на самостоятельно действующие секции.

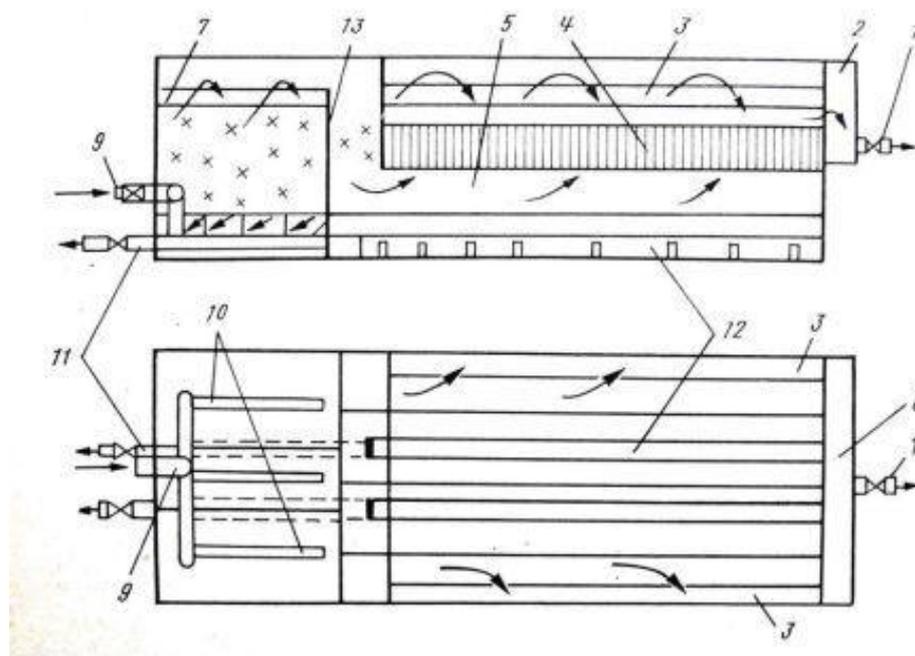


Рисунок 2.2 - Горизонтальный отстойник

(1 — отвод осветленной и подача исходной воды; 2 — водосборный карман; 3 — лотки децентрализованного сбора осветленной воды; 4 — тонкослойные модули; 5 — зона осветления воды; 6 — струенаправляющая перегородка; 7 — лотки для сбора и отведения воды из камеры; 8 — камера хлопьеобразования; 10 — перфорированные водораспределительные трубы; 11 — удаление осадка из отстойника; 12 — коробка для сбора и удаления осадка из отстойника; 13 — затопленный водослив, отделяющий камеру от отстойника)

Вертикальный отстойник — круглый в плане и в очень редких случаях квадратный железобетонный (реже стальной) резервуар значительной глубины с камерой хлопьеобразования водоворотного типа в центральной трубе и с конусным днищем для накопления и уплотнения осадка. Вертикальные отстойники (Рисунок 3.3) применяют на очистных сооружениях производительностью примерно до 10000 м³/сут.

Обрабатываемая вода движется вертикально — снизу вверх. Сбор осветленной воды предусматривается периферийными и радиальными желобами с затопленными отверстиями или с треугольными водосливами.

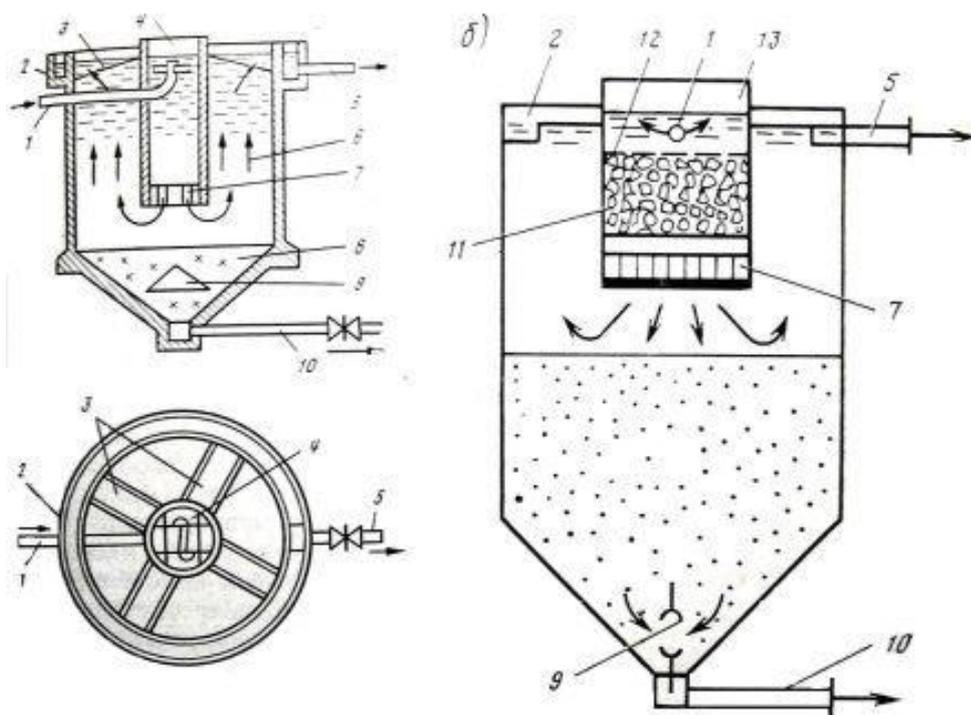


Рисунок 2.3 - Вертикальный отстойник

(1 и 5 — подача исходной и отвод осветленной воды; 2 и 3 — кольцевой и радиальные водосборные лотки; 4 — водоворотная камера; 6 — зона осветления воды; 7 — гаситель; 8 — зона накопления и уплотнения осадка; 9 — конусный отражатель; 10 — удаление осадка; 11 — контактная загрузка из вспененного полистирола; 12 — сетка)

Радиальный отстойник — круглый в плане железобетонный резервуар, высота которого невелика по сравнению с его диаметром, в который осветляемая вода подводится снизу в центр и изливается через воронку, обращенную широким концом кверху. Вода в отстойнике движется от центра к периферии в радиальном направлении, близком к горизонтальному. Радиальные отстойники (Рисунок 3.4) чаще всего используют при расходах сточных вод более $20000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Для удаления осадка служит медленно вращающаяся металлическая ферма с

укрепленными на ней скребками, сгребаящими осадок к центру отстойника, откуда он непрерывно или периодически выпускается или откачивается. Одним концом ферма опирается на опору в центре отстойника, а другим — на тележку,двигающуюся по стенке отстойника. СНиП рекомендует использовать радиальные отстойники при обработке высокомутных вод и в системах оборотного водоснабжения.

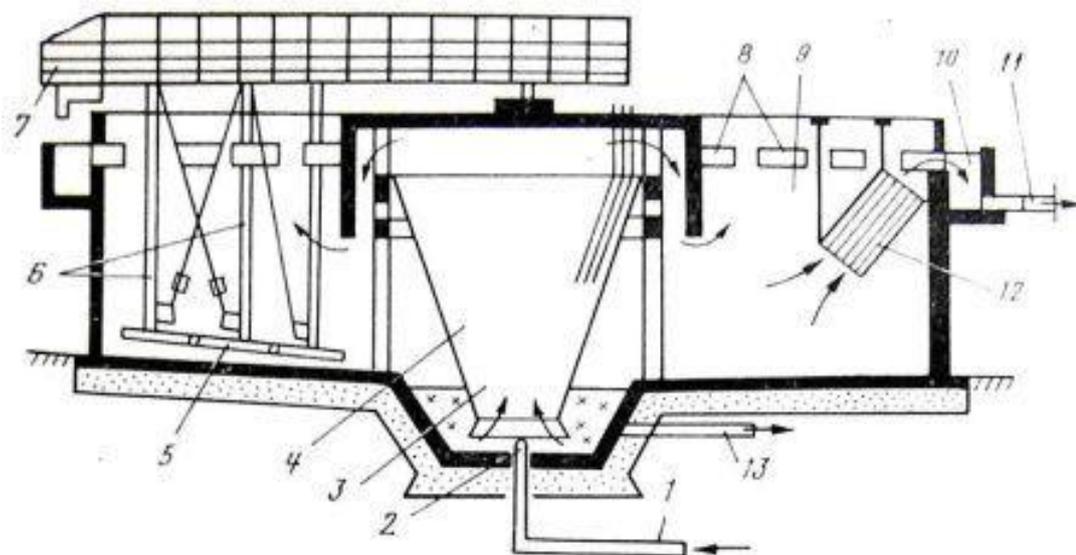


Рисунок 2.4 - Радиальный отстойник

(1,11 — подача и отвод воды; 2 — сопло; 3 — грязевой приямок; 4 — рециркулятор; 5 — скребки; 6 — вращающаяся ферма; 7 — служебный мостик; 8 — водосливные окна; 9 — зона осветления воды; 10 — кольцевой водосборный лоток; 12 — тонкослойные блоки; 13 — отвод осадка)

Отстойники с малой глубиной осаждения (Рисунок 3.5). В сооружениях тонкослойного осветления осаждение взвеси протекает в малом слое воды, образуемом устройством наклонных элементов, обеспечивающих быстрое выделение взвеси и ее сползание по наклонной поверхности элементов в зону хлопьеобразования и осадкоуплотнения. Уменьшение высоты потока снижает удельную нагрузку на площадь отстаивания, повышает стабильность его гидродинамической структуры. Среди методов интенсификации процесса осаждения примесей воды отстаивание в тонком

слое является одним из наиболее перспективных. Сущность его заключается в ламинаризации потока воды ($Re = 60 - 80$). В России и за рубежом разработаны различные конструкции тонкослойных отстойников с использованием пластмасс, стеклопластиков и других материалов, обеспечивающих легкое сползание и удаление осадка с поверхности [14].

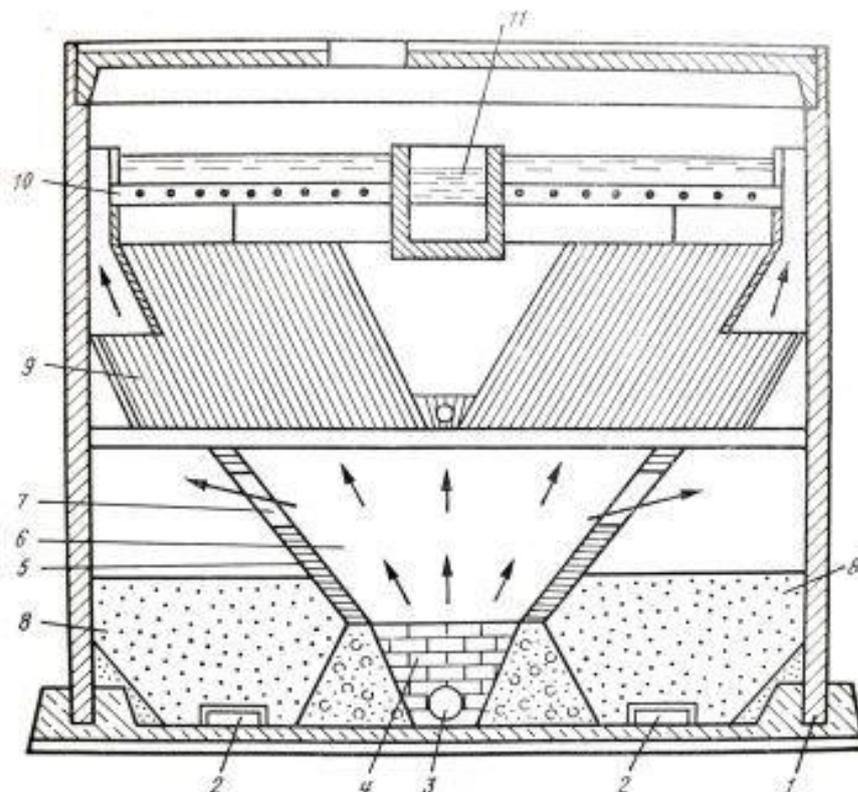


Рисунок 2.5 - Тонкослойный модуль

(3 и 11— подача исходной и отвод осветленной воды; 4 — гравийная камера хлопьеобразования; 6 — слой взвешенного осадка; 2 — отвод осадка; 5 — перегородки; 1 — корпус отстойника; 10 — поперечные перфорированные водосборные трубы; 11 — центральный водосборный канал; 9 — тонкослойные модули; 7 — окна для отвода избытка осадка в осадкоуплотнитель 8)

2.1.3 Очистка воды в поле действия центробежных сил

Очистку сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляют в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах. Процесс осветления основан на выделении из воды грубодисперсных примесей под действием центробежных сил, значительно превышающих силы тяжести. Часто такие аппараты используют при предварительном осветлении поверхностных вод перед подачей на основные очистные сооружения хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гидроциклоны могут быть открытыми и напорными (Рисунок 2.6).

Открытые гидроциклоны применяют для выделения из сточной воды крупных твердых примесей со скоростью осаждения более 0,02 м/с, они бывают одноярусными и многоярусными.

Напорные гидроциклоны бывают обычными или могут объединяться в несколько, образуя мультициклоны. Основные достоинства гидроциклонов: высокая производительность, высокая эффективность при больших скоростях, небольшие габаритные размеры, простота обслуживания. Однако существуют и недостатки: непостоянство эффективности из-за зависимости от состава исходной воды и колебаний скорости; абразивное изнашивание. Напорные гидроциклоны обеспечивают очистку сточной воды и от твердых частиц, и от нефтепродуктов. Сточная вода через установленный тангенциально по отношению к корпусу гидроциклона входной трубопровод поступает в гидроциклон. Вследствие закручивания потока сточной воды твердые частицы отбрасываются к стенкам гидроциклона и стекают в шламосборник, откуда они периодически удаляются. Сточная вода с содержащимися в ней нефтепродуктами движется вверх. При этом вследствие меньшей плотности нефтепродуктов они концентрируются в ядре закрученного потока, который поступает в приемную камеру, и через трубопровод нефтепродукты выводятся из гидроциклона для последующей утилизации. Сточная вода, очищенная от твердых частиц и нефтепродуктов,

скапливается в камере, откуда через трубопровод отводится для дальнейшей очистки. Трубопровод с регулируемым проходным сечением предназначен для выпуска воздуха, концентрирующегося в ядре закрученного потока очищаемой сточной воды [14].

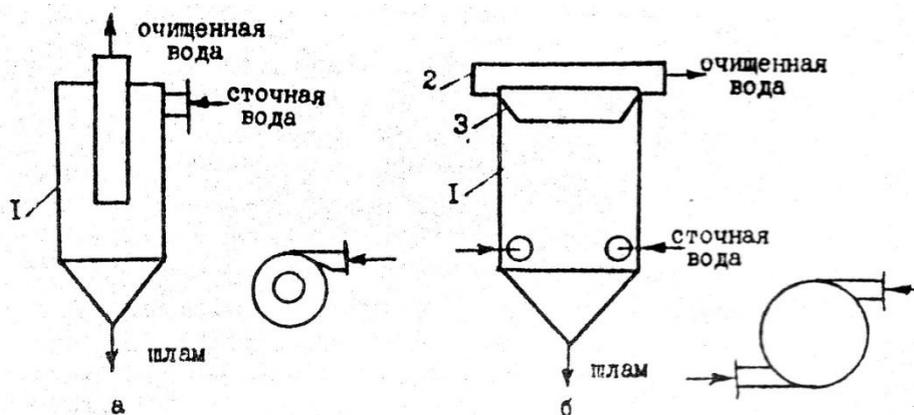


Рисунок 2.6 - Гидроциклоны

(а – напорный; б – безнапорный 1 – корпус; 2 – кольцевой лоток; 3 – диафрагма).

2.1.4 Фильтрация

Фильтрацию применяют для очистки воды от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией. Её используют как на начальной стадии очистки, так и после некоторых методов физико-химической или биологической очистки. При пропуске воды через фильтрующие может происходить три вида фильтрования:

1. Задержание примесей на поверхности фильтрующего слоя (пленочное фильтрование).
2. Задержание примесей в порах фильтрующего слоя (объемное фильтрование).
3. Одновременное образование примесями пленки и их отложение в порах загрузки.

В большинстве случаев на современных фильтрах пленка не образуется и примеси вместе с водой проникают в толщу фильтрующего слоя, при этом

глубина проникновения загрязнений в толщу загрузки тем больше, чем больше скорость фильтрования, крупнее зерна фильтрующего слоя и чем меньше размеры частиц взвеси, извлекаемых из воды.

Для очистки воды фильтрованием применяют в основном два типа фильтров:

1. Зернистые, в которых очищаемую воду пропускают через насадки несвязанных пористых материалов;
2. Микрофильтры (патронные фильтры), фильтроэлементы которых изготавливают из связанных пористых материалов (сеток, натуральных и синтетических тканей, спеченных металлических порошков и т. п.) [14].

2.2 Химические методы

Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25% [17]. Такой метод очистки сточных вод может быть как окончательным, так и второй ступенью перед биологической очисткой.

Использование различных химических реагентов, которые переводят все растворённые в сточной воде примеси в твёрдое состояние - именно на этом основан химический способ очистки сточных вод. Осаждение этих веществ - следующий этап химического способа очистки. Однако, используемые химреагенты достаточно дороги и требуют максимально точного соблюдения дозировки. В связи с этим, химический способ очистки применяется, как правило, на больших производствах [16].

К основным методам химической очистки относят нейтрализацию и окисление.

2.2.1 Нейтрализация

Нейтрализация - обработка воды щелочами или кислотами, известью, содой, аммиаком и т.п. с целью обеспечения заданной величины водородного показателя рН. Применяется во многих отраслях промышленности. Самый простой возможный способ нейтрализации сточных вод - смешение кислых и щелочных стоков на предприятии. На практике также применяются такие способы, как нейтрализация сточных вод реагентами (растворы кислот, негашеная известь, гашеная известь, кальцинированная сода, аммиак и др.), а также фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, доломит, магнезит, мел и др.). Наиболее дешевым и доступным реагентом является $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2.2.2 Окисление

Окисление - метод очистки стоков, основанный на применении различных окислителей: газообразного и сжиженного хлора, диоксида хлора, гипохлората кальция и натрия, хлорной извести, кислорода воздуха и технического кислорода. Метод используется для обезвреживания стоков, содержащих токсичные соединения (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод или очищать другими методами: стоки участков гальванических покрытий в машиностроении и приборостроении, стоки производств свинцово-цинковых и медных руд в горнодобывающей промышленности, стоки цехов варки целлюлозы в целлюлозобумажной промышленности и т.д.

В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химических реакций становятся менее токсичными и затем удаляются из воды. Очистка окислителями связана с большим расходом реагентов, поэтому ее применяют только тогда, когда загрязняющие вещества, например цианиды, растворенные соединения мышьяка и др., нецелесообразно или нельзя извлечь другими способами [9].

2.3 Физико-химические методы

При физико-химическом методе обработки из сточных вод удаляются тонко дисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества [17].

К основным физико-химическим методам относятся:

- Электролиз.
- Флотация.
- Сорбция.
- Ионообменная и электрохимическая очистка.
- Гиперфльтрация.
- Экстракция.
- Выпаривание, испарение.
- Коагуляция.

2.3.1 Электролиз

Наиболее распространённый вариант физико-химического метода. Он заключается в разрушении органических веществ в сточных водах и извлечении металлов, кислот и других неорганических веществ. Электролитическая очистка осуществляется в особых сооружениях - электролизерах. Очистка сточных вод с помощью электролиза эффективна на свинцовых и медных предприятиях, в лакокрасочной и некоторых других областях промышленности [5].

Упорядоченное движение ионов в проводящих жидкостях происходит в электрическом поле, создаваемом электродами - проводниками, соединёнными с полюсами источника электрической энергии. К катоду (отрицательному элементу) движутся положительные ионы, называемые катионами. К катионам относят ионы металлов, водородные ионы, ионы аммония и др. К аноду (положительному элементу) движутся отрицательные

ионы - анионы. К анионам относятся ионы кислотных остатков и ионы гидроксильной группы (Рисунок 2.7).

Метод электролиза нашел применение при очистке сточных вод путем электрокоагуляции, электроэкстракции, электрофлотации [15].

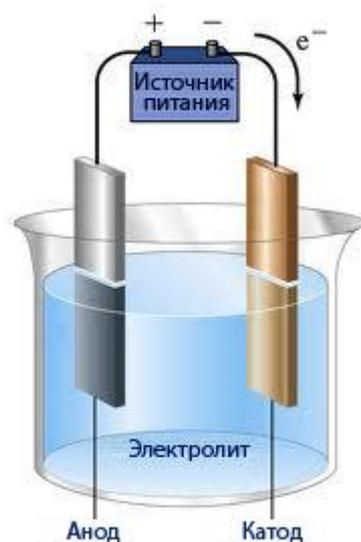


Рисунок 3.7 - Электролиз воды

2.3.2 Флотация

Флотация предназначена для извлечения из воды гидрофобных частиц (нефтепродукты) пузырьками газа, подаваемого в сточную воду. В основе этого процесса имеет место молекулярное слипание частиц масла и пузырьков тонкодиспергированного в воде газа. Образование агрегатов «частица — пузырьки газа» зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия содержащихся в воде веществ, избыточного давления газа в сточной воде и т. п.

Флотация — метод извлечения из жидкости диспергированных и коллоидных включений, основанный на способности частиц прилипать к газовым пузырькам (образуя флотокомплексы) и переходить вместе с ними в пенный слой. *Сущность* флотационного процесса заключается в специфическом действии молекулярных сил, вызывающих слипание частиц примесей с пузырьками газа, всплывание флотокомплексов и образованию на поверхности жидкости пенного слоя, содержащего извлеченные вещества.

Слипание пузырьков воздуха происходит только с гидрофобными частицами (несмачиваемыми водой) или частицами, имеющими гидрофобные участки поверхности. Следовательно, для интенсификации флотационного процесса рекомендуется использовать реагенты, которые, находясь в воде, сорбируются на поверхности частиц, понижая их смачиваемость, а значит, повышают гидрофобизацию загрязнений. Кроме того следует отметить, что понижение поверхностного натяжения повышает эффект флотационной очистки воды. Образование флотокомплексов (агрегатов «частица — пузырьки газа») зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия содержащихся в воде веществ, избыточного давления газа в сточной воде и т. п.

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

- Напорную.
- Пневматическую.
- Механическую.
- Электрофлотацию.
- Пенную.
- Химическую.
- Вибрационную.
- Биологическую и др.

Вид содержащихся в воде загрязнений определяет характер флотационной обработки: одним воздухом или воздухом в сочетании с различными реагентами, прежде всего коагулянтами. Использование коагулянтов позволяет значительно повысить эффективность флотационной очистки и удалять загрязнения, находящиеся в воде в виде стойких эмульсий и взвесей, а также в коллоидном состоянии.

Важное значение имеют также условия и способы удаления пены. Пена образуется на поверхности воды в результате всплывания пузырьков воздуха, несущих на себе удаляемые из воды примеси. Она должна быть достаточно

прочной и не допускать попадания загрязнений в воду. Кроме того, пена должна обладать определенной подвижностью при перемещении её к сбросным устройствам. Устойчивость и подвижность пены зависит от свойств и количества реагентов и загрязнений, вносимых в пенный слой. Стабилизации пены способствует наличие в воде хлопьев коагулянта, мелких частиц взвеси и поверхностно-активных веществ. Как правило, удаление пены из флотатора производят либо кратковременным подъемом уровня воды с отводом ее через лотки, расположенные равномерно по площади камеры, либо с помощью скребковых механизмов (пеногонов), перемещающих пену к сборным лоткам [14].

На рисунке 2.8 показана схема флотационной установки.

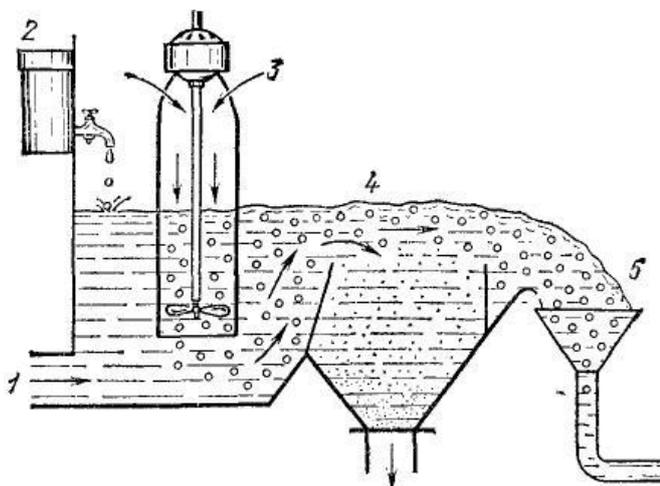


Рисунок 2.8 - Схема флотационной установки

(1 — труба, по которой поступает взвесь измельченной руды в воде, 2 — сосуд, из которого капает флотационный реагент (масло), 3 — поступление воздуха, засасываемого винтом, 4 — место, где всплывшая полезная порода отделяется от оседающей пустой породы, 5 — сток пены с полезной породой (концентрат))

2.3.3 Сорбция

Сорбцию применяют для очистки жидкостей и газов от растворимых примесей. Процессы сорбции могут протекать: на поверхности (адсорбция); в объеме (абсорбция).

Адсорбция - называется процесс избирательного поглощения примесей из жидкостей или газов поверхностями твердых материалов - адсорбентов. Особенностью адсорбционных методов улавливания примесей является их относительно высокая эффективность в области малых концентраций примесей при значительных расходах перерабатываемых потоков.

Избирательное поглощение молекул поверхностью твердого адсорбента происходит вследствие воздействия на них неуравновешенных поверхностных сил адсорбента.

Различают *два вида адсорбции*:

- Физическая адсорбция, протекает за счет сил молекулярного взаимодействия.

- Химическая адсорбция (хемосорбция), протекает за счет вступления в химическую реакцию молекулы поглощаемого вещества с молекулами поверхности адсорбента.

Процесс физической адсорбции обратимый, поэтому на практике после стадии адсорбции часто проводят обратный процесс – десорбции. Необходимость десорбции обусловлена либо требованием регенерации адсорбента для его последующего использования в процессе адсорбции, либо необходимостью выделить целевой компонент в чистом или концентрированном виде. В качестве адсорбентов используют любые мелкодисперсные материалы: золу; торф; цеолиты; силикагели; опилки; шлаки и глину. Наиболее эффективный сорбент — активированный уголь.

Абсорбция - называется процесс извлечения компонента из одной фазы и растворение его в другой фазе—в поглотителе.

Требования, предъявляемые к поглотителю:

1. Высокая поглотительная способность (высокой поглотительной способностью обладают такие поглотители, для которых давление насыщенных паров компонента над его раствором в поглотителе при температуре абсорбции мало).

2. Поглотитель должен легко десорбироваться (регенерироваться).

3. Иногда должен обладать селективностью (т.е. поглощать только определенные компоненты).

4. Должен обладать низкой летучестью (низким давлением паров).

5. Он должен сохранять свои свойства в процессе работы.

6. Он должен быть дешевым и доступным.

7. Не должен оказывать коррозионного действия.

8. Обладать высоким коэффициентом массопередачи.

Обычно один поглотитель не обладает всеми требуемыми свойствами, поэтому следует выбирать абсорбент по основным свойствам.

Абсорберы представляют собой колонны, в которых протекает поглощающая жидкость, через которую «пробулькивает» очищаемый газ. Для обеспечения надежного контакта газа с жидкостью, а также увеличения времени пребывания газа в аппарате, в колонне находятся специальные тарелки и насадки. Наиболее просты по конструкции провальные тарелки, их разновидность — гофрированные провальные тарелки. Диаметр сливных отверстий равен 4 - 8 мм. Иногда применяют клапанные провальные тарелки. Их достоинством является то, что когда газ не проходит через колонну жидкость не протекает, т.е. такие тарелки более экономичные [14].

2.3.4 Коагуляция

Коагуляция (от лат. *coagulatio*- свертывание, сгущение) - объединение частиц дисперсной фазы в агрегаты вследствие сцепления частиц при их соударениях, за счет броуновского движения, седиментации, перемещение частиц в электрическом поле и др. Проще говоря, это процесс слипания твердых частиц в момент их соприкосновения. Очистка воды коагуляцией

представляет собой обработку воды реагентами - коагулянтами, под действием которых мельчайшие частицы загрязнителей укрупняются, слипаются в хлопья. Коагуляция обеспечивает эффективное дальнейшее задержание примесей механическими фильтрами или выпадение примесей в осадок. Стоит заметить, что коагуляция особенно эффективна *при очистке воды от примесей железа*.

Схема очистки воды коагуляцией:

1. Добавление в загрязненную воду коагулянтов.
2. Перемешивание, важно для обеспечения наиболее полного контакта коагулянта с загрязнителем.
3. Отстаивание или фильтрация.

Коагулянты бывают двух типов:

Органические. Органические коагулянты представляют собой катионные полимеры, нейтрализующие отрицательные коллоиды своим положительным зарядом. Благодаря адсорбции происходит образование хлопьев загрязнителя. *Преимуществом* использования органических коагулянтов является меньшее количество осадка, образующегося в ходе коагуляции, так как при обработке воды полимерами гидроксидов не образуется. Это существенно уменьшает количество осадка. Органические коагулянты могут быть как искусственного, так и природного (альгинаты и крахмалы) происхождения.

Неорганические. Неорганические коагулянты, представляют собой минеральные реагенты. Наиболее распространенные неорганические коагулянты это соли трехвалентного железа и алюминия. Подобные коагулянты безвредны, имеют высокую растворимость и их стоимость относительно невысока. Неорганические коагулянты изменяют уровень pH, электропроводимость и способствует умягчению воды. При обработке воды неорганическими коагулянтами к загрязнителю прибавляются гидроксиды металлов, что дает эффект обезжелезивания воды, но увеличивает объем осадка.

Выбор коагулянта осуществляется с учетом состава воды, величины рН, степени и характера загрязнения, характера установки коагуляции. От этих параметров зависит интенсивность обработки и выбор коагулянта. В зависимости от характера загрязнения может быть выбран тот или иной минеральный или органический коагулянт.

Каждый из типов коагулянтов эффективен с определенными видами загрязнений воды, поэтому в случае примесей смешанного характера допускается одновременное использование обоих типов коагулянтов. Совместное использование минеральных и органических коагулянтов позволяет повысить эффективность очистки воды, а также сократить объем осадка [15].

2.3.5 Ионный обмен

Ионообменный метод очистки воды применяют для обессоливания и очистки воды от ионов металлов и других примесей. Сущность ионного обмена заключается в способности ионообменных материалов забирать из растворов электролита ионы в обмен на эквивалентное количество ионов ионита.

Очистку воды осуществляют ионитами — синтетическими ионообменными смолами, изготовленными в виде гранул размером 0,2...2 мм. Иониты изготовляют из нерастворимых в воде полимерных веществ, имеющих на своей поверхности подвижный ион (катион или анион), который при определенных условиях вступает в реакцию обмена с ионами того же знака, содержащимися в воде. Различают сильно- и слабокислотные катиониты (в H^+ - или Na^+ - форме) и сильно- и слабоосновные аниониты (в OH^- или солевой форме), а также иониты смешанного действия. Основопологающим фактором кинетики процесса является скорость ионообмена между ионами воды и омываемой частицей смолы. На наружной поверхности омываемой частицы образуется неподвижная водяная пленка, толщина которой зависит от скорости потока очищаемой воды и размеров

зерна смолы. Ион, который стремится попасть внутрь частицы смолы, в функциональную группу, должен диффундировать из воды через пленку, пройти через граничную поверхность частицы и внутри смолы в растворе набухания устремиться к ассоциации с функциональной группой. Диффузия ионов через пленку является важнейшим этапом процесса.

Избирательное поглощение молекул поверхностью твердого адсорбента происходит вследствие воздействия на них неуравновешенных поверхностных сил адсорбента.

Ионообменные смолы имеют возможность регенерации (Рисунок 2.9). После истощения рабочей обменной емкости ионита он теряет способность обмениваться ионами и его необходимо регенерировать. Регенерация производится насыщенными растворами, выбор которых зависит от типа ионообменной смолы. Процессы восстановления, как правило, протекают в автоматическом режиме. На регенерацию обычно затрачивают около 2 часов, из них на взрыхление - 10 – 15 мин, на фильтрование регенерирующего раствора - 25 – 40 мин, на отмывку - 30 - 60 мин. Ионообменную очистку реализуют последовательным фильтрованием воды через катиониты и аниониты.



Рисунок 2.9 – Регенерация установки ионного обмена

В зависимости от вида и концентрации примесей в воде, требуемой эффективности очистки используют различные схемы ионообменных установок [14].

В качестве примера на рисунке 3.10 показана схема установки производительностью 300–500м³/ч для водоподготовки подпитки умягчением вод, содержащих значительное количество взвесей. Установка водоподготовки состоит из сорбционной колонны 1 диаметром 3,4 м со сплошным слоем сорбента, колонны 2 для отмывки сорбента от извлеченных из исходного раствора взвесей, диаметром 0,6 м с псевдооживленным слоем сорбента, регенерационно-промывной колонны 3 диаметром 0,6 м со сплошным слоем, и колонны 4 диаметром 0,6 м с псевдооживленным слоем для окончательной отмывки от соли.

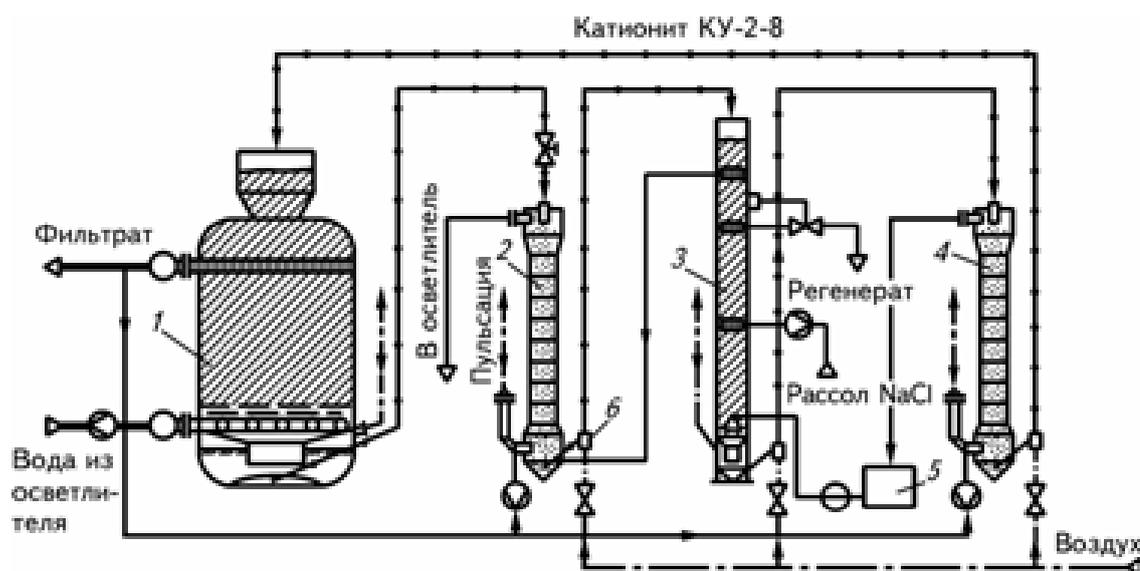


Рисунок 2.10 - Схема установки водоподготовки непрерывного ионного обмена для умягчения подпиточной воды производительностью 300–500м³/ч

Вода подается снизу сорбционной колонны 1, проходит через слой катионита и умягчается. Катионит насыщается в сорбционной колонне и порциями по 0,5м³ выводится из сорбционной колонны в промывную 2. В ней он свободно опускается в потоке поднимающейся промывной воды, а затем перемещается в колонну регенерации 3. В регенерационной колонне катионит постепенно опускается, двигаясь навстречу поднимающемуся

сначала регенерационному раствору, а затем промывной воде, которая вводится снизу колонны [11].

2.3.6 Гиперфльтрация

Это процесс непрерывного молекулярного разделения растворов путем их фильтрования под давлением через полупроницаемые мембраны, задерживающие полностью или частично молекулы либо ионы растворенного вещества. При этом размеры отделяемых частиц (молекул, гидратированных ионов) сопоставимы с размерами молекул растворителя (воды).

Для гиперфльтрации используют ацетат целлюлозные, полиамидные и подобные им мембраны с ресурсом работы 1-2 г.

По сравнению с другими методами очистки гиперфльтрация требует малых энергозатрат, установки для очистки конструктивно просты и компактны, легко автоматизируются, фильтрат имеет высокую степень чистоты и может быть использован в оборотных системах водоснабжения, а сконцентрированные примеси сточных вод легко утилизируются или уничтожаются [9].

Мембраны из ацетилцеллюлозы обеспечивают высокую пропускную способность и селективность в процессе гиперфльтрации при давлении 2,2—7 МПа. Ацетилцеллюлозные мембраны могут использоваться для обработки воды с рН в пределах от 3 до 8 и температурой не ниже 35° С. Пропускная способность установок гиперфльтрации 9—14 тыс. м³/сутки. Срок службы мембраны достигает одного года, а для обработки отдельных видов сточной воды — двух лет.

Для предотвращения забивки пор мембран рекомендуется поддерживать высокие скорости фильтрации и турбулентный режим ($Re > 8000$) [4].

2.3.7 Экстракция

Экстракция, как метод очистки, включает в себя способность растворённых в жидкости органических веществ растворяться в другой жидкости, не растворимой в обычной воде. Если в нее добавить такой раствор, то органические вещества типа фенола или жирных кислот растворятся в прибавленной жидкости и их концентрация в сточной воде уменьшится. Другими словами, это альтернативный сорбции метод очистки, применяющийся для удаления молекулярных примесей, в основном органических веществ.

Молекулы загрязнений в смеси из взаимно нерастворимых жидкостей распределяются между ними пропорционально растворимости в этих жидкостях. Процесс распределения происходит в результате диффузии молекул и завершается при достижении некоторого динамического равновесия. Подлежащая очистке вода смешивается с водонерастворимой жидкостью, называемой экстрагентом. Часть молекулярных загрязнений, переходя в экстрагент и растворяясь в нем, образует экстракт. Очистка завершается отделением экстракта от воды [6].

Работу экстракционной установки можно объяснить на примере экстрактора смешительно-отстойного типа (Рисунок 2.11).

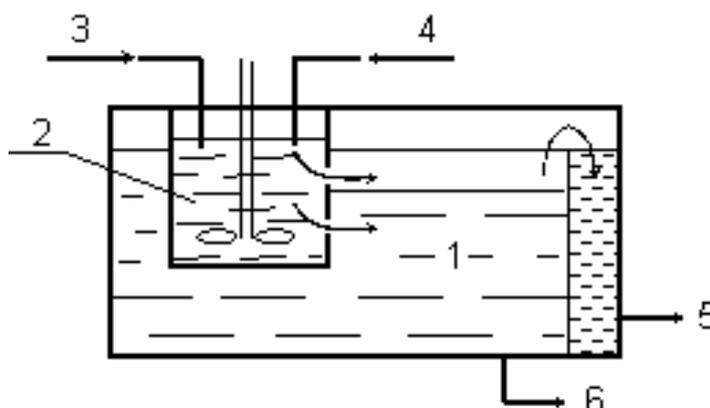


Рисунок 2.11 - Экстрактор смешительно-отстойного типа

(1 – смеситель, 2 – отстойник, 3 – вода на очистку, 4 – экстрагент, 5 – очищенная вода, 6 – экстракт.)

2.3.8 Выпаривание

Выпаривание - это процесс концентрирования жидких отходов методом частичного удаления растворителя (воды) испарением в процессе кипения. При выпаривании растворитель извлекается из объема раствора. Концентраты и твердые отходы, образующиеся при вакуумном выпаривании, гораздо дешевле и легче подвергаются последующей переработке, хранению и транспортировке [8].

На рисунке 3.12 представлена схема прямоточной многокорпусной выпарной установки.

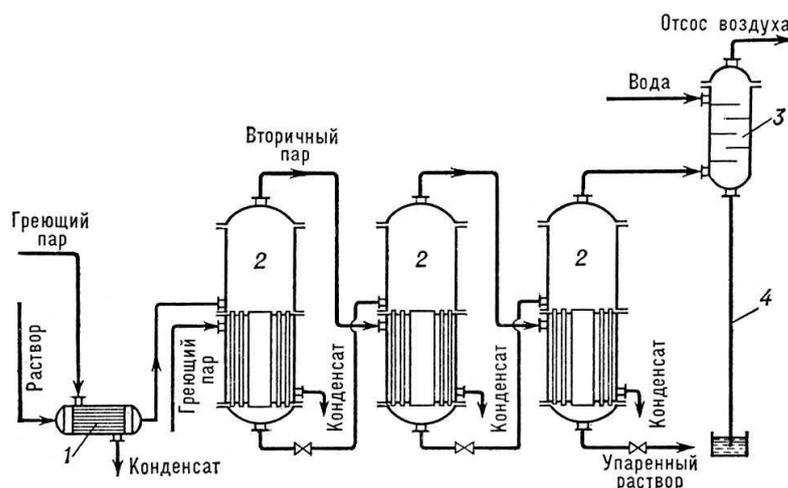


Рисунок 2.12 - Схема прямоточной многокорпусной выпарной установки (1 — подогреватель; 2 — выпарные аппараты; 3 — конденсатор; 4 — барометрическая труба.)

2.3.9 Флокуляции

Цель флокуляции — сформировать агрегаты или хлопья из тонко диспергированных и коллоидно устойчивых частиц. Флокуляция — транспортный этап, приводящий к столкновению между устойчивыми частицами, стремящимися к образованию крупных частиц (агрегатов),

которые могут быть легко удалены из обрабатываемых сточных вод при помощи отстаивания, фильтрации или флотации.

Флокуляция получила широкое практическое распространение в технологиях водоочистки в 30-е годы. В настоящее время флокуляция широко используется в технологии очистки сточных вод промышленного и бытового происхождения.

Механизм действия флокулянтов основан на явлении адсорбции молекул флокулянта на поверхности коллоидных частиц; образование сетчатой структуры молекул флокулянта; слипанию коллоидных частиц за счет сил Ван-дер-Ваальса. При действии флокулянтов между коллоидными частицами образуются трехмерные структуры, способные к более быстрому и полному отделению жидкой фазы. Причиной возникновения таких структур является адсорбция макромолекул флокулянта на нескольких частицах с образованием между ними полимерных мостиков.

Таким образом, **флокуляция** - это процесс, при котором происходит адсорбционное взаимодействие частицы загрязнений сточных вод с высокомолекулярными веществами (флокулянтами). При этом, в процессе флокуляции происходит процесс хлопьеобразования (при взаимодействии высокомолекулярных веществ с частицами, находящимися в очищаемой сточной воде), с образованием агрегатов (хлопьев, комплексов), имеющих трехмерную структуру [10].

Флокуляция является одной из важнейших характеристик состояния биоценоза. Структура и биологические свойства хлопьев ила определяют эффективность и качество биологической очистки. При нормально идущих процессах очистки масса активного ила представлена хлопьями с плотностью в среднем $1.1-1.37 \text{ г/см}^3$ и размером от 53 до 212 мкм. Бактериальные клетки расположены внутри, на поверхности хлопьев, могут быть представлены незначительным количеством не связанных с хлопьями одиночными бактериями (палочками, кокками, спиросетами и микроколониями из палочек). Бактерии активного ила синтезируют и секретуют в среду

внеклеточный биополимер – полисахаридный гель. Именно наличие геля обуславливает агрегацию микроорганизмов и образование хлопьевидных скоплений - флокул. Активный ил только в флокулированном состоянии может обеспечивать высокие скорости окисления загрязняющих веществ, и, по существу, качество очищенной воды определяется его способностью к флокуляции [17].

В технологии очистки сточных вод флокулянты обычно применяют в дополнение к минеральным коагулянтам, так как они способствуют расширению оптимальных областей коагуляции (по рН и температуре), повышают плотность и прочность образующихся хлопьев, снижают расход коагулянтов, повышают надежность работы и производительность сооружений очистки сточных вод.

Добавление флокулянта в обрабатываемые сточные воды увеличивает скорость возникновения и последующего осаждения возникающих при коагуляции хлопьев. При этом плотность осадка увеличивается, а действие веществ-коагулянтов становится эффективным в более широком диапазоне рН очищаемых сточных вод.

Если в обрабатываемых сточных водах содержится большое количество взвешенных частиц, то их осаждение может быть обеспечено только при помощи флокулянтов, без использования реагентов для коагуляции.

Флокулянты можно разделить на несколько классов: органического и неорганического происхождения, природные и произведенные синтетическими методами.

К природным флокулянтам можно отнести, например, крахмал, декстрин, эфиры целлюлозы, альгинат натрия и гуаровые смолы.

Из неорганических флокулянтов можно выделить активную кремниевую кислоту.

Флокулирующая способность активной кремниевой кислоты зависит преимущественно от образования в процессе их созревания агрегатов коллоидных размеров, представляющих собой цепеобразные, разветвленные

структуры, способные взаимодействовать с коллоидными частицами и грубодисперсными взвесями гидроксидов алюминия, железа, магния и других металлов с образованием крупных, прочных и тяжелых хлопьев.

Синтетические флокулянты - это органические растворимые в воде высокомолекулярные соединения, молекулярная масса которых может лежать в диапазоне от тысяч до нескольких миллионов.

Таким образом, флокулянты являются эффективными реагентами, используемыми при сгущении стоков в процессе осветления. Использование новых эффективных реагентов, технологических процессов и оборудования позволяет существенно увеличить производительность, повысить качество очистки промышленных сточных вод при минимальном использовании производственных мощностей [10].

2.4 Биологические методы

Среди методов очистки сточных вод большую роль играет биологический метод, основанный на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод:

Биофильтры (сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой; благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления).

Биологические пруды (в биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем).

Аэротенки (огромные резервуары из железобетона).

Сточные воды перед биологической очисткой подвергают механической, а после нее для удаления болезнетворных бактерий и химической очистке, хлорированию жидким хлором или хлорной известью. Для дезинфекции используют также другие физико-химические приемы (ультразвук, электролиз, озонирование и др.)

Биологический метод дает большие результаты при очистке коммунально-бытовых стоков. Он применяется также и при очистке отходов предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производстве искусственного волокна [17].

Этот метод большинство специалистов называют самым эффективным способом очистки воды. Его особенность заключается в использовании особых бактерий, которые влияют на минерализацию загрязнений. Под воздействием этих бактерий все загрязнения распадаются на отдельные компоненты, которые совершенно безвредны для здоровья человека. Данный метод является надёжной защитой от загнивания воды, который в то же время и максимально безопасен в экологическом плане [5].

Сооружениям биологической очистки отводится главенствующая роль в общем комплексе сооружений канализационной очистной станции. В результате процессов биологической очистки сточная вода может быть очищена от многих органических и некоторых неорганических примесей. Процесс очистки осуществляет сложное сообщество микроорганизмов - бактерий, простейших, ряда высших организмов – в условиях *аэробноза*, т.е. наличия в очищаемой воде растворённого кислорода.

Загрязнения сточных вод являются для многих микроорганизмов источником питания, при использовании которого они получают всё необходимое для их жизни - энергию и материал для конструктивного обмена (восстановления распадающихся веществ клетки, прироста биомассы). Изымая из воды питательные вещества (загрязнения), микроорганизмы очищают от них сточную воду, но одновременно они вносят в неё новые вещества - продукты обмена, выделяемые во внешнюю среду [17].

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

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.

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

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].

До настоящего времени не существует системы биоиндикации процесса биологической очистки, и остаётся справедливым утверждение о множестве разноречивых данных, трактующих взаимосвязь качества очистки и специфических организмов. Это объясняется, прежде всего, особенностями биоценоза активного ила, его высокими адаптационными свойствами [17].

2.4.1 Аэробная очистка сточных вод

Окислительные пруды (лагуны) и каналы представляют собой простейшие и наиболее дешевые системы очистки бытовых сточных вод. Это аналоги гиперевтрофированных 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 [2].

При очистке сточных вод выполняют четыре основные операции:

1. При первичной переработке происходит усреднение и осветление сточных вод от механических примесей (усреднители, песколовки, решетки, отстойники).

2. На втором этапе происходит разрушение растворенных органических веществ при участии аэробных микроорганизмов. Образующийся ил, состоящий главным образом из микробных клеток, либо удаляется, либо перекачивается в реактор. При технологии, использующей активный ил, часть его возвращается в аэрационный танк.

3. На третьем (необязательном) этапе производится химическое осаждение и разделение азота и фосфора.

4. Для переработки ила, образующегося на первом и втором этапах, обычно используется процесс анаэробного разложения. При этом

уменьшается объем осадка и количество патогенов, устраняется запах и образуется ценное органическое топливо - метан.

На практике применяются одноступенчатые и многоступенчатые системы очистки (Рисунок 2.13).

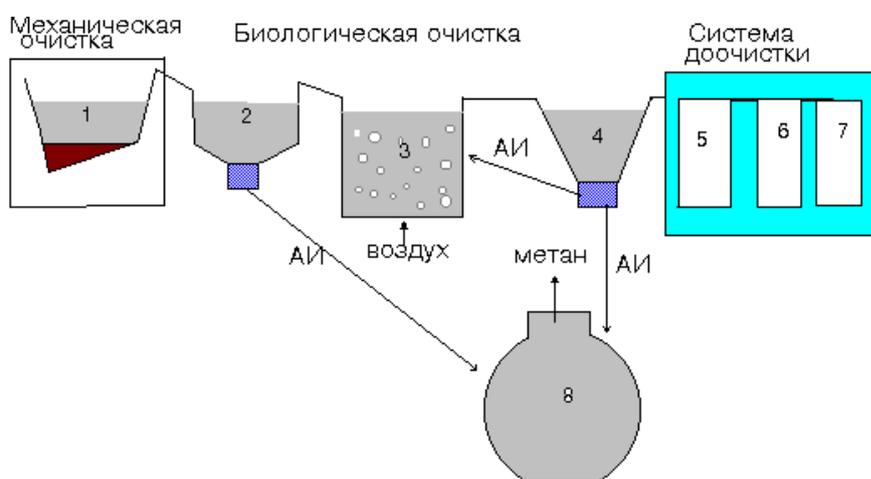


Рисунок 3.13 - Одноступенчатая схема очистки сточной воды

(1 - пескоуловители; 2 - первичные отстойники; 3 - аэротенк; 4 - вторичные отстойники; 5 - биологические пруды; 6 - осветление; 7 - реагентная обработка; 8 - метатенк; АИ - активный ил.)

Сточные воды поступают в усреднитель, где происходит интенсивное перемешивание стоков с различным качественным и количественным составом. Перемешивание осуществляется за счет подачи воздуха. В случае необходимости в усреднитель подаются также биогенные элементы в необходимых количествах и аммиачная вода для создания определенного значения рН. Время пребывания в усреднителе составляет обычно несколько часов. При очистке фекальных стоков и отходов нефтепереработки необходимым элементом очистных сооружений является система механической очистки - песколовки и первичные отстойники. В них происходит отделение очищаемой воды от грубых взвесей и нефтепродуктов, образующих пленку на поверхности воды.

Далее биологическая очистка воды происходит в аэротенках. Аэротенк представляет собой открытое железобетонное сооружение, через которое проходит сточная вода, содержащая органические загрязнения и активный ил. Суспензия ила в сточной воде на протяжении всего времени нахождения в аэротенке подвергается аэрации воздухом. Интенсивная аэрация суспензии активного ила кислородом приводит к восстановлению его способности сорбировать органические примеси [3]. В аэротенках очищающее начало - *активный ил из бактерий* и микроскопических животных. Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Инфузории, жгутиковые, амёбы, коловратки и другие мельчайшие животные, пожирая бактерии, неслипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила [17].

Активный ил представляет собой темно-коричневые хлопья, размером до нескольких сотен микрометров. На 70% он состоит из живых организмов и на 30% - из твердых частиц неорганической природы. Живые организмы вместе с твердым носителем образуют *зооглей* - симбиоз популяций микроорганизмов, покрытый общей слизистой оболочкой. Микроорганизмы, выделенные из активного ила, относятся к различным родам: *Actynomyces*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfomonas*, *Pseudomonas*, *Sarcina* и др. Наиболее многочисленны бактерии рода *Pseudomonas*, о всеядности которых упоминалось ранее. В зависимости от внешней среды, которой в данном случае является сточная вода, та или иная группа бактерий может оказаться преобладающей, а остальные становятся спутниками основной группы.

Существенная роль в создании и функционировании активного ила принадлежит простейшим. Функции простейших достаточно многообразны; они сами не принимают непосредственного участия в потреблении

органических веществ, но регулируют возрастной и видовой состав микроорганизмов в активном иле, поддерживая его на определенном уровне. Поглощая большое количество бактерий, простейшие способствуют выходу бактериальных экзоферментов, концентрирующихся в слизистой оболочке и тем самым принимают участие в деструкции загрязнений. В активных илах встречаются представители четырех классов простейших: саркодовые (Sarcodina), жгутиковые инфузории (Mastigophora), реснитчатые инфузории (Ciliata), сосущие инфузории (Suctoria).

Показателем качества активного ила является коэффициент протозойности, который отражает соотношение количества клеток простейших микроорганизмов к количеству бактериальных клеток. В высококачественном иле на 1 миллион бактериальных клеток должно приходиться 10-15 клеток простейших. При изменении состава сточной воды может увеличиться численность одного из видов микроорганизмов, но другие культуры все равно остаются в составе биоценоза.

На формирование ценозов активного ила могут оказывать влияние и сезонные колебания температуры, обеспеченность кислородом, присутствие минеральных компонентов. Все это делает состав ила сложным или практически невозпроизводимым. Эффективность работы очистных сооружений зависит также от концентрации микроорганизмов в сточных водах и возраста активного ила. В обычных аэротенках текущая концентрация активного ила не превышает 2-4 г/л.

Увеличение концентрации ила в сточной воде приводит к росту скорости очистки, но требует усиления аэрации, для поддержания концентрации кислорода на необходимом уровне.

Таким образом, аэробная переработка стоков включает в себя следующие стадии:

- 1) Адсорбция субстрата на клеточной поверхности.
- 2) Расщепление адсорбированного субстрата внеклеточными ферментами.

- 3) Поглощение растворенных веществ клетками.
- 4) Рост и эндогенное дыхание.
- 5) Высвобождение экскретируемых продуктов.
- 6) "Выедание" первичной популяции организмов вторичными потребителями.

В идеале это должно приводить к полной минерализации отходов до простых солей, газов и воды. На практике очищенная вода и активный ил из аэротенка подаются во вторичный отстойник, где происходит отделение активного ила от воды. Часть активного ила возвращается в систему очистки, а избыток активного ила, образовавшийся в результате роста микроорганизмов, поступает на иловые площадки, где обезвоживается и вывозится на поля. Избыток активного ила можно также перерабатывать анаэробным путем. Переработанный активный ил может служить и как удобрения, и как корм для рыб, скота.

Преимущество применения биофильтров состоит в том, что формирование конкретного ценоза приводит к практически полному удалению всех органических примесей.

Недостатками этого метода можно считать:

- Нереальность использования стоков с высоким содержанием органических примесей.
- Необходимость равномерного орошения поверхности биофильтра сточными водами, подаваемыми с постоянной скоростью;
- Сточные воды перед подачей должны быть освобождены от взвешенных частиц во избежание заиливания.

В качестве носителей можно использовать керамику, щебень, гравий, керамзит, металлический или полимерный материал с высокой пористостью. Для биофильтров характерно наличие противотока воды, которая поступает сверху и воздуха, подающегося снизу. Оторвавшиеся частицы микробной пленки после отделения их во вторичном отстойнике не возвращаются

обратно в биофильтр, а идут на иловые площадки или в анаэробную переработку [3].

2.4.2 Анаэробные системы очистки

Такие способы очистки применяют и при сбраживании высококонцентрированных стоков, содержащих большое количество органических веществ. Процессы брожения осуществляются в специальных аппаратах - *метатенках*.

Распад органических веществ состоит из трех этапов:

1. Растворение и гидролиз органических соединений.
2. Ацидогенез (образование кислого однозамещенного фосфата натрия (NaH_2PO_4) из двузамещенного (Na_2HPO_4); один из механизмов регуляции кислотно-щелочного равновесия).
3. Метаногенез (процесс образования биогаза с помощью различных бактерий во время разложения органического материала без доступа воздуха).

На первом этапе сложные органические вещества превращаются в масляную, пропионовую и молочную кислоты. На втором этапе эти органические кислоты превращаются в уксусную кислоту, водород, углекислый газ. На третьем этапе метанообразующие бактерии восстанавливают двуокись углерода в метан с поглощением водорода. По видовому составу биоценоз метатенков значительно беднее аэробных биоценозов.

Насчитывают около 50 видов микроорганизмов, способных осуществлять первую стадию - стадию кислотообразования. Самые многочисленные среди них - представители бацилл и псевдомонад. Метанообразующие бактерии имеют разнообразную форму: кокки, сарцины и палочки. Этапы анаэробного брожения идут одновременно, а процессы кислотообразования и метанообразования протекают параллельно. Уксуснокислые и метанообразующие микроорганизмы образуют симбиоз,

считавшийся ранее одним микроорганизмом под названием *Methanobacillus omelianskii*.

Процесс метанообразования - источник энергии для этих бактерий, так как метановое брожение представляет собой один из видов анаэробного дыхания, в ходе которого электроны с органических веществ переносятся на углекислый газ, который восстанавливается до метана. В результате жизнедеятельности биоценоза метатенка происходит снижение концентрации органических веществ и образование биогаза, являющегося экологически чистым топливом. Для получения биогаза могут использоваться отходы сельского хозяйства, стоки перерабатывающих предприятий, содержащих сахар, бытовые отходы, сточные воды городов, спиртовых заводов и т.д.

Метатенк представляет собой герметичный ферментер объемом в несколько кубических метров с перемешиванием, который обязательно оборудуется газоотделителями с противополаменными ловушками. Метатенки работают в периодическом режиме загрузки отходов или сточных вод с постоянным отбором биогаза и выгрузкой твердого осадка после завершения процесса. В целом, активное использование метаногенеза при сбраживании органических отходов - один из перспективных путей совместного решения энергетических и экологических проблем, который позволяет агропромышленным комплексам перейти на автономное энергообеспечение [3].

2.5 Комбинированный метод

Суть комбинированного метода очистки сточных вод состоит в одновременном использовании двух или более методов очистки для достижения наилучшего результата. Выбор методов очистки и порядка их использования зависит от конкретных особенностей водоёма и степени загрязнения воды. Как правило, в первую очередь используется механическая очистка, удаляющая основную массу нерастворимых неорганических

загрязнений. Вторым этапом становится биологическая очистка. В качестве последующей дезинфекции используются методы физико-химической очистки, такие как ультразвук, озонирование, электролиз [5].

3 Проблема эродированных территорий и меры по оздоровлению ситуации

Почвы являются основой для получения урожая сельскохозяйственных культур, лесоматериалов. Поэтому почвы представляют собой незаменимый природный ресурс. Эрозия почв - это естественный и постоянный процесс. но в ненарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, происходящие разрушения обычно восстанавливаются. Однако если равновесие между почвой и растительностью нарушено, что нередко происходит под влиянием деятельности человека, то эрозия усиливается и зачастую приводит к необратимым последствиям. И главной задачей деятельности человека является поддержание способности почв к самовосстановлению в процессе почвообразования.

Эрозию почвы подразделяют на ветровую и водную.

Ветровая эрозия почв (дефляция) распространена в районах недостаточного увлажнения, 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 противозерозионную устойчивость почв. Ряд исследователей провели оценку пороговых скоростей ветра для почв различного механического состава в различных областях.

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.

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.

Мероприятия по предотвращению ветровой и водной эрозии имеют много общих черт и рассматриваются в следующем разделе.

3.1 Классификации водной эрозии

3.1.1 По морфологическим признакам

Водная эрозия (от латинского слова *erosio* — разъедание) — это разрушение почвы и грунта струями и потоками талых, дождевых, ливневых и поливных вод (водная эрозия).

По морфологическим признакам эрозионных форм различают:

- *Плоскостную, разрушающую почву на поверхности (смыв почвы).*
- *Линейную, при которой разрушение земли идет вглубь (размыв почвы).*

3.1.1.1 Плоскостная эрозия

Под плоскостной (поверхностной) эрозией понимают равномерный смыв материала со склонов, приводящий к их выполаживанию (снижение наклонной поверхности в результате действия денудационного сноса). С некоторой долей абстракции представляют, что этот процесс осуществляется сплошным движущимся слоем воды, однако в действительности его производит сеть мелких временных водных потоков [1].

Плоскостная эрозия приводит к образованию смытых и намытых почв, а в более крупных масштабах — делювиальных отложений.

Вначале плоскостная эрозия мало заметна. Обнаружить ее можно тогда, когда повышенные участки лишаются верхнего плодородного темного слоя и на поверхность выступают нижние, более светлые горизонты. На лишенных гумусового слоя участках почвы плохо развиваются растительность.

Поверхностный смыв приносит большой ущерб народному хозяйству, смывая и унося верхнюю, самую плодородную часть почвы. По степени смытости верхнего гумусового слоя различают слабо-, средне-, сильно- и очень сильносмытые почвы. А. С. Козменко по степени горизонта выделяет следующие четыре класса смытых почв:

- *Слабосмытые — менее 10%.*
- *Среднесмытые от 10 до 30%.*
- *Сильносмытые — от 30 до 50%.*
- *Очень сильносмытые — более 50%.*

Струйчатые размывы глубиной до 15—20 см возникают на пашне, имеют форму стекающих по склону струй воды, они легко сглаживаются и устраняются при следующих обработках, но вынесенная плодородная почва безвозвратно уносится потоком. Если струйчатые размывы не ликвидировать, то на следующий год может произойти еще больший размыв и образование промоин, которые значительно труднее или даже невозможно

ликвидировать агротехническими способами обработки почвы [2].

3.1.1.2 Линейная эрозия

В отличие от поверхностной, линейная эрозия происходит на небольших участках поверхности и приводит к расчленению земной поверхности и образованию различных эрозионных форм (промоин, оврагов, балок, долин). Сюда же относят и речную эрозию, производимую постоянными потоками воды.

Струйчатая эрозия может перерасти в ручейковую, а затем в овражную. По мере углубления рытвин и промоин они концентрируют в себе сток. В тех случаях, когда ложбины и размывы образованы концентрированными мощными потоками талых и ливневых вод и не могут быть сглажены обычной обработкой, начинается формирование оврагов.

Линейная эрозия проявляется в образовании оврагов, которые в процессе развития проходят четыре стадии: промоина, врезание висячего оврага вершиной, выработка оврагом профиля равновесия, затухание, или переход в спокойную балку.

Промоины — широко распространенная форма размыва почвы (Рисунок 3.1.1а). Они бывают на склонах лощин, вдоль дорожных кюветов и глубоких борозд, проведенных без учета наклона того или иного поля. Промоины представляют собой линейно вытянутые понижения с обнаженными осыпающимися откосами (скатами).

Овраги — самая распространенная форма эрозионных изменений (Рисунок 3.1.1б). Они образуются в результате размыва и выноса огромных масс почвы и грунта большими потоками талых и ливневых вод. При расширении оврага он приобретает спокойные очертания, дно и скаты берегов постепенно зарастают и действующий овраг превращается в спокойную балку.



Рисунок 3.1.1 – Образование оврага (а – промоина, б - овраг)

Балка - небольшая сухая или с временным водотоком долина с



задернованными склонами (Рисунок 3.1.2).

Рисунок 3.1.2 - Балка

Балки имеют полого-вогнутое дно, часто без выраженного русла, склоны выпуклые, плавно переходящие в водораздельные пространства. Чётко выраженная вершина обычно отсутствует, ложбина плавно переходит в балку. Склоны и дно задернованы и часто покрыты кустарником или лесом, при истреблении которых балки становятся очагами ускоренной эрозии; распространена в балках донная эрозия. Чаще развиваются из оврагов, но могут возникать и без овражной стадии. Обычны для возвышенностей и равнин лесостепи и степи. Балки возвышенностей могут иметь на склонах скальные обнажения.

3.2.1 По темпам развития

В зависимости от скорости развития водную эрозию подразделяют на

- *Нормальную (естественную).*
- *Ускоренную (антропогенную).*

3.2.2.1 Нормальная эрозия

Эрозия почв существовала в природе всегда как естественный процесс, скорость которого близка к скорости процесса почвообразования. Это, так называемая, естественная геологическая эрозия, которую невозможно предотвратить и которая не наносит значительный ущерб земельным ресурсам [3].

3.2.2.2 Ускоренная эрозия

Наряду с геологическим процессом, который является частью эволюции Земли, имеет место ускоренная или разрушительная эрозия, возникающая под влиянием деятельности человека. При ускоренной эрозии потери компонентов почвы не компенсируются в процессе почвообразования и почвы частично или полностью теряют свое плодородие. При этом процессы разрушения почв могут проходить в сотни и тысячи раз быстрее, чем при естественной геологической эрозии.

Толщина верхнего плодородного слоя почвы, содержащий гумус, для многих типов почв редко превышает 20 см и на его образование природой потрачено не менее 2-7 тыс. лет. При ускоренной эрозии полное разрушение этого слоя возможно в течение 10-30 лет, а часто он смывается первым ливнем или сдувается пылевой бурей. Ускоренная эрозия, которая является следствием неправильного использования земель - основной недостаток земледелия, который на земном слое выводит из строя значительные площади плодородных земель.

4 Формы водной эрозии

4.1 Речная эрозия

Реки, обладая высокой энергией, расширяют свою долину. Различают эрозию

- *Донную* (или *глубинную*), направленную на врезание потока в глубину.
- *Боковую*, ведущую к подмыву берегов, а, следовательно, к расширению долины.

Соотношения донной и боковой эрозии изменяются на различных стадиях развития долины реки. На начальных стадиях преобладает донная эрозия, которая стремится выработать профиль равновесия применительно к базису эрозии (уровень, на котором водный поток теряет свою энергию и ниже которого не может углубить свое русло, т.е. теряет эродирующую способность). Базис эрозии определяет развитие всей речной системы. При регрессивной эрозии река, углубляя свое русло, стремится преодолеть различные неровности, постепенно сглаживая их [4].

При выработке профиля равновесия как горных, так и равнинных рек большую роль играет не только главный базис эрозии, но и множество местных. К последним относятся уступы или пороги. На месте уступа возникают водопады (Рисунок 4.1).

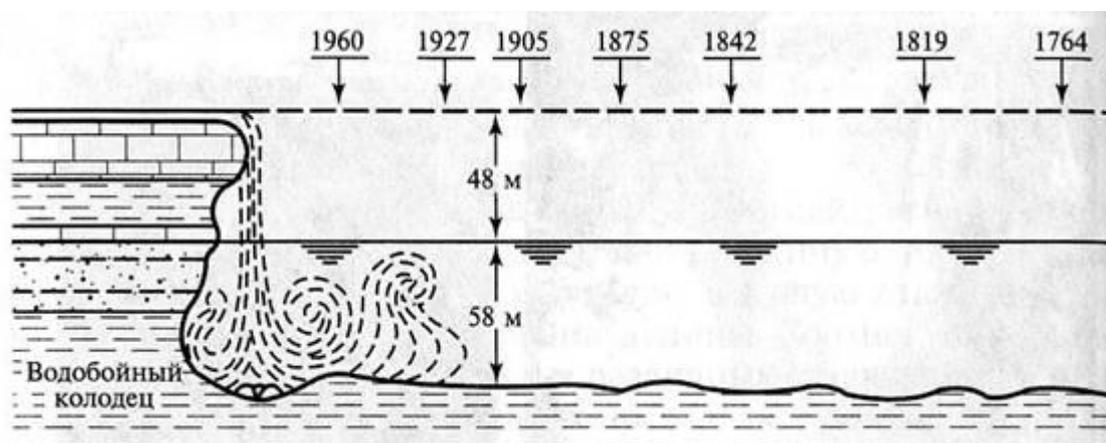


Рисунок 4.1 - Продольный профиль Ниагарского водопада

Воды реки энергично размывают дно уступа, одновременно подмывая его. В результате этого процесса уступ, постепенно разрушаясь, отступает. Кроме уступа местными базисами эрозии могут быть озера, располагающиеся во впадинах в пределах долин рек. До тех пор, пока озеро не исчезает, оно контролирует развитие части долины, расположенной вверх по течению от озера. По мере выработки продольного профиля эрозии закономерно меняется форма поперечного профиля самой речной долины. На ранних стадиях развития при значительном преобладании глубинной эрозии реки вырабатывается крутостенная (обрывистая) узкая долина, дно которой почти полностью занято рекой.

В результате выработки профиля равновесия помимо развития донной эрозии проявляется и боковая. По мере того как ослабевает донная эрозия, усиливается боковая, направленная на подмыв берегов и расширение долины. Особенно сильно боковая эрозия проявляется во время половодий и паводков, когда скорость течения реки и турбулентность движения потока существенно увеличиваются. Вода подступает к обрывистому склону и от сильного вихревого движения в придонном слое подмывает берега. Начинается усиленный подмыв одного берега и накопление наносов на противоположном. Это приводит к образованию изгиба реки. Первичные изгибы, постепенно развиваясь, превращаются в излучины, которые играют большую роль в формировании речных долин.

Процесс осаждения вещества не завершает перенос и эрозию, а происходит почти одновременно с ними. На первых стадиях развития реки преобладают процессы эрозии, но местами отлагаются и речные осадки, которые, однако, являются неустойчивыми и подвергаются новому размыву и переносу при увеличении полноводности потока и его скорости.

4.2 Сель

Сель - это временный стремительный русловый поток большой разрушительной силы, внезапно возникающий в бассейнах горных рек и

сухих логов и состоящий из смеси воды и обломков горных пород. Сели образуются при насыщении водных потоков береговыми горными породами.

Причины селей:

- *Сильные продолжительный дожди.*
- *Резкое таяние ледников или снежного покрова.*
- *Землетрясение и извержение вулканов.*
- *Обрушение рыхлого грунта рек.*
- *Антропогенный характер возникновения селей.*

4.3 Оползень

Оползень - это скользящее смещение (сползание) масс грунта или горных пород вниз по склонам гор и оврагов, крутых берегов морей, озер и рек под действием силы тяжести (в основном без потери контакта между движущимися и неподвижными породами)

Причины оползней:

- *Перенасыщение горных пород грунтовыми водами.*
- *Сильные и продолжительные дожди.*
- *Землетрясения.*
- *Выветривание пород.*

Наиболее распространенной причиной возникновения оползней является перенасыщение горных пород грунтовыми водами, чаще всего оно встречается в сезоны дождей. Опасность оползней заключается в заваливании грунтом и нанесении травм приносимыми оползнем камнями или деревьями. Кроме того, оползни разрушают строения и коммуникации, уничтожают пахотные земли. В широком смысле оползнями называют любое смещение породы. Тем не менее, медленные смещения катастрофическими не бывают. Смещения со средней скоростью (от нескольких метров в сутки до нескольких метров в час) менее опасны, но их последствия, как правило, ограничиваются материальным ущербом, так как вовремя проводится эвакуация населения. Только быстрые, со скоростью до десятков километров

в час, смещения породы становится причиной катастроф с большим числом жертв.

В отличие от селевого потока оползень можно предсказать. Ему предшествуют трещины в грунте, разрыв дорог и береговых укреплений, смещение фундаментов зданий, деревьев, телеграфных столбов, разрушение подземных коммуникаций. Наблюдение за этими явлениями – важный элемент системы прогнозирования оползней. Также скопления оползневого материала обнаруживается методом аэрофотосъемки [5].

4.4 Ирригационная эрозия

Ирригационная эрозия возникает в районах орошаемого земледелия в результате неумеренного и неправильного полива. В тех случаях, когда вода на поля подается мощным потоком, стекает по склонам, происходит смыв и разрушение почвы и даже образование оврагов.

Основным фактором эрозии почв при поливе по бороздам является расход воды в поливную борозду. Он определяет скорость водного потока в ее головной части, а соотношение скорости водного потока и допустимой для данной почвы скорости обуславливает возникновение и развитие процесса ирригационной эрозии. Чем больше расход поливной воды, тем больше ее скорость, и тем больше вероятность возникновения смыва почвы. Влияние расхода воды на ирригационный смыв зависит также от уклона поливной борозды. Чем больше уклон, тем больше скорость движения воды и вероятность возникновения эрозии [6].

Большую роль в процессе ирригационной эрозии играет форма склона. Оптимальной для целей борьбы с ирригационной эрозией следует считать такой продольный профиль борозды, при котором максимальным расходам воды соответствуют малые уклоны, а минимальным расходам – большие. При поливе по бороздам этому условию в наибольшей степени удовлетворяют выпуклые склоны. Однако для полного исключения возможности выноса

почвы за пределы поливной борозды необходимо, чтобы нижняя часть борозды вмела вогнутую форму в целях аккумуляции наносов.

Эрозия почв наносит огромный вред мировому земледелию. Из-за эрозии на земном шаре уже выбыло из сельскохозяйственного оборота 2 млрд. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 50 млн. га – пахотных земель.

Почва представляет собой самовосстанавливающуюся систему, однако для восстановления разрушенного эрозией слоя почвы в 2,5 см естественным путем до исходного состояния потребуется от 300 до 1000 лет, а в 18 см — до 2-7 тысяч лет.

Под влиянием эрозии образуются промоины, которые затрудняют обработку почвы, развиваются овраги, в результате чего уменьшается площадь пахотных земель, разрушаются дороги, заиливаются сельскохозяйственные угодья, а в нижних элементах рельефа — ручьи, реки, озера, пруды. На верхней трети коротких склонов уменьшается или вовсе смывается гумусовый горизонт и резко снижается урожайность сельскохозяйственных культур.

5 Факторы водной эрозии почв.

На интенсивность развития эрозионных процессов большое влияние оказывают климат, рельеф, противоэрозионная устойчивость почв, растительность, хозяйственная деятельность человека и другие факторы.

5.1 Климат

Климат оказывает влияние на развитие эрозионных процессов в результате колебания температур, количества и интенсивности выпадающих осадков, силы ветра. От температуры зависят глубина промерзания почвы, интенсивность таяния снега и оттаивания почвы, сток талых вод, впитывание их в почву. Если постоянный снежный покров устанавливается на

непромерзшей почве, то в процессе его таяния весной вода хорошо впитывается в почву и отсутствуют сток воды, смыв и размыв почвы. Если со склонов зимой снег сносится ветром, то почва оголяется, глубоко промерзает и талые воды мало впитываются, наблюдаются большой сток воды и разрушение почвы.

Непосредственное влияние на размах эрозионных процессов, оказывают суммарное количество осадков, их вид, продолжительность, интенсивность, а также время выпадения. Опосредованно на развитие эрозионных процессов влияют температура, влажность воздуха, а также скорость и продолжительность ветра.

Эрозия почвы во время дождя происходит при совместном воздействии потока воды и падающих капель. Капли дождя разрушают структуру почвы, создают в потоке добавочную турбулентность, повышающую ее размывающую и транспортирующую способность, а также нагружают поток при всплесках оторванными частицами почвы. Капли дождя несут огромную энергию, однако большая часть ее (около $2/3$) расходуется на уплотнение почвы и меньшая - на отрыв и перемещение частиц почвы. Удары капель дождя заставляют подниматься в воздух десятки тонн почвы на одном гектаре, но только часть ее выносятся потоками воды.

Само по себе разбрызгивание почвы также может привести к некоторому преимущественному перемещению частиц с верхней части склона на нижнюю, если уклон достаточно выражен. Это связано с тем, что траектория движения частиц при всплесках вниз по склону длиннее, чем вверх.

Эрозия при снеготаянии отличается меньшей выраженностью, но большей продолжительностью, чем дождевая эрозия. Потери почвы от эрозии при снеготаянии составляют чаще всего несколько тонн с гектара. Продолжительность процесса эрозии почвы при дождях гораздо меньше, чем при снеготаянии и измеряется минутами и часами, а количество смываемой почвы - больше. Оно может достигать десятков тонн на гектар. В этом случае

количество смываемой почвы зависит не только от параметров водного потока, но и от параметров дождевых капель [7].

Масштабы эрозии при снеготаянии определяются параметрами стока талых вод, которые обусловлены климатическими особенностями конкретной местности, водопроницаемостью мерзлой почвы и ее противоэрозионной стойкостью.

Эрозионную способность талой воды характеризуют не только запасы воды в снеге, но и интенсивность снеготаяния. Казалось бы, в южных районах этот показатель должен быть выше, чем в северных, однако в действительности это не так: интенсивность снеготаяния, например, в Подмосковье (0,065 мм/мин) больше, чем на Кубани (0,015 мм/мин). Объясняется это тем, что на юге ко времени весеннего снеготаяния снег залегают не сплошной пеленой, а пятнами. В результате оказывается, что интенсивность эрозии при снеготаянии нарастает с юга на север и с запада на восток, т.е. обратно дождевой эрозии.

5.2 Рельеф

Рельеф косвенным образом влияет на формирование почвенного покрова. Он выступает как перераспределитель тепла, влаги и твердых частиц почвы (при эрозии). Рельеф оказывает влияние на водный и тепловой режимы почв, что существенно сказывается на формирование растительности, а, следовательно, и на почвах. Особенно велика роль рельефа в горных районах и долинах рек. В горных странах, по образному выражению В. В. Докучаева, рельеф является «вершителем почвенных судеб». С формами макрорельефа (горы, низменности, плато и др.) связано распределение почв и растительности в крупных географических масштабах, примером чему может служить явление вертикальной зональности в горах. Чрезвычайно расчлененный рельеф горных стран оказывает огромное влияние на перераспределение продуктов выветривания и почвообразования, определяет пестроту и разнообразие почвенного покрова.

На почвообразование влияет не только макрорельеф, но и мезорельеф. Элементы мезорельефа (водоразделы, долины рек, холмы, овраги, гряды и др.) перераспределяют зональные экологические факторы, обуславливают поселение особой растительности и изменение почв, как это имеет место, например, в долинах крупных рек. На равнинных участках рельефа почти все атмосферные осадки впитываются в почву, повышенные же формы рельефа теряют часть влаги за счет стока в понижения, где нередко происходит переувлажнение и заболачивание почв. Сильный сток воды с крутых склонов вызывает эрозию почв, создает трудные условия для поселения растений. Эрозионные процессы сильнее всего проявляются на крутых склонах южных экспозиций [8].

Длина и крутизна склона, величина водораздела, форма поверхности склона определяют степень развития эрозионных процессов. Чем протяженнее склон и больше его крутизна, тем на большей площади и с большей интенсивностью развивается эрозия. **Интенсивность смыва почвы зависит от формы склона.** На выпуклых склонах она больше, на вогнутых — меньше. Часто склоны имеют сложную форму: в одном месте — выпуклую, в другом — прямую или вогнутую.

Степень размыва почвы и образование оврагов зависят от размера, формы и крутизны склона. Опасность проявления эрозии во многом определяется распределением земель по уклонам. Формирование стока и начало смыва на пашне начинает проявляться с уклонов $0.5-1^{\circ}$. Обычно склоны крутизной

- До 2.5° заняты *слабоэродированными* почвами.
- От 2.5 до 4.5° заняты *среднеэродированными* почвами.
- Свыше 4.5° заняты *сильноэродированными* почвами.

5.3 Почвообразующие породы

Состояние и особенности самих почв оказывают большое влияние на интенсивность эрозии. Так, хорошо оструктуренные, гумусированные почвы легко- и среднесуглинистого механического состава отличаются рыхлостью, хорошей водопроницаемостью, а потому смыв и размыв на них резко сокращаются. Напротив, на бесструктуренных, распыленных, уплотненных почвах тяжелого механического состава вода медленно впитывается, накапливается на поверхности и стекает в пониженные места рельефа, вызывая смыв и размыв почвы.

Образование почвенной корки на поверхности и плужной подошвы, наличие мерзлого слоя затрудняют водопроницаемость, вызывают стоки воды, смыв и размыв почвы. По степени уменьшения противоэрозионной стойкости важнейшие типы обрабатываемых почв можно расположить в такой последовательности: черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые, каштановые, солонцы.

5.4 Растительный покров

Растительный покров сильно уменьшает или полностью устраняет развитие эрозии почв. Густая растительность препятствует прямому удару дождевых капель и разрушению почвенных агрегатов. Часть воды удерживается кроной самих растений, а густой травостой резко замедляет скорость стока воды. Остающиеся растительные остатки (стерня) на поверхности почвы способствуют задержанию и накоплению снега на поле, уменьшению глубины промерзания почвы. Они препятствуют развитию водной и ветровой эрозии почвы.

Таким образом, растительность способствует впитыванию воды почвой, защищает поверхность почвы от разрушения и замедляет передвижение воды по поверхности.

5.5 Антропогенный фактор

Хозяйственная деятельность человека оказывает огромное влияние на эрозионные процессы. Так, повышение удельного веса посевов пропашных культур и чистых паров в севооборотах сопровождается увеличением интенсивности эрозии почвы. Специализация хозяйства, например, на выращивании свеклы способствует усилению эрозии почвы. На склоновых территориях интенсивная механическая обработка с оборачиванием пахотного слоя способствует развитию эрозии почвы. Интенсивная механическая обработка почвы вызывает ее распыление, обесструктурирование и усиление как ветровой, так и водной эрозии. Под влиянием прохода по полю тяжелых тракторов и другой сельскохозяйственной техники почва сильно уплотняется, снижается ее водопроницаемость, увеличиваются сток воды, размыв и смыв почвы.

Противоэрозионная устойчивость почвы в значительной степени зависит от содержания гумуса в ней. Гумус способствует образованию водопрочной структуры почвы, которая препятствует развитию эрозии.

Нерациональное использование земли с высоким насыщением севооборотов пропашными культурами, высокая интенсивность механической обработки почвы, отсутствие почвозащитных севооборотов и посевов многолетних трав способствуют развитию эрозии.

Также к эрозии почв ведет бесконтрольная вырубка лесов. Лес является наиболее эффективной защитой почв от эрозии. Большие деревья с помощью корневой системы и травяные растения, корни которых образуют тонкие сплетения, как бы удерживают почву в "крепкой сетке". Лес задерживает талую и дождевую воду и препятствует этим образованию поверхностного стока. Вода постепенно всасывается почвой, пополняя запас грунтовых вод, поддерживая влажность почвы. Благодаря высокой способности удерживать влагу, лес иногда сравнивают с водохранилищем. Считается, что на 10 тыс. га леса содержится до 500 тыс. м³ воды.

После вырубki леса почвы остаются без защиты: тали и дождевые воды, не задерживаются, стекают по склонам, захватывая частицы почвы и выносят их в реки. В землю попадает лишь незначительная часть влаги. Поверхностный сток воды увеличивается в 2-3 раза, снижая уровень грунтовых вод, что приводит к увеличению засушливости почв.

Кроме того, испарение с поверхности оголенной почвы проходит значительно интенсивнее. Засушливое действие испарения на незащищенных почвах приводит к понижению конденсации влаги в виде росы, что чрезвычайно важно для аридных зон.

6 Меры предотвращения водной эрозии почв

Борьба с эрозией почв - одна из важнейших государственных задач и системе мер, направленных на сохранение, восстановление и преобразование ландшафта. Решать эту проблему можно только проведением комплекса взаимосвязанных мероприятий, основными из которых являются:

- Организационно-хозяйственные.
- Агротехнические.
- Лесомелиоративные.
- Лугомелиоративные.
- Гидротехнические.

Все они направлены на регулирование поверхностного стока, защиту почв от смыва, размыва, намыва, на недопущение и прекращение ветровой эрозии, на восстановление и повышение плодородия эродированных почв и вовлечение их в рациональное хозяйственное использование. При наличии водной эрозии комплекс противоэрозионных мероприятий должен охватывать весь водосборный бассейн. Это позволит рационально регулировать поверхностный сток вод. При выполнении комплекса взаимосвязанных противоэрозионных мероприятий создается противоэрозионная инженерно-биологическая система (ПИБС), где лесные

насаждения являются основным и главнoдействующим элементом. Основной характеристикой целостности ПИБС является гомеостаз - подвижная устойчивость системы и ее способность возвращаться в исходное состояние после временного нарушения структуры при экстремальных возмущениях окружающей среды.

6.1 Организационно-хозяйственные мероприятия

Организационно-хозяйственные мероприятия - это организационно-хозяйственный план землепользования, составленный с учетом требований борьбы с эрозией почв. В него входят размер и форма полей и клеток, направление их длинных сторон, правильное размещение культур с учетом их влияния на эрозионные процессы. Организационно-хозяйственные мероприятия создают необходимые предпосылки для правильного сочетания и размещения элементов противоэрозионного комплекса, безопасного в эрозионном отношении использования земель, повышения их продуктивности.

Основой противоэрозионной организации территории должна быть классификация земель по их использованию, степени эродированности и потенциальной опасности эрозии с детальным учетом характера рельефа и микрорельефа. Кроме того, учитывается направление поверхностного стока и вредоносных ветров, противоэрозионное значение выращиваемых сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Последнее необходимо учитывать в связи с тем, что почва под культурами по-разному защищена от эрозии. Многолетние травы имеют наибольшее противоэрозионное значение: хорошо скрепляют почву корнями, уменьшают скорость течения воды и повышают плодородие почв. Зерновые культуры имеют меньшее противоэрозионное значение ввиду их более редкого стояния и меньшей кустистости. Пропашные культуры более подвержены эрозии, что объясняется частым рыхлением почвы при уходе за ними. Непригодные для земледелия и выпаса скота участки (бросовые земли) отводят под лесные

насаждения. Сильно смытые водой и развеванные ветром уголья используются под почвозащитные севообороты с посевом многолетних трав.

На плоских водоразделах и приводораздельной зоне поля севооборотов направлены поперек вредоносных ветров, а на склонах - вдоль горизонталей. Защитные лесные насаждения на территории землепользования размещаются с учетом их наибольшей эффективности.

Для того чтобы правильно составить план использования площади землепользования и разработать эффективную систему противоэрозионных мероприятий, необходимо произвести противоэрозионную организацию территории. Для этого всю территорию землепользования подразделяют на три противоэрозионные зоны:

- Приводораздельную.
- Присетевую.
- Гидрографическую.

В приводораздельную зону входит та часть территории землепользования, на которой отсутствуют резко выраженные процессы водной эрозии. Сюда входят водораздельные плато и прилежащие к ним склоны с уклоном до 3° . Основные мелиоративные мероприятия в приводораздельной зоне должны быть направлены на борьбу с засухами, суховеями и пыльными бурями.

В присетевую зону включают участки землепользования с процессами плоскостной эрозии - смыв более или менее равномерного слоя почвы со всей поверхности. Эти участки имеют уклон от 3° до 9° , прилегают к приводораздельной зоне и выделяют под почвозащитные севообороты в основном для борьбы со смывом почвы.

К гидрографической зоне относят гидрографическую сеть и прилежащие к ней склоны с крутизной 9° и более. Под гидрографической зоной понимают систему естественных понижений на поверхности земли, по которой стекают воды поверхностного стока, поступающие с прилегающих склонов. Она состоит из пяти основных звеньев - ложбин, лощин, суходолов,

балок и долин и при осмотре сверху похожа на лежащее дерево, ствол которого является долиной, а балки, суходолы, лоцины и ложбины - ветвями первого, второго, третьего и четвертого порядков.

Верхним звеном гидрографической сети является ложбина. Она представляет собой небольшое понижение с неясно выраженными берегами.

Лощина имеет более глубокое понижение с ярко выраженными берегами.

У суходола берега не только ярко выражены, но и резко асимметричны по внешней стороне. Инсолируемый берег у них крутой, теневой- пологий.

Балка имеет слабо симметричные берега и более широкое дно. На дне балок обычно наблюдается выход грунтовых вод в виде постоянно или временно действующего ручья. Балка переходит или впадает в речную долину. Последняя воспринимает сток от всех вышележащих звеньев гидрографической сети.

Для гидрографической зоны характерны процессы линейной эрозии - почва и подстилающие ее породы разрушаются в вертикальном по отношению к водным потокам направлении. Потоки сосредоточены в узком русле. Проектируемые мелиоративные мероприятия в этой зоне в первую очередь должны быть направлены на борьбу с линейной эрозией, вред от которой больше, чем от плоскостной.

6.2 Агротехнические мероприятия

Агротехнические мероприятия должны обеспечивать усиленное водопоглощение почвами, перехват талых и ливневых вод, повышать плодородие почв, препятствовать ветровой и водной эрозии, улучшать почвенный микроклимат. Указанные мероприятия включают при наличии водной эрозии глубокую обработку почвы по горизонталям, проведение специальных водозадерживающих приемов обработки (прерывистое бороздование, крестование, лункование, щелевание и др.), углубление пахотного слоя, снегозадержание и регулирование снеготаяния, внесение

удобрений. Это способствует поднятию плодородия. В районах ветровой эрозии большое влияние на дефляцию почв оказывают состояние сельскохозяйственных угодий и скорость ветра. Для предотвращения эрозии применяют безотвальную систему обработки почвы с внесением минеральных удобрений и сохранением стерни, посев кулис высокостебельных трав для снижения скорости ветра и задержания снега.[9]

Большое значение имеет внедрение почвозащитной бесплужной системы земледелия. Только переход от отвальной вспашки к бесплужной обработке уменьшает смыв почвы в 2—4 раза. А дополнение ее щелеванием (Рисунок 6.2.1) на склонах круче 1° уменьшает смыв почвы в 18—23 раза. Щелевание увеличивает фильтрацию осадков и подток влаги к корневой системе трав от уровней грунтовых вод, улучшает влагообмен в корнеобитаемом слое почвы, создает благоприятные условия для более глубокого проникновения корней трав [10].



Рисунок 6.2.1 – Щелевание лугопастбищных угодий

Бесплужная обработка, замедляя нитрификационные процессы в почве, уменьшает содержание свободных нитратов в сельскохозяйственной продукции, т.е. Позволяет вырастить экологически чистую продукцию. Вспашка с оборотом пласта, столетиями культивирующаяся в отечественном земледелии, нарушает естественные законы почвообразования и внутрипочвенные взаимосвязи. Дело в том, что верхние горизонты почвы заселены аэробной биотой, требующей для жизни кислород, а нижние

горизонты, наоборот, — анаэробной биотой, для которой кислород губителен. С оборотом пласта почвенная биота становится нежизненной и погибает, превращая пахотный слой в полуинертную порошкообразную массу, нарушая внутрипочвенные взаимосвязи. Чтобы после такого вмешательства восстановить равновесие, требуется систематическая бесплужная обработка в течение 5—10 лет.

Бесплужная обработка почвы позволила использовать в качестве удобрения помимо навоза, которого всегда не хватает, малоценную часть урожая: солому, измельченные стебли кукурузы, подсолнечника и других грубостебельных культур, ботву картофеля, томатов, кормовой и сахарной свеклы и т.п. Любые пожнивные органические остатки при бесплужной обработке почвы можно использовать для воспроизводства почвенного плодородия.

Выполнение агротехнических мероприятий на высоком уровне дает большой эффект. Исследованиями в Каменной степи на участках крутизной 2° установлено, что обработка почвы поперек склона сокращает весенний полевой сток в 2 раза, а смыв почвы в 8 раз. Проведение прерывистых борозд в количестве 4 тыс. шт./га позволяет задержать на 1 га пашни дополнительно до 320 м³ воды. Прерывистые борозды можно создавать однокорпусными плугами. Борозды нарезают длиной 5 - 6 м с разрывами через 1 - 1,5 м. На почвах тяжелого механического состава при крутизне склона до 3° их проводят на расстоянии 2 - 3 м, на супесчаных и суглинистых почвах при крутизне склона 2° - примерно через 10 м. На более крутых склонах это расстояние уменьшают до 4 - 6 м.

6.3 Лесомелиоративные мероприятия

Лесомелиоративные мероприятия направлены на устранение причин возникновения ветровой и водной эрозии. Создание и выращивание взаимодействующей системы защитных лесных насаждений в комплексе с

другими мероприятиями является мощным фактором борьбы с этим явлением.

Лесные насаждения для защиты почв от водной эрозии в равнинных районах создают чаще всего в виде полос (стокорегулирующих, прибалочных, приовражных к др.), а также в виде сплошных и куртинных насаждений. Эти насаждения одновременно служат для защиты сельскохозяйственных культур от ветровой эрозии и суховеев.

Противоэрозионная роль лесных насаждений состоит в улучшении водно-физических свойств почв, что обеспечивает усиленное просачивание талых и ливневых вод и уменьшение поверхностного стока. Почва под лесными насаждениями в условиях степи может поглотить от 150 до 300 - 400 мм талой воды в час. Это в 20 раз превышает водопоглощение пашни. Каждый гектар противоэрозионных насаждений переводит примерно 1700 м³ талых вод в грунтовый сток.

6.3.1 Стокорегулирующие лесные полосы

Предназначены для задержания и регулирования поверхностного стока, предотвращения смыва и размыва почвы на нижележащих частях склонов, равномерного снегораспределения, а также выполняют полезную роль. Их создают на склонах крутизной более 1,5- 2°, где наблюдается интенсивный сток воды и водная эрозия почв. Располагают полосы поперек склона на расстоянии, определяемом длиной и крутизной склона.

На склонах до 4° расстояние между стокорегулирующими полосами не должно превышать: на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах - 350 м, на выщелоченных, типичных, обыкновенных и южных черноземах - 400 м, на каштановых почвах - 300 м. На склонах круче 4° расстояние между полосами уменьшается до 100 - 200 м. Стокорегулирующие полосы создают ажурные, а на ветроударных склонах - ажурной и продуваемой конструкции шириной не более 15 м. При наличии бросовых земель в нижней части

склона ширина стокорегулирующей полосы, создаваемой на границе пахотных и бросовых земель, увеличивается до 50 м и более.

Непременным условием обработки почвы при создании стокорегулирующих полос является пахота поперек склона (по горизонталям). В остальном агротехника аналогична применяемой при создании и выращивании полезащитных полос. Для повышения противозерозионной роли стокорегулирующих полос их создание следует сочетать с обвалованием нижней опушки, сооружением прерывистой канавы в нижнем междурядье или глубоким щелеванием междурядий. Это проводят с целью обеспечения временного затопления почв лесной полосы; интенсивного впитывания воды почвой во время снеготаяния и ливней; задержания максимально возможного объема воды в лесополосе и тем самым уменьшения стока; кольматажа твердого стока, принесенного водным потоком. Обвалование нижней опушки лесополосы проводят двухкратным проходом плантажного плуга с отваливанием пласта в сторону лесополосы. При этом образуется вал высотой примерно 50 см. В валах рекомендуется устраивать водосбросы глубиной 10 см и шириной 2 м, закрепляемые дерниной или каменной наброской. Для лучшего задержания воды и предотвращения ее стока вдоль вала рекомендуется иметь через каждые 40 - 80 м насыпные поперечные перемычки.

6.3.2 Прибалочные лесные полосы

Создают вдоль бровок, балок с целью предотвращения размыва, сдувания в балки снега с полей, улучшения микроклимата на прилегающей территории, дополнительного увлажнения и хозяйственного использования прилегающих малопродуктивных земель. Полосы задерживают поверхностный сток и переводят его во внутрипочвенный. Ширина прибалочных полос устанавливается в пределах от 12,5 до 21 м. На слабосмытых почвах заветренных и теневых экспозиций в районах с устойчивым снежным покровом она составляет 12,5 - 35 м. На средне и

сильносмытых почвах, с наличием промоин, чаще всего южных экспозиций, ветроударных склонов прибалочные полосы создают шириной. 15 - 21м. Полосы обычно создают плотной конструкции с расстояниями между рядами 2 - 2,5 м, а в сухостепных районах - 3 - 4 м.

Прибалочные полосы часто создают на смытых и сильносмытых почвах, на участках, хорошо дренированных. Поэтому древесные породы и кустарники должны быть малотребовательными и устойчивыми, с глубокой корневой системой. Кустарники, как правило, высаживают в опушечные ряды, а в отдельных случаях - в одном или двух средних рядах. Если прибалочная полоса граничит с сельскохозяйственными землями или лугопастбищными угодиями вводить корнеотпрысковые породы в крайние ряды к полю нельзя. В опушечные ряды следует высаживать плодовые породы и ценные ягодные и орехоплодные кустарники (облепиху, смородину золотую, иргу, лещину и др.).

Агротехника выращивания прибалочных полос должна учитывать значительную дренированность территории и быть направлена на обеспечение максимального поглощения поверхностного стока, накопления и сохранения влаги в почве и уничтожения сорной растительности. Способ обработки устанавливается в зависимости от крутизны склона, степени смытости почв и возможности возникновения водной эрозии.

6.3.3 Приовражные лесные полосы

Предотвращают рост действующего оврага, защищают его откосы от размыва, регулируют поверхностный сток, улучшают микроклимат на прилегающей территории, отеняют откосы, улучшают их гидрологический режим, способствуют естественному зарастанию и рациональному использованию эродированных земель. Полосы размещают вдоль оврагов на расстоянии ожидаемого осыпания откоса, но не ближе 3 - 5 м от бровки оврага с установившимися откосами или на расстоянии 1 - 2 м от будущей бровки. Местонахождение бровки можно определить исходя из глубины

оврага и угла естественного откоса данного грунта. Для песка он составляет примерно 33° , для суглинка -15° и глины -65° . При скреплении почвы корневыми системами древесных пород и кустарников угол естественного откоса повышается.

При наличии отвершков и промоин приовражную полосу создают вдоль каждого из них, но только в том случае, если расстояние между ними более 100 м. При меньшем расстоянии создают одну полосу, расположенную выше вершин отвершков и промоин, а площадь между ними подлежит и (лужению или облесению).

Приовражные полосы создают плотной конструкции шириною 12,5 - 21 м. Вдоль вершины оврага, в которую поступает основной объем мекающих вод, полосы высаживают шириною 21 м и более. Эти полосы, расположенные по обеим сторонам оврага, должны быть продлены выше аршины на 20 - 50 м с оставлением между ними задернованного дна водоотводящего тальвега шириной 3 - 4 м. Величина продления полосы выше вершины определяется исходя из скорости роста оврага.

Облесение склонов и донной части оврагов и балок проводят после завершения комплекса противоэрозионных работ в пределах водосбора и русловой части овражно-балочной сети, а также в том случае, если указанные земли нельзя использовать для выращивания трав, плодовых или виноградных культур. Склоны и берега оврагов и балок северных, северо-западных экспозиций наиболее благоприятны для выращивания леса. Склоны и берега южных экспозиций, особенно если они находятся под ударами ветра, имеют неблагоприятные условия для выращивания леса. В пределах каждой из этих экспозиций лучшие лесорастительные условия создаются в нижней части берегов. В связи с этим облесительные работы даже на достаточно пологих склонах всегда надо начинать с нижней части. Верхняя и средняя части склонов оврага или балки могут быть оставлены для естественного облесения за счет приовражной и прибыточной полосы, а также за счет насаждения в нижней части склона.

Облесение донной и русловой части оврагов и балок можно проводить сплошной посадкой леса или плодово-ягодных насаждений. В этом случае русло должно быть неразмываемым, приближающимся по своей крутизне к углу естественного откоса. При значительном стоке воды и больших скоростях течения центральную часть русла и днища (водоток) оставляют необлесенной для пропуска талых и ливневых вод. В этой части можно высаживать только кустарниковые ивы, которые будут задерживать взвешенные частицы почвы.

Агротехника выращивания приовражных, прибалочных и других овражно-балочных насаждений должна быть направлена на обеспечение максимального поглощения поверхностного стока, накопление и сохранение влаги в почве, и уничтожение сорной растительности. Способ обработки почвы устанавливается в зависимости от крутизны склона, степени смывости почв и возможности возникновения водной эрозии.

На склонах крутизной до 4° со средне- и слабосмытыми почвами почву готовят также, как и при создании полезащитных лесных полос.

Участки с уклоном от 4 до 6° со средне- сильносмытыми почвами пахут на глубину гумусового горизонта с одновременным углублением до 35-40 см или проводят глубокое рыхление почвы.

Склоны 6° и 12° обрабатывают полосами, бороздами или устраивают напашные террасы. Напашные террасы создают путем многократного прохода плугом по горизонталям с отваливанием пласта вниз по склону. Этот агроприем проводят до тех пор, пока полотно напашной террасы будет иметь горизонтальную поверхность.

При крутизне склона $12 - 30^\circ$ устраивают выемочные-насыпные террасы шириной 2,5 - 5 м с обратным уклоном. Почву на террасах обрабатывают одновременно с их нарезкой или вслед за ней на глубину 25 - 27 см, а в степных районах -с углублением до 35 см. На небольших участках крутых склонов и берегах балок, где невозможно применить тракторную или конную тягу, почву обрабатывают в виде площадок размером 1 - 2 м,

расположенных в шахматном порядке с расстояниями между их центрами 3 - 5 м.

Стокорегулирующие, прибалочные и приовражные лесные полосы создают смешанными из нескольких древесных пород, а в необходимых случаях и кустарников, высаживаемых чистыми рядами. В стокорегулирующих полосах кустарники размещают со стороны стока в крайних рядах, а иногда и внутри полосы, в приовражных и прибалочных - в опушечных рядах, а в ряде случаев - в центральной части полосы. Со стороны пастбищ в прибалочные и приовражные полосы вводят колючие кустарники. Для скрепления почвы корнями в крайние к бровке оврага ряды приовражных полос высаживают корнеотпрысковые засухоустойчивые породы, а для обсеменения откосов оврагов - клены и акацию белую.

При создании противоэрозионных насаждений используют сеянцы и неокоренные черенки, высаживаемые рядами на расстоянии не более 3 м в лесостепной зоне на всех почвах и в степной зоне на черноземах. В зоне каштановых почв расстояние между рядами равно 3 - 4 м. Насаждения из дуба целесообразно выращивать путем строчно-луночного посева желудей, обеспечивающего дубкам затенение с боков. Расстояние между лунками в рядах составляет 1 м, в каждую лунку высевают 3-6 желудей.

При выращивании прибалочных лесных полос на несмытых и слабосмытых почвах рекомендуют использовать ленточный способ выращивания дубовых насаждений (лента из 2 - 3 сближенных рядов через 0,3 - 0,5 м, расстояние между центрами лент 4 - 5 м). На ветроударных освещенных склонах Центрально-Черноземной зоны может быть принята такая схема: в крайний ряд высаживают тополь в смешении с кустарником, затем располагают две ленты дуба, состоящие из трех строчек каждая. После этого снова высаживают ряд тополя с кустарником. Расстояние между центрами лент, а также между рядами быстрорастущих пород и лентами составляет 3,5- 4 м, а размещение дуба в ленте 0,4x0,2 м. При обработке

почвы площадками в каждую из них высаживают 5-6 сеянцев или высевают 20 - 30 всхожих желудей. Агротехнический уход проводят путем рыхления почвы и применения гербицидов.

6.4 Лугомелиоративные мероприятия

Лугомелиоративные мероприятия предусматривают залужение склонов, что является эффективным методом борьбы с эрозией почв. Травянистая растительность имеет мощную разветвленную корневую систему и густую надземную часть, прочно скрепляет верхние горизонты почвы, создавая на пути стока большую шероховатость, благодаря которой снижается скорость течения водных потоков и происходит кольматаж (отложение твердого стока). За счет задержанного мелкозема и отпада органического вещества растений постепенно восстанавливается плодородие смытых почв. Залужение склонов позволяет в большинстве случаев почти полностью предотвратить эрозионные процессы и повысить продуктивность угодий.

Для залужения земель в пределах гидрографического фонда применяют травосмеси из 2 - 4 видов трав. Формируют травосмеси с учетом почвенных условий, лесорастительной зоны, экспозиции и крутизны склона.

Перед залужением заравнивают промоины, а затем в зависимости от степени эрозионности склона производят сплошную или полосную вспашку. На крутых (до 12°) берегах гидрографической сети во избежание смыва и размыва применяют полосное залужение. Распаханные полосы шириной 40-50м чередуют с нераспаханными (буферными) шириной 10- 15м. Через 2-3 года, когда посеянная травянистая растительность способна защитить склон от эрозии, распахивают и засеивают буферные полосы. На более крутых берегах (свыше 12°), подверженных сильной эрозии, почву пахут полосами шириной 20 - 30 м с оставлением защитных (буферных) полос шириной 15-20 м.

В северных лесостепных районах для залужения используют травосмеси из бобовых и злаковых; в центральных лесостепных - костер безостый, овсяницу луговую, люцерну желтую, экспарцет песчаный; в степных - люцерну желтую, экспарцет песчаный, житняк, пырей, костер безостый.

При залужении сильно эродированных земель в пределах гидрографического фонда применяют травосмеси из наиболее засухоустойчивых высокоурожайных, зимостойких и долговечных трав (клевер, люцерна желтая и желто-гибридная, экспарцет песчаный, костер безостый и прямой, житняк широкополосный, овсяница луговая).

6.5 Гидротехнические мероприятия

Гидротехнические мероприятия применяют в том случае, когда необходимо быстро ликвидировать разрушительное действие водной эрозии. Осуществляются они в комплексе с организационно-хозяйственными, агротехническими и лесомелиоративными мероприятиями. Противоэрозионные гидротехнические мероприятия проводят прежде всего для регулирования и задержания стока талых и дождевых вод, закрепления оврагов и промоин. Основным гидротехническим мероприятием по защите почв от эрозии и повышению производительности земельных угодий является регулирование и задержание стока вод. Для этого строят пруды, водоемы, лиманы, валы с широким основанием и другие сооружения, которые проектируют с учетом полного задержания стока талых и ливневых вод. Если на склонах невозможно задержать весь сток, его с помощью водоотводящих и водорассеивающих сооружений и устройств отводят в безопасные в эрозионном отношении места.

Закрепление оврагов и промоин осуществляется путем строительства простейших гидротехнических сооружений: распылителей поверхностного стока, водозадерживающих и водоотводящих валов и канав, водосбросных вершинных устройств и донных запруд. Распылители поверхностного стока

призваны вывести из ложбин воду на прилегающие задернованные пологие склоны. Для прекращения роста береговых оврагов достаточно иметь 2-3 распылителя. Первый размещают на расстоянии 10 - 15 м от вершины оврага, второй и третий - на расстоянии 20 - 30 м от предыдущего.

Водозадерживающие валы, широко применяются для борьбы с ростом вершин оврагов. Они задерживают полевой сток, предотвращают рост оврагов, увлажняют почву на прилегающих участках и ослабляют эрозию нижележащих угодий. Наибольший эффект они дают при величине водосбора до 30 га с уклоном поверхности до $2-3^\circ$ и до 5 га - при уклоне $3-6^\circ$. Количество водозадерживающих валов и их размеры зависят от объема воды, подлежащей задержанию. Более эффективна система валов, рассчитанная на полное задержание ливневого стока 10%-ной обеспеченности (максимальный сток за 10 лет). Водозадерживающие валы чаще размещают перед вершиной действующего оврага - первый на расстоянии, равном двойной или тройной высоте вершины оврага. Гребни вала, перемычки и шпоры должны быть строго горизонтальными. Для ограничения движения воды вдоль вала на его концах устраивают шпоры, а на остальной части через каждые 50 м ~ перемычки. Широкое распространение получили валы, имеющие общую высоту 1,2 м, рабочую - 0,8 - 1,0 м, ширину по гребню - 2 - 2,2 м, ширину основания 5 - 6 м, откосы - полуторные или мокрый откос-двойной, сухой- одинарный. Устройство водозадерживающих земляных валов начинают со вспашки площади, намеченной под гребни вала и выемку. После этого осуществляется насыпка валов бульдозерами или скреперами.

Водоотводящие валы и каналы сооружают поперек склона перед вершиной оврага для перехвата и отведения стока в безопасное место. Принципиальное отличие этих сооружений от водозадерживающих валов в том, что они не имеют перемычек и шпор и размещаются под небольшим углом к горизонталям. Крутизна падения русел этих сооружений не превышает $0,5 - 2^\circ$. Это обеспечивает замедление скорости потока воды до такой степени, что не вызывает размыва. Рост вершины оврага может быть

приостановлен устройством водозадерживающих валов в сочетании с водоотводящими валами и канавами. В этом случае водоотводящие сооружения располагаются между вершиной оврага и первым водозадерживающим валом. Они призваны отвести воду, которая не была задержана водозадерживающими валами, в безопасную в эрозионном отношении зону.

В том случае, если необходимо быстро прекратить рост оврага в длину, а условий для устройства водозадерживающих валов нет, создают водосбросные вершинные сооружения. Они могут быть представлены: быстроточками, ступенчатыми перепадами или консольными сбросами. Быстроточки - наклонные трубы или лотки, по которым вода стекает сверху вниз без отрыва от их дна. Эти сооружения состоят из следующих частей:

- Приемной части (водовхода).
- Проводящей части (быстроточка), по которой вода из приемной части поступает суженным потоком к донной части оврага.
- Водобойной части (водобойного колодца), где происходит гашение кинетической энергии воды, после чего она далее течет спокойно по горизонтальной поверхности, не вызывая разрушений [11].

Перепады - это ступенчатые сооружения, по которым вода движется на некоторой части пути по их дну, а на остальных участках с отрывом от него, в виде водопада.

Запруды устраивают для ликвидации донных размывов и прекращения выноса почвенных частиц в реки, водоемы и т.п. Наиболее простыми являются запруды из фашин и плетней, устраиваемые высотой 0,4-0,8 м. Примерное число запруд может быть определено делением высоты оврага (разность между высотой верхней и нижней точек оврага) на высоту запруды. Устройство запруд начинается с выкопки канавы глубиной 0,5 м, идущей поперек дна оврага. Затем через 15 - 20 см забивают живые ивовые колья длиной 1,5 м и диаметром 6-8 см, которые заплетают хворостом. Колья и хворост лучше брать живыми. В этом случае они в результате прорастания

создадут донные насаждения и прочно скрепят грунт корневыми системами. Со стороны вершины оврага у плетня делают отсыпку из глинистого грунта, покрываемую дерном.

Таким образом, водная эрозия почв является естественным процессом, но в результате антропогенной деятельности эрозия становится ускоренной, становясь основной причиной уменьшения площадей сельскохозяйственных угодий. Поэтому своевременное проведение противоэрозионных мероприятий способствует сохранению ценнейшего природного ресурса – плодородного слоя почвы.

Список используемых источников

Список используемых источников к части 1

1. Каздым А.А. Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий — Санкт-Петербург: Наука, 2006 г.- 160 с.
2. Стреж О. П., Луговых А. А.. Экология / Ecologia. — Санкт-Петербург: АСТ, Восток-Запад, 2007 г.- 192 с.
3. Смирнов В.В. Урбанизация как процесс/В мире науки, № 12, 2005г. — с.17-21.
4. Оленьков В.Д. Градостроительная безопасность. — Санкт-Петербург: ЛКИ, 2007.- 104 с.
5. Гринев В.П. Новое в порядке предоставления земельных участков для строительства и развития застроенных территорий. — Санкт-Петербург: Ось-89, 2009- 160 с.
6. Кратцер П. А. Климат города, 1949; перевод *С. П. Хромова*, Москва, 1958.
7. Методические рекомендации по разработке схем зонирования территории города МДС 30-1.99, Москва, 1999, - 5с.
8. Денисов В. Н. , Лукманов Ю. Х. Благоустройство территорий жилой застройки: — Москва, МАНЭБ, 2006 г.- 224 с.
9. Семутникова Е.В. Городская среда и зонирование территории, «ЭКО-Журнал», №5 май 2009 г., С. 28-31.
10. Машинский В. Л. Озеленение и благоустройство селитебной территории Москвы: — Санкт-Петербург, Компания Спутник +, 2009 г.- 406 с.
11. Несветайло К.А. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды: Аграрная Россия. – 2009. – Спец. Выпуск. - с. 256.

Список используемых источников к части 2

1. Колесников В.А., Меньшутина Н.В. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод. – Москва: ДеЛи принт, 2005. – 266 с.
2. Незнамова Е. Г. Основы коррекции экологических ситуаций в трех средах: учебное пособие / Е. Г. Незнамова. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. - 154 с.
3. Биотехнология [Электронный ресурс] : URL : <http://biotechnolog.ru> (Дата обращения 2013г.).
4. Общая информация о системах водоотведения [Электронный ресурс] : URL : <http://clickpilot.ru> (Дата обращения 2012г.).
5. Пользователь природных ресурсов [Электронный ресурс] : Комбинированный метод очистки воды : URL : <http://dacha-septik.ru> (Дата обращения 2013г.).
6. Дальневосточный Государственный университет Путей сообщения [Электронный ресурс] : URL : <http://edu.dvgups.ru> (Дата обращения 2013г.).
7. Российский химико-технический университет Д.И.Менделеева [Электронный ресурс] : Очистка сточных вод : URL : <http://enviropark.ru> (Дата обращения 2013г.).
8. Транснациональный экологический проект [Электронный ресурс] : Очистка промышленных сточных вод : URL : <http://hydropark.ru> (Дата обращения 2012г.).
9. Информационный портал средства и методы очистки, подготовки сточных вод [Электронный ресурс] : URL : <http://library.fentu.ru> (Дата обращения 2012г.).
10. Группа компаний НПК [Электронный ресурс] : Системы водоподготовки и очистки сточных вод : URL : <http://mediana-eco.ru> (Дата обращения 2013г.).

11. Вода – основа жизни на земле, водоподготовка – наша специальность [Электронный ресурс] : Технологии промышленной водоподготовки : URL : <http://mediana-filter.ru> (Дата обращения 2013г.).

12. Подготовка гомеопатических растворов [Электронный ресурс] : URL : <http://o8ode.ru> (Дата обращения 2013г.).

13. Профессиональные решения очистки воды [Электронный ресурс] : Очистные сооружения : URL : <http://vo-da.ru> (Дата обращения 2013г.).

14. НИИ энергетического машиностроения [Электронный ресурс] : Очистные сооружения. Проектирование. Строительство. Запуск. Очистка воды. Водоподготовка и очистка сточных вод : URL : <http://voda-proekt.narod.ru> (Дата обращения 2013г.).

15. Информационный портал о воде [Электронный ресурс] : URL : <http://vodainfo.com> (Дата обращения 2013г.).

16. Локальные системы очистки вод [Электронный ресурс] : системы очистки сточных вод : URL : <http://vsoslav-eco.ru> (Дата обращения 2013г.).

17. Информационный портал методы и системы очистки сточных, промышленных вод [Электронный ресурс] : URL : <http://works.tarefer.ru> (Дата обращения 2012г.).

Список используемых источников к части 3

1. Эрозия (геология) // Википедия – Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] : URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F_%28%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29 (Дата обращения 2012г.).

2. Виды и формы эрозии почв и районы ее распространения. Водная эрозия //Okade.ru. [Электронный ресурс] : URL : <http://www.okade.ru/vodnaya-eroziya.html> (Дата обращения 2012г.).

3. Сухарев: Основы экологии и охраны окружающей среды // Биофакторы. [Электронный ресурс] : URL: <http://biofactory.ru/books/10.html> (Дата обращения).

4. Короновский Н.В. Ясаманов Н.А. Геология: Учебник для экологических специальностей вузов» – М.: Изд.центр «Академия», 2007 - 448с.

5. Селевые потоки, оползни, обвалы и лавины // Жизнь без опасностей. 2010. №2 (Журнал)

6. Факторы смыва почв при поливе по бороздам // Образовательный проект "Наука о почве" [Электронный ресурс] : URL: <http://www.soil-science.ru/page-id-293.html> (Дата обращения 2012г.).

7. Виды водной эрозии // Образовательный проект "Наука о почве"[Электронный ресурс] : URL: <http://www.soil-science.ru/page-id-242.html> (Дата обращения 2012г.).

8. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учебное пособие. 2-е изд.,испр. и доп., - М.: Изд.центр «Фаир-пресс», 2002 – 560с.

9. Родин А.Р., Родин С.А., Рысин С.Л. Лесомелиорация ландшафтов: Учебное пособие для студентов по направлению 656200. 4-е изд. доп., испр. - М.: МГУЛ, 2002 - 127 с.

10. Булыня А.А., Погодин Н.Н. Как повысить урожайность сельскохозяйственных культур на осушенных землях 2009 года // Белорусское сельское хозяйство. 2009. №3(83). (Журнал).

11. Гидротехнические мероприятия // Лесное хозяйство – информационный ресурс [Электронный ресурс] : URL: <http://www.lecinfo.ru/> (Дата обращения 2012г.).