

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩА	7
1.1 Источники поступления биогенных элементов в водохранилища.....	7
1.2 Методика расчета для определения величины выноса биогенных веществ с водосборов	17
1.3 Последствия воздействий биогенных элементов на водоемы	23
1.4 Анализ качества воды в водохранилищах Волжского бассейна	30
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПОСТУПЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОЕМЫ.....	36
2.1 Мероприятия по снижению факторов, сопутствующих попаданию биогенных элементов в водоисточники	37
2.2.1 Поля орошения и поля фильтрации.....	37
2.2.2 Биологические пруды	44
2.2.3 Лесные насаждения	49
2.2.5 Система биоплато	57
2.2 Предотвращение разрушения и размыва берегов водоисточников	59
2.3.1 Крепление берегов дерном.....	59
2.3.2 Засев многолетних трав для крепления берега	61
2.3.3 Крепление берегов плетением, биоматами и геоячейками.....	64
2.3.5 Габбионы	67
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПОСТУПЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОЕМЫ.....	72
3.1 Комплексные мероприятия по защите водоемов от поступления биогенных элементов	72
3.2 Разработка элементов биоплато на габбионах.....	74
3.3 Очистка дна от ила.....	77
3.3.1 Химический метод очистки от ила.....	77

3.3.2 Механизированный метод очистки дна от ила	78
3.3.3 Гидромеханический метод очистки от ила.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

Введение

Актуальность работы: С каждым годом увеличивается поступление биогенных элементов в водоемы, которые негативно влияют на состояние источников централизованного водоснабжения.

Основными источниками биогенных элементов являются хозяйственно-бытовые, промышленные, сельскохозяйственные сточные воды, рассеянный сток с прилегающих территорий (особенно с сельхозугодий), флот, переработка берегов и руслоформирующие процессы, донные отложения, массовое развитие фитопланктона ("цветение" воды), обрастание откосов каналов и стенок водоводов. Биогенные элементы, поступающие в природные водоемы с поверхностным стоком, приводят к качественным изменениям воды, которые проявляются в изменении химического состава воды и ее физических свойств. Повышенное содержание биогенных элементов приводит к интенсивному размножению водорослей и «цветению» водоемов, вода при этом приобретает неприятный запах и вкус, ее прозрачность снижается, увеличивается цветность, повышается содержание растворенных и взвешенных органических веществ.

Улучшить качество воды в водохранилищах по содержанию в ней биогенных элементов можно предотвращением поступления сточных вод в водоисточники по трассе каналов, включая смыв с сельхозугодий; противопланктонной защиты головного водозабора, уменьшающей обогащение воды биогенными элементами в результате их регенерации при разложении массы синезеленых водорослей; использованием высшей водной растительности (биоплато); мероприятиями, способствующими захоронению биогенных элементов в донных отложениях поддержанием стабильных уровней воды.

Снижение уровня биогенных загрязнений является актуальной задачей для всех водоемов Российской Федерации.

В данной магистерской диссертации рассматриваются методы предотвращения поступления биогенных элементов в водоисточники хозяйственно-питьевого назначения, на основе которых разработан комплекс мероприятий, состоящий из габионных конструкций и системы биоплато.

Объект исследования: поверхностные водоисточники хозяйственно-питьевого назначения.

Предмет исследования: биогенные загрязнения водохранилищ хозяйственно-питьевого назначения.

Целью работы: разработка мероприятий по снижению уровня биогенных элементов, поступающих в водоисточники хозяйственно-питьевого назначения.

Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:

– Анализ влияния биогенных элементов на биологические процессы водоисточников;

– Анализ существующих методов борьбы с поступлением биогенных элементов в водоемы;

– разработка комплекса мероприятий по снижению уровня загрязнений биогенными элементами водохранилищ.

Научная новизна заключается в:

– Теоретическом обосновании поглощения биогенных элементов высшей водной растительностью и предотвращения их поступления в водоисточники за счет укрепления берега габионными конструкциями;

– Разработке мероприятий, включающих в себя комплекс мер по предотвращению поступления биогенных элементов в водоемы за счет поглощения данных элементов высшей водной растительностью, а также за счет берегоукрепления;

– Получении и анализе опытных данных о применении комплексного метода по защите от поступления биогенных элементов в водоемы.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые конструктивные решения позволят снизить нагрузку на очистные сооружения и улучшить качество воды в водохранилищах хозяйственно-питьевого назначения.

Личный вклад автора состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке конструктивных решений, предотвращающих попадание биогенных элементов в водоемы, на основе сочетания габионных конструкций, являющихся берегоукрепительным мероприятием, и способностью высших водных растений поглощать биогенные элементы из сточных вод.

На защиту выносятся: Комплексная система очистки поверхностных вод, предотвращающая попадание биогенных элементов в водоисточники.

Апробация работы. Результаты работы доложены на международных конференциях представлены в сборниках трудов:

1. Матюх В.А., Лушкин И.А. О влиянии увеличения биогенной нагрузки на эвтрофикацию водоемов. В сборнике статей VI Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». – Пенза, МНИЦ, 2017.

2. Матюх В.А. О возможности сокращения поступления биогенных элементов в водохранилища волжского бассейна. – В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – Пенза, МНИЦ. 2017.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 66 наименований. Общий объем работы 90 стр., включая 21 иллюстрацию и 6 таблиц.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩА

1.1 Источники поступления биогенных элементов в водохранилища

Биогенные элементы – это элементы, входящие в состав организмов и выполняющие биологические функции. Основными биогенными элементами являются: азот, водород, кислород, углерод, натрий, фосфор, сера, кальций, калий, хлор. Указанные выше элементы играют важную роль в биологических процессах, происходящих в природных экосистемах.

Известно, что биогенные элементы, попадающие в водоемы с поверхностным стоком, являются главной причиной развития в них водорослей, которые вызывают эвтрофирование. Эвтрофирование водоема может произойти как в процессе естественного старения, так и при антропогенных воздействиях.

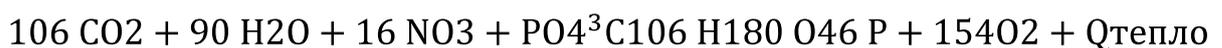
Эвтрофированием водоема называется процесс ухудшения качества воды из-за достаточно большого поступления в водоем биогенных элементов, наиболее важными из которых являются соединения азота и фосфора. Это естественный процесс, который обуславливается постоянным поступлением биогенных элементов в водные экосистемы с водосборных территорий. В настоящее время на территориях с постоянно развивающимся сельским хозяйством и на территориях с высокой плотностью населения интенсивность процесса эвтрофирования водоемов увеличивается из-за сброса в них коммунально-бытовых стоков, стоков предприятий пищевой промышленности и животноводческих ферм, а также из-за смыва с полей внесенных удобрений поверхностным стоком.

Пример водоема с постоянным поступлением биогенных элементов представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1– Эвтрофированный водоем

К развитию водорослей приводит содержание в воде соединений фосфора и азота, меньше на это влияет углерод. Балансовое уравнение фотосинтеза показывает связь эвтрофирования водоемов с обогащением их азотом и фосфором:



Согласно данному закону увеличение концентрации азота и фосфора в воде приводит к возрастанию скорости фотосинтеза, что в дальнейшем приводит к эвтрофированию в водоемов.

Также большое значение имеет соотношение основных питательных элементов,используемых водорослями. Доказано, что скорость их размноженияимеет максимальное значение в водах, в которых соотношение углерода, азота и фосфора(C:N:P) соответствует их атомно-массовому отношению в составе вещества водорослей. Такое соотношение для фитопланктона в среднем приближается к 106:16:1 .

Всякое отклонение от данного соотношения в окружающей среде говорит об изменении обеспеченности водорослей питательными веществами.

Для рассмотрения проблемы эвтрофикации, как следствия поступления биогенных элементов в водоем, необходимо знать две жизненные формы водных растений: фитопланктонную и бентосную.

Бентос (от греч. benthos — глубина) — это группа организмов, которые ведут активный образ жизни в грунте и на грунте дна водоемов. Животные, относящиеся к представителям этой группы организмов, называются зообентосом, а растения — фитобентосом. Фитобентос может выжить в бедной биогенными элементами воде, так как он получает все необходимые элементы, такие как азот и фосфор, из донных отложений, но нуждается в проникновении сквозь толщу воды света для процесса фотосинтеза. Глубина, при которой происходит процесс фотосинтеза, называется эвфотической зоной и может достигать до 30 м в очень чистой воде. Но при мутной воде эта зона уменьшается до нескольких дюймов. Бентосные растения поддерживают на глубине водоема достаточное содержание кислорода, который выделяется в процессе фотосинтеза, попадая непосредственно в воду, также бентос обеспечивает пищей и убежищем водных особей.

Фитопланктон (от греч. phyton - растение и planktos - блуждающий, странствующий) — это растительные фотосинтезирующие планктонные организмы, состоящие из множества видов водорослей и населяющие поверхностные воды до глубины примерно 50-100 м. Для их развития необходим солнечный свет. Наличие фитопланктонных организмов в различных частях водоёмов зависит от количества необходимых для него питательных веществ в поверхностных слоях. Питательными веществами для них являются биогенные вещества, такие как фосфаты, соединения азота, а некоторые организмы (например, диатомовые и кремнежгутиковые) питаются соединениями кремния. Обильное развитие фитопланктона приводит к так

называемому цветению воды, изменяющему её цвет и уменьшающему прозрачность. Фитопланктон не привязан к дну водоисточника, поэтому биогенные элементы, необходимые для жизнедеятельности, он должен получать непосредственно из воды. Например, в воде, богатой биогенными элементами, фитопланктон разрастается так бурно, что образует на поверхности толстую пену, поглощающую практически весь свет. Таким образом, высокое содержание биогенных элементов в воде активно влияет на соотношение планктонной и бентосной растительности. Следовательно, процесс эвтрофирования водоема является процессом нарушения экологического равновесия водоема.

У фитопланктона очень короткий жизненный цикл. Его интенсивное размножение компенсируется отмиранием, что приводит к накоплению детрита на дне водоемов. Отмершими организмами питаются редуценты, проживающие в глубинных слоях водоемов. Они также потребляют значительное количество кислорода, снижая его концентрацию в воде. В случае, когда кислорода в воде не остается, эти организмы выживают за счет анаэробного брожения. При этом пока есть детрит для питания, они способны поддерживать содержание кислорода на нуле. Вследствие этого на глубине водоема запасы кислорода истощаются редуцентами, а в верхних слоях воды, наоборот, количество растворенного кислорода может быть высоким из-за процесса фотосинтеза фитопланктона. Таким образом, продукты отмирания фитопланктона разлагаются на дне водоемов, тем самым возвращая биогенные элементы, усвоенные фитопланктоном ранее. В конечном счете биогенные элементы всплывают к поверхности, и процесс, описанный выше, повторяется многократно.

Также эвтрофикация может происходить и при естественном старении водоема, такой процесс называется сукцессией, который происходит в результате обогащения водоемов биогенными элементами, поступающими с

суши наносами. За долгий период времени в водоеме накапливаются ил и детрит, постепенно уменьшающий уровень отметки дна.

Источники попадания биогенных элементов в водоёмы:

- удобрения, вымываемые с полей;
- водохранилища, которые занимают большие территории и не имеют достаточных протоков;
- плохоочищенные сточные воды, которые содержат большое количество соединений азота и фосфора;
- развитие промышленных производств, сельскохозяйственных и животноводческих ферм;
- отходы животноводства, смываемые с пастбищ, ферм, из конюшен и других мест скопления животных;
- применение моющих средств, содержащие в своем составе вещества, которые при попадании в водоемы увеличивают в них содержание биогенных элементов;
- ливневые стоки с концентрациями биогенных элементов (строгих требований по удалению биогенных веществ к ливневым стокам не предъявляется из-за кратковременности поступления);
- кислотные дожди.

Воздействие любого из этих источников биогенов на водохранилища зависит от соотношения населенных пунктов и ферм в регионе.

Наглядно источники попадания биогенных элементов представлены на рис. 1.2.



Рисунок 1.2– Факторы эвтрофирования водоемов

Системы очистки канализационных стоков, существующие в настоящее время в большинстве городов, не предусматривают устранения биогенных элементов, и они, в свою очередь, попадают в водоемы вместе с отработанной водой. Значит, очистные сооружения – один из важнейших источников биогенных элементов.

Эвтрофирование и попадание биогенов в водохранилища обусловлено в первую очередь стоком с сельскохозяйственных территорий и предприятий Агропрома. Развитие сельского хозяйства приводит к увеличению этого показателя за счет увеличения количества удобрений, пестицидов и отходов животноводства. Все это приводит к увеличению выноса биогенных элементов в водоемы, особенно если отсутствует прибрежная растительность в зоне берегов, которая в естественных условиях является защитным

биофильтром. Сельскохозяйственные стоки имеют высокое содержание остатков удобрений, в состав которых входят биогенные элементы. Следовательно, удобрение почвы питательными веществами может привести к нарушению биологического равновесия в водоемах.

Влияние точечных и рассеянных источников биогенных элементов агро- экосистем на загрязнение вод определяется следующими показателями: смыв биогенных веществ в результате эрозионных процессов почвы, влияние растениеводства и животноводства, отмершие и разложившиеся растительные организмы, поступление биогенных элементов с коммунально-бытовыми стоками с населенных пунктов, а также с атмосферными осадками.

Почвенная эрозия существенно влияет на биогенное загрязнение вод, главным образом за счет попадания фосфора. Вспашка земли приводит к потерям фосфора с твердым стоком. Зависимость выноса фосфора со смывтой почвой пропорциональна смыву в целом. Величина влияния эрозионных процессов почвы на биогенное загрязнение вод очень высока. Так как с сельскохозяйственных угодий уносится около 1 кг общего фосфора с каждой тонной твердого стока.

Условия поверхностного смыва биогенных элементов атмосферными осадками обуславливаются территориальными особенностями. При промывном типе водного режима, количество выпадающих осадков намного превышает количество испаряемой влаги из почвы, что является немаловажным фактором вымывания элементов из почвы. Таким образом, высокая проникаемость воды через корневой слой почвы ведет к потерям растениями элементов питания, соответственно, и к высокому попаданию их в подземные воды.

Потери биогенных элементов в растениеводстве подразделяются на естественные и технологические. При этом естественные зависят от приемов земледелия, от интенсивности распашки территории, от количества вносимых минеральных удобрений и объема корневых

остатков, образующихся после уборки урожая культурных растений. Технологические зависят от различных при процессе внесения удобрений и их доставки на сельскохозяйственные территории.

Растениеводство является одним из самых и сложных элементов агро- экосистем, который оказывает неординарное воздействие на формирование биогенной нагрузки. При распашке территории изменяются условия формирования водного стока, что способствует активному выносу биогенных элементов в природную среду и водотоки. Почвы, подверженные распашке, обладают совершенно иными водно-физическими свойствами. Для таких почв характерны низкая водопроницаемость и значительный поверхностный сток. Смыв почвообразующих пород с поверхностным стоком способствует повышению минерализации водоемов. Но в то же время растения сдерживают биогенные элементы в почве и снижают их смыв и вымывание.

Также важным фактором поступления биогенных элементов в водные объекты является животноводство. Уровень воздействия животноводческих ферм определяется особенностями расположения животноводческих комплексов относительно водоемов, принципом содержания животных, общим поголовьем скота.

Чаще всего большую часть года скот находится в стойлах. Только лишь в поздневесенний и летний периоды животные переходят пастись на пастбища. Поступление загрязняющих элементов с животноводческих ферм и комплексов в водотоки происходит при смыве сточных вод, а также в процессе утилизации отходов животноводства. Величина данных загрязнений зависит от способа удаления навоза на этих территориях.

При стойловом содержании скота накапливаются большие массы навоза. При этом в водные экосистемы попадают в большом количестве грубодисперсные малоразложившиеся вещества и биогенные элементы.

Происходит это из-за несовершенной системы утилизации навоза. Потери органических отходов на фермах и комплексах составляют около 20–40 % от их объема.

Чаще всего пастбищные угодья размещаются в пределах водосборных территорий, поэтому при выпасе скота происходит активный вынос биогенных веществ в водотоки с поверхностным стоком или с атмосферными осадками.

Влияние животноводства на загрязнение вод биогенными элементами обуславливается тем, что фермы и животноводческие комплексы располагаются в непосредственной близости от водных объектов. Поэтому преодолевая небольшой путь от источников биогенов до источников воды, они не успевают задержаться в почве и их концентрация, вносимая в водоемы достаточно велика.

Рециклизация биогенных элементов является экологически и экономически оправданным решением. Помимо того, что снижается уровень биогенной нагрузки на водоисточники, также повышается продуктивность агро- экосистемы. Пример рециклизации биогенных элементов приведен на рис. 1.3.

Помимо того, что в растениеводстве и животноводстве используются несовершенные технологии, приводящие к потерям биогенных веществ (технологические потери), можно отметить еще ряд факторов, способствующих увеличению выноса биогенов в водоемы:

- для животноводства главной проблемой является отсутствие или недостаточное количество специальных навозохранилищ и жижеборников. Это приводит к частому вывозу навоза на поля, но и это не всегда осуществляется из-за отсутствия транспортных средств;
- размещение животноводческих ферм и комплексов в непосредственной близости от водных объектов. Этот фактор приводит к прямому смыву биогенных веществ с пастбищных площадок в водоемы;

- вывоз навоза на поля по снегу в зимний период, что влечет за собой интенсивный смыв биогенов талыми водами при снеготаянии;
- несвоевременная перепашка вывезенных на поля удобрений вызывает мигрирование биогенных элементов по водосборной территории и их смыв поверхностным стоком в водоемы;
- несовершенная технология хранения навоза вызывает миграцию биогенных элементов по рельефу местности;
- необорудованная техника для перевозки удобрений приводит к потерям части удобрений по дороге.

Кроме вышеперечисленных факторов на уровень потерь биогенных элементов в растениеводстве и животноводстве оказывают большое влияние физико-географические условия местности.

Атмосферные осадки, являющиеся источником поступления биогенных элементов в водные экосистемы оказывают свое влияние следующим образом: их выпадение приводит к возникновению поверхностного стока, состав которого определяется как самим составом осадков, так и интенсивностью хозяйственной деятельности в пределах площади водосборов.

Поступление азота и фосфора из атмосферных осадков в водоисточники определяется, главным образом, степенью их насыщения этими элементами, которая зависит от многих факторов. Факторы, способствующие насыщению элементами атмосферных осадков: испарение вод, ионизация атмосферы, насыщение биогенами почвенного покрова, вулканическая деятельность, лесные пожары, а также антропогенное загрязнение. В атмосферных осадках достаточна велика изменчивость концентрации азота и фосфора в зависимости от территориального расположения.

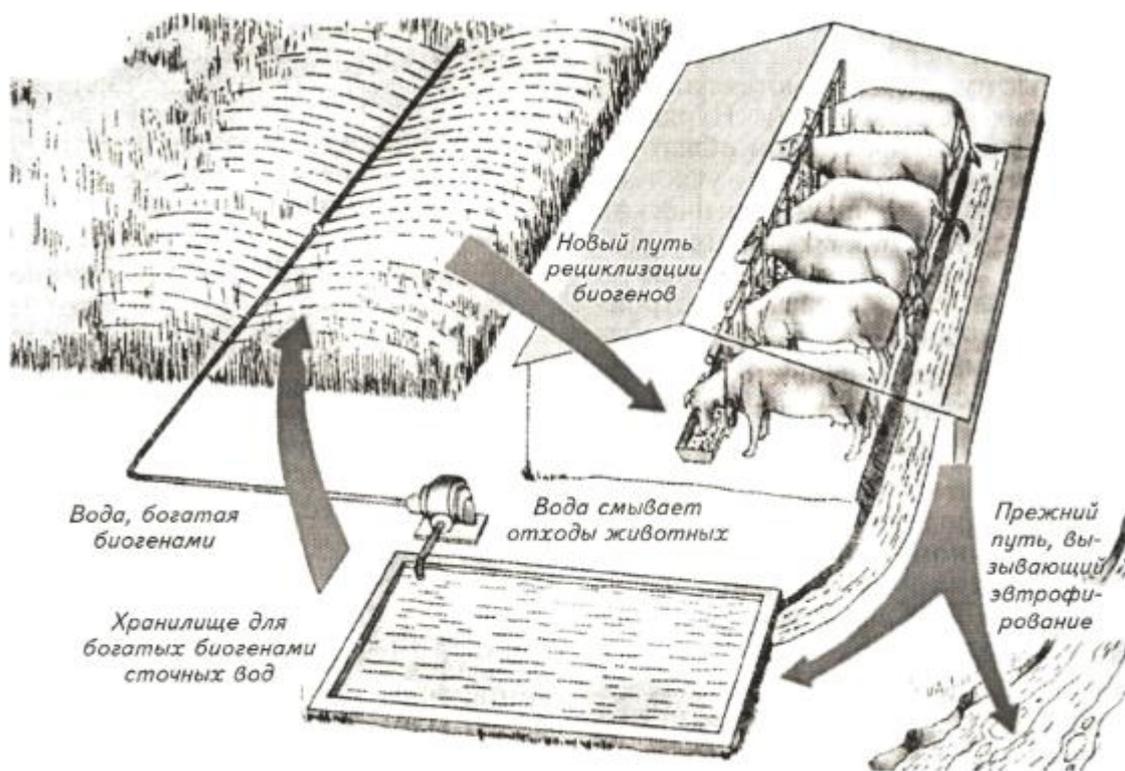


Рисунок 1.3 – Процесс рециклизации биогенных элементов

1.2 Методика расчета для определения величины выноса биогенных веществ с водосборов

Данная методика разработана с целью оценки поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок, а именно с сельскохозяйственных полей с дренажным стоком [24].

Сельскохозяйственное производство и его объекты представляют собой рассредоточенные источники биогенных веществ, поступающих в водоемы. Они могут быть подразделены на площадные (сельскохозяйственные угодья) и неорганизованные точечные (животноводческие помещения, сбросы сточных вод). По характеру выноса биогенных элементов площадные источники представляют собой рассеянные неорганизованные точечные – концентрированные источники.

Данные источники являются основными источниками биогенной нагрузки на водные объекты, несмотря на свою сезонность. Т.к. загрязнение водоемов поверхностным стоком с сельскохозяйственных территорий происходит, в основном, теплый период года при положительных температурах воздуха и почвы. Этот период начинается при весеннем снеготаянии до поздней осени. Такая зависимость связана со сроками и способами внесения удобрений в почву, а также с характером ее обработки.

Для определения величины выноса биогенных элементов с водосборных территорий из многообразия факторов, (природных и антропогенных) выбираются ведущие, которые оказывают наибольшее влияние на мигрирование биогенных элементов в рассматриваемом районе.

Определение выноса биогенных элементов с сельскохозяйственных объектов в водоисточники хозяйственно-питьевого назначения производится по агрохимической методике, основанной на зависимости их потерь от количества, выносимого с растительной массой урожая:

$$W_i = \alpha_i \cdot R_i, \text{ кг} \quad (1.1)$$

где W_i, R_i – масса i -го биогенного вещества (например, NO_2 , P_2O_5 , K_2O и др.), выносимого, из почвы в водоемы и с растительной массой, кг/год; α_i – коэффициент миграции (естественного выноса в водоемы) i -го вещества.

Значения коэффициента миграции α_i устанавливаются для разных сельскохозяйственных культур и зависят от почвенно-климатических условий.

Что касается фосфора, то коэффициент миграции для него имеет большой диапазон в зависимости от кислотности почвенной среды. В почвах с нейтральной реакцией коэффициент превышает 0,15, а в сильнокислых почвах он равен 0,04-0,05.

Величина выноса биогенных элементов с растительной массой (R_i , кг/год) определяется по следующей формуле:

$$R_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} \cdot Y_j \cdot F_j \quad (1.2)$$

где K_{ij} – содержание i -го биогенного элемента в j -й культуре, кг/ц; Y_j – урожайность, ц/га; F_j – площадь j -й культуры, га; n – количество культур.

Площади сельскохозяйственных угодий устанавливаются по фактическим данным землепользования в пределах рассматриваемого водосборного бассейна в соответствии с учетной формой земельного баланса, имеющейся в каждом хозяйстве, районе, области. Подобным образом определяются площади, засеянные разными культурами – F_j .

Урожайность сельскохозяйственных культур Y_j вычисляется по фактическим отчетным данным, как средняя величина за три года, предшествующих расчету.

Концентрация биогенных элементов, вносимых на поля с удобрениями, определяется суммой их содержания в этих удобрениях.

Для определения количества биогенных элементов, вносимых на поля с удобрениями и вымываемых поверхностным стоком в водные объекты, вводится коэффициент, который рассчитывается по формуле:

$$\beta_i = W_i \cdot W_i', \quad (1.3)$$

где W_i , W_i' – соответственно, величина выноса биогенных элементов по формуле (1.1) и внесенного в почву их количества.

В случаях, когда на рассматриваемых территориях водосборных бассейнов планируется создание мелиоративных систем или уже имеются мелиорируемые земли, необходимо прогнозировать вынос биогенов с поверхностным стоком. Это позволит предусмотреть водоохранные мероприятия по предотвращению попадания этих элементов в водоемы.

Для земель с удорьяемыми почвами надо учитывать тот факт, что вынос биогенных веществ в этом случае сильно зависит от влажности почвы. надо

учитывать, что вынос биогенных веществ из почвы сильно зависит от ее влажности. Расчет вынос биогенных веществ производится по следующей формуле:

$$W_n = \omega'' \cdot F \cdot K, \quad (1.4)$$

где F – площадь поверхности почвы, га; K – коэффициент пересчета W'' на год с расчетной обеспеченностью стока:

$$K = S'_n / S_n; S'_n, \text{ мм} \quad (1.5)$$

где S_n – то же для среднего по стоку года, мм; ω'' – удельный вынос веществ (с единицы площади в единицу времени для среднего по стоку года):

$$\omega'' = C \cdot q', \text{ кг/мес} \cdot \text{га} \quad (1.6)$$

$$q' = q / (V_n + q) \quad (1.7)$$

где q – величина дренажного стока, м³/га; V_n – запас влаги в почве при расчетной влажности для периода вегетации и при влажности равной предельно-полевой влагоемкости (ППВ) для весеннего периода, м³/га; C – содержание подвижных веществ в почве (кг/га), определяемое для разных веществ по следующим формулам:

минеральный азот – $C_N = (0,07 \cdot N_M + 0,02 \cdot N_Y + 0,0002 \cdot N_0)$,

нитратный азот – $C_{NO_3} = (4,50 \cdot C_N)$,

аммонийный азот – $C_{NH_4} = (1,28 \cdot C_N)$,

калий – $C_{K_2O} = (0,01 \cdot K_Y + 0,00003 \cdot N_0 + 0,0003 \cdot K_B)$,

где N_M – содержание минерального азота в пахотном слое почвы, кг/га; N_Y , K_Y – соответственно дозы азотных и калийных удобрений, кг/га; N_0 – доза органических удобрений, кг/га; K_B – содержание валовых запасов калия в пахотном слое почвы, кг/га.

Значение дренажного стока q для вегетационного периода рекомендуется рассчитывать по формуле Никольского Ю. Н.:

$$q = K_{\phi} \cdot \left(\frac{\Theta - \exp - \lambda}{1 - \exp - \lambda} \right) \cdot 30, \text{ м}^3/\text{Га} \quad (1.8)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут; Θ – средняя относительная влажность почвы, определяемая по формуле:

$$\Theta = \left(\frac{W - W_0}{W_{ПВ} - W_0} \right)^n \quad (1.9)$$

где W – средняя влажность за период времени T ; для весеннего периода ($T=10$ сут.); W_0 , $W_{ПВ}$ – соответственно максимально-молекулярная и полная влагоемкости; $n=3,5$ – для минеральных почв; $n=5,0$ – для торфяников; λ – параметр, характеризующий капиллярные свойства почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод (Δ):

$$\lambda = a \cdot n \cdot (\Delta - 0,25); \quad (1.10)$$

$$a = 3,3 \cdot \ln \left(\frac{W_{ПВ} - W_0}{W_{ППВ} - W_0} \right) \cdot \quad (1.11)$$

Значения параметров, необходимых для расчетов по формуле (1.8), приведены в таблице 1.1.

При глубоком залегании уровня грунтовых вод ($\Delta \geq 1,5$ м) можно пользоваться зависимостью:

$$q = K_{\phi} \cdot \Theta \cdot 30. \quad (1.12)$$

Таблица 1.1 Средние значения водно-физических характеристик разных типов почв

Почва	K_{ϕ} , м/сут	W_0	$W_{ПВ}$	$W_{ППВ}$	Плотность ρ , кг/м ³
		% объема почвы			
Песок	0,1...5	10	35...40	12...18	1600
Супесь	0,01...0,05	12	40...45	15...20	1500
Суглинок	0,001...0,1	15...20	45...50	25...30	1450

Торф	0,1...5	35...45	70...80	60...70	200...300
------	---------	---------	---------	---------	-----------

Пример расчета

Необходимо определить количество минерального азота, смываемого с дренажным стоком за год с торфяника.

Исходные данные:

- глубина грунтовых вод $\Delta=1$ м;
- доза внесенных азотных удобрений $N_Y=100$ кг/га;
- доза внесения органических удобрений $N_0=20$ т/га;
- средняя влажность почвы $W=60$ %;
- интенсивность напорного питания $P=0,0$ м³/мес. Га.

1. Расчет начинается с определения коэффициентов:

– определяем параметры, характеризующие капиллярные свойства почвы по формулам (1.10) и (1.11):

$$a = 3,3 \cdot \ln\left(\frac{W_{ПВ} - W_0}{W_{ППВ} - W_0}\right) = 3,3 \cdot \ln\left(\frac{80 - 35}{70 - 35}\right) = 0,83$$

$$\lambda = a \cdot n \cdot (\Delta - 0,25) = 0,83 \cdot 5 \cdot (1 - 0,25) = 3,11$$

– рассчитываем запас влаги в почве при расчетной влажности для периода вегетации:

$$V_n = \frac{W}{100} \cdot \Delta \cdot \rho \cdot \frac{10000}{\rho_{\text{вод}}} = \frac{60}{100} \cdot 1 \cdot 300 \cdot \frac{10000}{1000} = 1800 \text{ м}^3/\text{га},$$

где 100 – перевод влажности из % в доли единицы; 10000 – пересчет на гектар, м²; $\rho_{\text{вод}}$ – плотность воды, кг/м³.

2. Годовой дренажный сток:

– рассчитываем среднюю относительную влажность почвы

$$\Theta = \left(\frac{W - W_0}{W_{ПВ} - W_0}\right)^5 = \left(\frac{60 - 35}{80 - 35}\right)^5 = 0,053$$

- определяем значение дренажного стока за вегетационный период по формуле (1.8):

$$q = K_{\Phi} \cdot \left(\frac{\Theta - \exp -\lambda}{1 - \exp -\lambda} \right) \cdot 30 = 3 \cdot \left(\frac{0,053 - \exp -3,11}{1 - \exp -3,11} \right) \cdot 30 \cdot 12 \cdot 10 = 95 \text{ м}^3/\text{га}$$

где 12 – число месяцев в году; 10 – пересчет величины дренажного стока, м³/га;

– находим величину относительного дренажного стока

$$q' = q / (V_n + q) = 95 / (1800 + 95) = 0,05.$$

3. Удельный вынос веществ

– определяем содержание подвижных веществ в почве

$$CN = (0,07 \cdot NM + 0,02 \cdot NY + 0,0002 \cdot N0) = (0,07 \cdot 200 + 0,02 \cdot 100 + 0,0002 \cdot 20000) = 20 \text{ кг/га},$$

– рассчитываем удельный вынос веществ

$$\omega'' = C_N \cdot q' = 20 \cdot 0,05 = 1,0 \text{ кг / год га}.$$

4. Концентрация минерального азота в дренажном стоке

$$C_{Nq} = \frac{1 \cdot 1000}{95} = 10,5 \text{ мг/дм}^3.$$

Полученное значение концентрации минерального азота превышает рыбохозяйственное ПДК, равное 9.

Аналогично расчет ведется и для других биогенных элементов (P₂O₅, K₂O).

1.3 Последствия воздействий биогенных элементов на водоемы

Биогенные элементы, поступающие в водоемы со сточными водами и смываемые с полей, приводят к росту фитопланктонных организмов, которые затеняют бентосную растительность и лишают рыб и других водных животных убежища, пищи и растворенного кислорода, так как кислород, выделяемый планктоном при фотосинтезе, перенасыщает верхний слой воды и улетучивается с ее поверхности. К помутнению воды ведут и наносы, поступающие в водохранилища в результате эрозии почвы.

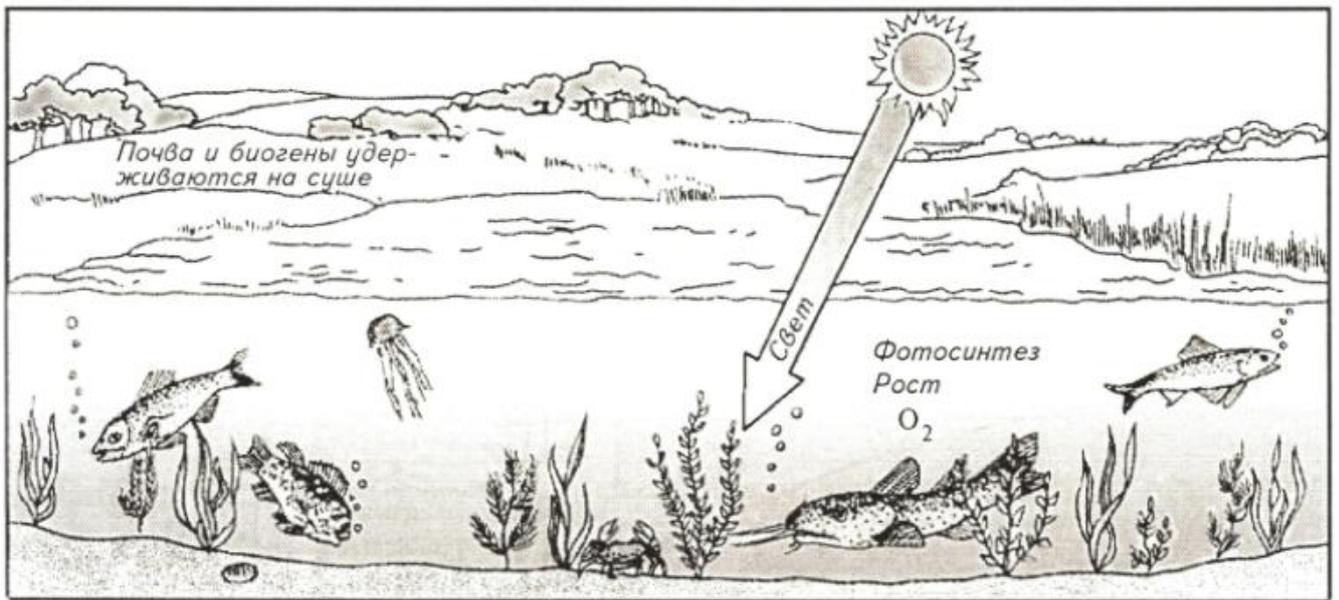


Рисунок 1.3 — Естественные условия водоема

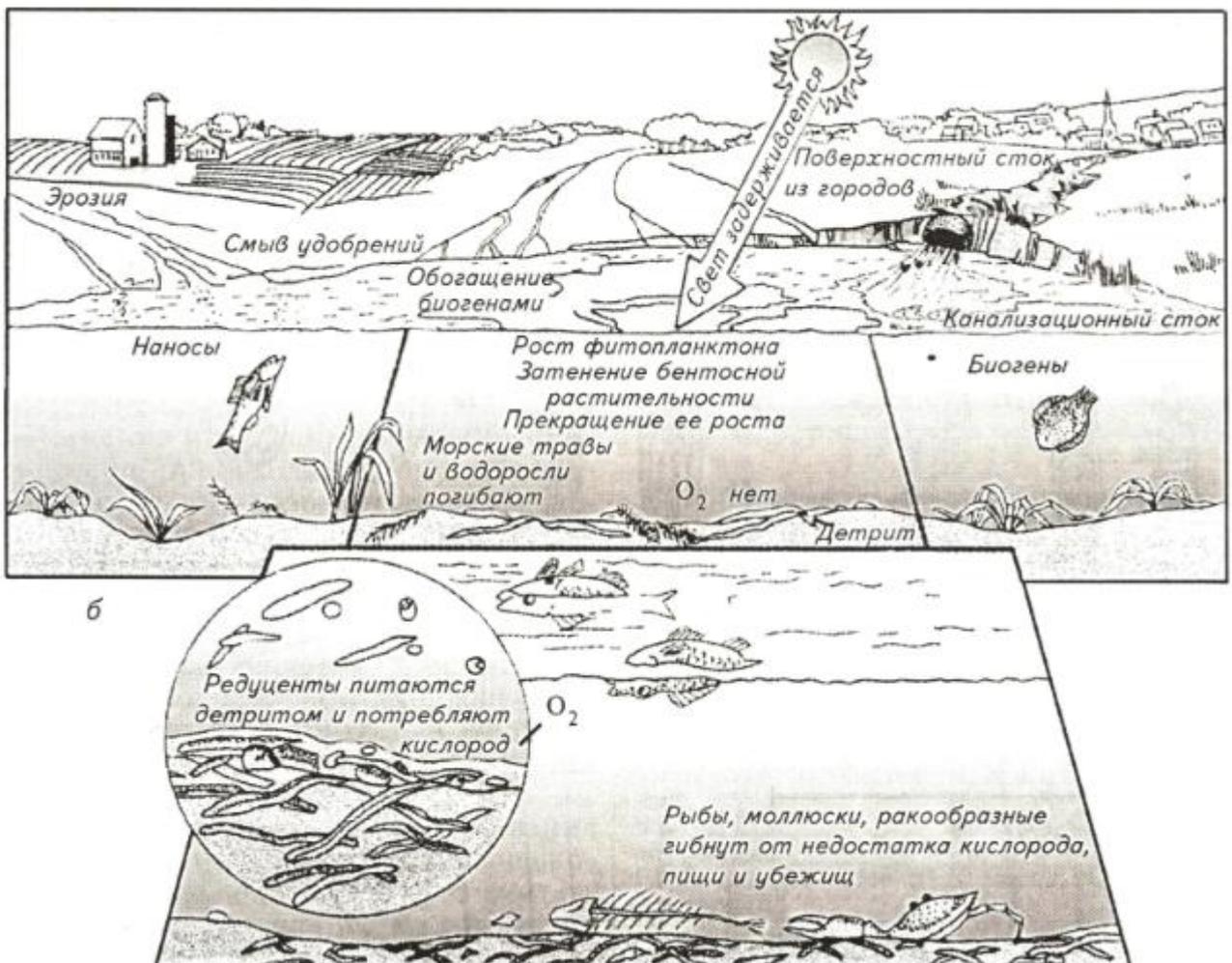


Рисунок 1.4 — Последствия поступления биогенных элементов в водоемы

Развитие фитопланктона приводит к цветению воды. Под «цветением» воды понимают интенсивное развитие водорослей, которые в период этого явления выделяют токсические вещества в воду (алкалоиды и низкомолекулярные пептиды), вызывающие впоследствии отравление людей и животных, а также уменьшающие содержание кислорода. Вода окрашивается за счет содержания пигментированных клеток в организмах водорослей. Чаще всего вода становится зеленого цвета, но иногда может быть желто-коричневого или красного. Цвет воды зависит от конкретного вида водорослей, населяющих данный водоем. Примером могут служить сине-зеленые водоросли, которые пребывают в водоемах с умеренным или теплым климатом. Они образуют токсичные вещества, ухудшают качество воды, при этом вода приобретает неприятный вкус и посторонние запахи, вследствие чего становится непригодной для использования. Ухудшение качества воды в результате естественных биологических процессов называется вторичным биологическим загрязнением.

К наиболее существенным причинам «цветения» воды относится образование застойных зон, которые являются следствием снижения скорости течения воды и ее перемешивания. На развитие водорослей существенное влияние оказывает температура воды. Перенасыщение водоемов биогенными элементами (в частности азотом и фосфором) представляет собой третью причину интенсификации роста водорослей. Сине-зеленые водоросли чрезвычайно устойчивы, они способны изменять характер своего развития и приспосабливаться к любым условиям. Процесс цветения воды повторяется ежегодно с различной интенсивностью и с разным масштабом действия. Основную роль в развитии водорослей играют метеорологические факторы (свет, температура, давление), а также гидродинамические особенности водных объектов и степень обеспеченности водорослей необходимыми питательными элементами.

На ухудшение качества воды при ее цветении оказывает влияние размножение водорослей и разложение органических веществ, образованных в

результате их жизнедеятельности. Водные объекты, которые подвержены цветению, содержат около 200 разнообразных химических соединений, в том числе представляющих опасность для человека (токсины, канцерогенные вещества, аллергены). При интенсивном размножении водорослей накапливаются ацетон, масляная и уксусная кислоты, бутиловый спирт. В воде появляются фенолы (причем их концентрация может в 10 раз превышать допустимую санитарную норму), индолсодержащие компоненты, меркаптаны, амины, а pH воды снижается до 4 – 5 и ниже. Из-за поверхностного накопления водорослей повышается температура воды (на 6 – 8°С выше нормы), что повышает испарение с поверхности водного объекта и способствует переходу летучих водорослевых метаболитов в воздух, вызывая его загрязнение.

Ниже приведена характеристика четырех стадий цветения воды.

Таблица 1.2 – Стадии цветения воды

Стадия цветения воды	Количество биомассы фитопланктона, г/м ³ воды
1. Отсутствие цветения	Менее 2,5
2. Начальное цветение	От 2,5 до 10
3. Умеренное цветение	От 10 до 100
4. Интенсивное цветение	От 100 до 500

Первая и вторая стадии не несут опасности для экосистем водоема; третья стадия является допустимой; а четвертая опасна, т.к. на данной стадии происходит изменение микробных ценозов водоема; изменяются органолептические, биологические и физико-химические показатели воды. Изменения свойств воды приводят к возрастанию риска заболеваемости людей.

Уровень эвтрофикации водоемов оценивают по содержанию в планктоне хлорофилла: олиготрофными водоемами называются с содержанием хлорофилла 0,1...1мкг/л, мезотрофными — 1...10мкг/л, эвтрофными — свыше 10мкг/л.

Таблица 1.3 – Типы водоемов по уровню трофности

Тип водоемов	Признаки
Дистрофные	Высокое содержание гумусовых кислот; плохо развита растительность
Олиготрофные	Низкая продуктивность
Мезотрофные	Оптимальное состояние в теплый период года
Эвтрофные	Высокое поступление биогенных элементов
Гипертрофные	Чрезмерное поступление биогенных элементов

Также биогенные элементы приводят к заилению водоемов. Заиление является следствием отложения в водных объектах влекомых и взвешенных наносов. Главным образом на этот процесс влияют частицы, вносимые поверхностным стоком, а также последствия от разрушения берегов. Так замедленный водообмен в водохранилищах способствует осаждению и накоплению поступающих взвешенных, влекомых наносов и растворенных веществ. Организмы фитопланктона, потребляющие в процессе фотосинтеза биогенные элементы, после отмирания в водоеме способствуют накоплению органических веществ. При этом растворимые белки и углеводы поступают в воду, а труднорастворимые соединения оседают на дно и служат причиной заиления водоемов. Таким образом, частицы, составляющие донные отложения (сапропели) главным образом состоят из тонкого детрита с более или менее значительными примесями остатков высшей водной растительности и минеральных частиц.

В упрощенном виде воздействие биогенных элементов на экосистемы водоемов можно разделить на следующие основные стадии:

1. В верхних горизонтах воды повышение содержания биогенов вызывает активное развитие растений (в первую очередь фитопланктона, а также водорослей- обрастателей), также приводит к увеличению численности

зоопланктона, питающегося фитопланктоном. В результате этого прозрачность воды сильно снижается, уменьшается глубина проникновения солнечных лучей, что приводит к гибели растительных организмов, находящихся на глубине водоема от недостатка солнечного света. Отмирание таких донных водных растений стимулирует гибель прочих организмов, которым эти растения являются пищей и местами обитания.

2. Растения, преобладающие в верхних горизонтах воды имеют больше поверхность тела и биомассу, чем донные растения. В ночные часы они продолжают потреблять кислород, находящийся в воде, но процесс фотосинтеза при этом не происходит. Результатом такого процесса является практически полное отсутствие кислорода в верхних слоях воды в предутренние часы, что ведет к гибели обитающих в этих горизонтах организмов, которые нуждаются в кислороде (происходит «летний замор»).

3. Отмершие организмы опускаются на дно водоема и разлагаются. Однако, донная растительность из-за эвтрофикации погибает, и кислород тут практически отсутствует. Учитывая тот фактор, что общая продукция водоема при эвтрофикации увеличивается (см. пункт 2), наблюдается дисбаланс между производством и потреблением кислорода в придонных горизонтах, т.к. кислород здесь стремительно расходуется, что приводит к гибели требовательных к кислороду донных и придонных организмов.

4. В донных слоях, лишенных кислорода, идет анаэробный распад отмерших организмов с образованием сильных ядов, таких как фенолы и сероводород, и столь мощного «парникового газа» (по своему эффекту в этом плане превосходящего углекислый газ в 120 раз), как метан. Результатом процесса эвтрофикации является уничтожение значительной части видов флоры и фауны, практически полностью разрушаются экосистемы водоема, и сильно ухудшаются санитарно-гигиенические качества воды, в результате чего она становится непригодной для ее использования.

В следствиеэвтрофирования и заиления водоемов вероятна полная утрата их водохозяйственного и биогеоценотического значения.

Последствия загрязнения водоемов биогенными элементами представлены схематично на рис. 1.5.

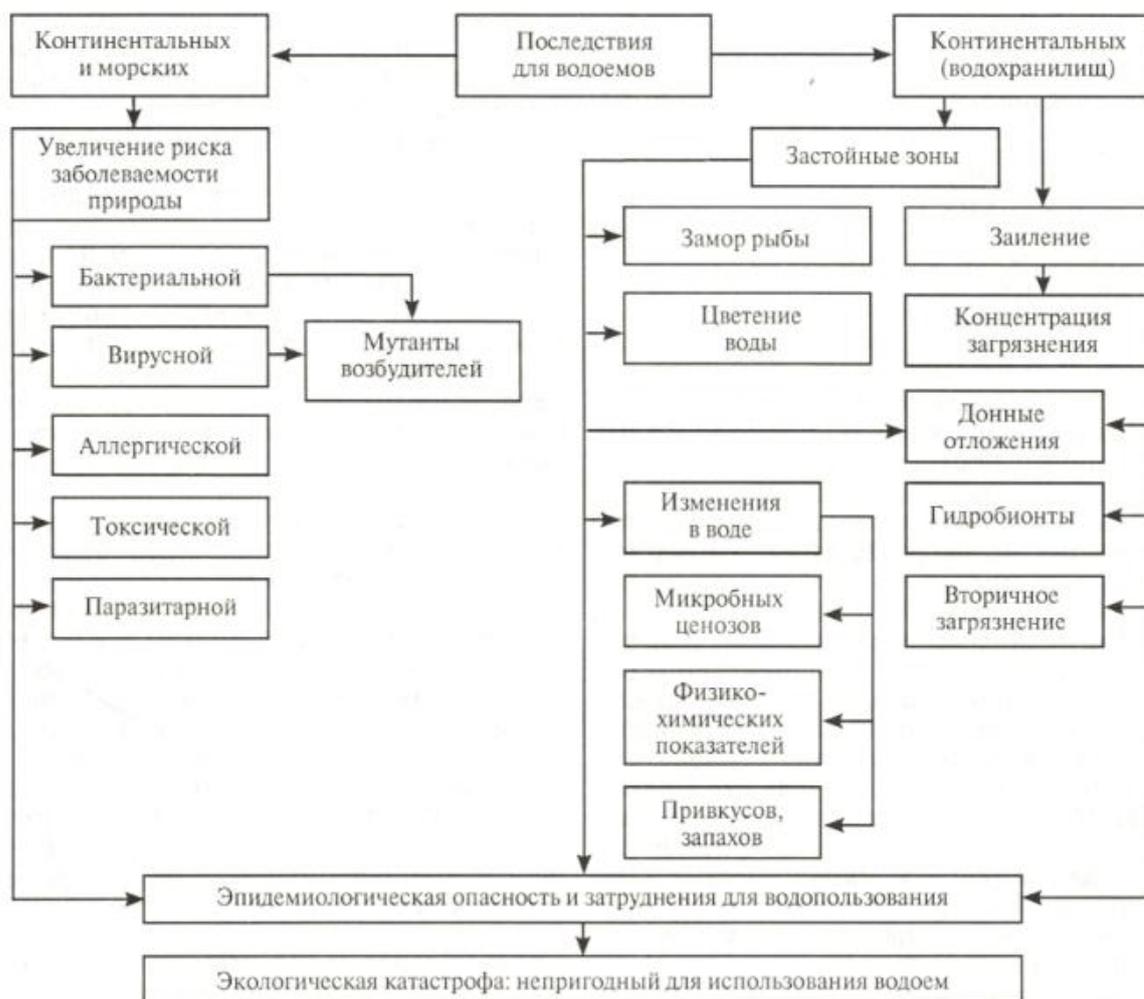


Рисунок 1.5– Последствия загрязнения водоемов биогенными элементами

Вследствие развития процессов эвтрофирования водоемов усложняется процесс установления эвтрофного статуса водного объекта. Этот статус устанавливается при сравнении фактической концентрации биогенных веществ в водоеме с предельно допустимыми, представленными в табл. 1.4.

Таблица 1.4– Значение ПДК биогенных веществ, мг/л

Название вещества и его химическая формула	Хозяйственно-питьевые	<u>Рыбохозяйственные</u>
Нитраты (NO_3^-)	10	9,0
Аммонийный азот (NH_4^+)	2,0	0,05
Аммония:		
<u>метавандат</u> (NH_4VO_3)	2	-
нитрат (NH_4NO_3)	2	0,5
перхлорат (NH_4ClO_4)	5	0,008
<u>тиоцианат</u> (NH_4SCN)	0,1	0,5
<u>сульфамат</u> ($\text{NH}_4\text{OSO}_2\text{NH}_2$)	2	-
сульфат [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]	2	1,0
хлорид (NH_4Cl)	2	1,2
дихромат [$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$]	-	0,05

Мероприятия по устранению эвтрофирования водоемов, которые достигли критического уровня трофности очень трудоемки и требуют больших капитальных вложений, при этом результаты проявляются со значительной задержкой во времени, так как эвтрофные водные экосистемы очень инерционные.

1.4 Анализ качества воды в водохранилищах Волжского бассейна

Процесс эвтрофирования актуален для водоемов с высокой антропогенной нагрузкой. Для Российской Федерации такими водными объектами являются водохранилища Волжского бассейна.

На территории Волжского бассейна сосредоточено около 50 % промышленного производства, причем это производства изначально опасные для окружающей среды: автомобильная промышленность, нефтехимические

производства и др. Каскад волжских гидроэлектростанций также является экологически опасным фактором. На Волгу и ее притоки приходится более трети общего водозабора. При этом состояние водных ресурсов Волги вызывает особую тревогу, поскольку в Волжский бассейн ежегодно сбрасывается 31,4 % сточных вод. За последние 15-20 лет снижение скорости водотока привело к увеличению бактериальной загрязненности Волги в 10 тыс. раз.

Большая антропогенная нагрузка на водосборную площадь бассейна Волги оказывает мощное негативное воздействие на биологическое состояние водных ресурсов. Так как Волга является водным объектом, состоящим из каскадов водохранилищ, соединенных единым стоком и многочисленными каналами, необходимо изучить воздействие антропогенных и природных факторов, приводящих к развитию планктонных организмов в различных по типовому значению водоемах Волжского бассейна.

В свою очередь, процесс эвтрофикации является отправным пунктом для многих экологических проблем на региональных и федеральных уровнях. К таким проблемам можно отнести загрязнение вод продуктами жизнедеятельности цианобактерий, которые выделяют в воду токсины и приводят к ухудшению качества воды по всем основным показателям, а также к замору рыб и других водных животных. Все это является причиной огромных экономических и эксплуатационных затрат на очистку заборной воды.

В настоящее время первое место по загрязнению вод биогенными элементами занимает сельское хозяйство, с территории которого в водные объекты поступает до 20% азота и 5% фосфора, внесенных в почву с удобрениями. По статистике ежегодное поступление пестицидов с 1 га сельскохозяйственных объектов равно примерно 1 кг. Учитывая количество сельскохозяйственных территорий, находящихся в пределах водосборных бассейнов Волжских водохранилищ, годовое количество биогенных элементов,

поступающих в воду, превышает 400 тыс. тонн. При этом водохранилища центральных и южных регионов Российской Федерации, расположенные, в зоне интенсивно ведущегося земледелия, в наибольшей степени подвержены биогенному загрязнению.

Донные и взвешенные наносы, поступающие в бассейн с поверхностным стоком, задерживаются в водохранилищах и откладываются на дне, загрязняя воду и уменьшая абсолютные отметки дна. Также в водохранилища обрушиваются ежегодно 300 миллионов тонн земли.

Одной из главных проблем Волжского бассейна являются сине-зелёные водоросли, которые в жаркий период времени, разрастаются вдоль берегов. Они насыщают собой до 20-30% водохранилищ и выделяют до 300 видов органических веществ, которые очень ядовиты. Отсутствие средств для биомониторинга водохранилищ приводят к тому, что около 200 видов этих веществ до сих пор остаются неизвестными.

Отмершие водоросли, попадая на дно, приводят к увеличению содержания фосфора и азота, создавая тем самым идеальную атмосферу для собственного самовоспроизведения. В результате этого процесса происходит вторичное загрязнение, т.е. сотни тонн биомассы водорослей скапливаются и разлагаются, ухудшая химический состав воды и санитарно-гигиенические показатели. При этом возникают технические трудности для подачи воды в городскую сеть.

Также главными загрязнителями водохранилищ Волжского бассейна являются промышленные производства и коммунально-бытовое хозяйство. Промышленные стоки больше всего наносят ущерб водным объектам. Крупный город с населением более 1 млн. чел. поставляет до 50% загрязняющих веществ в поверхностные стоки.

На сегодняшний день в реконструкции очистных сооружений нуждается более половины очистных станций Самарской области. Также требуется замена оборудования для фильтрации сточных вод на большинстве предприятий.

Трубопроводы, проложенные по дну Волги, так называемые дюкеры, не были рассчитанные на ремонт или замену, дают течь.

Загрязнённость волжских водохранилищ сказывается и на ее речных обитателях. Самара лишилась лососевых рыб – так называемого каспийского лосося, лишилась сельди, по крайней мере трёх видов – пузанок каспийский, сельдь волжская (которая считается исчезнувшей как вид) и сельдь-черноспинка. Зато появились такие рыбы, как игла-рыба, различные бычки, дальневосточный ратан (это – голова и хвост) и прочее. Это называется – видовое загрязнение. По наблюдениям и исследованиям ихтиологов, стало ясно, что большинство сомов (в том числе – на средней Волге) больны циррозом печени. Дело в том, что сом – донная рыба, он подбирает корм со дна. Там накапливаются все загрязняющие вещества промышленного происхождения, и всё это переходит в печень сому.

Состояние водохранилищ Волжского бассейна критичны, чем в целом по стране. Этому способствуют следующие причины:

- высокая плотность населения, так как Волжский бассейн занимает менее 8 % территории России, а проживает здесь более 40 % населения страны;
- на территории бассейна Волги сосредоточено огромное количество промышленных производств и сельского хозяйства, т.е. на водные ресурсы приходится мощная антропогенная нагрузка;
- в результате многих факторов антропогенных воздействий изменены водные экосистемы большинства водных объектов Волжского бассейна. Сами эти объекты стали приемниками стоков и потеряли свои самоочищающие способности;

- строительство водохранилищ на Волге изменяют естественный биологический режим реки и экологию водоёмов.

Волжские водохранилища стали водоемами качественного истощения. Вода которых непригодна для разбавления и нейтрализации даже нормативно очищенных стоков, поступающих в бассейн реки. В целом по бассейну Волги ресурс экологически чистой воды составляет менее 3% от общих ресурсов поверхностных вод.

Выводы по главе 1

1. Биогенные элементы, поступающие в водоемы со сточными водами, смываемые с полей, приводят к росту фитопланктонных организмов, которые затегают бентосную растительность, что приводит к полному лишению кислорода, убежища и пищи для рыб и других водных животных, так как кислород, выделяемый планктоном при фотосинтезе, собирается в верхних слоях воды и вскоре улечувивается;
2. Развитие фитопланктона приводит к цветению воды и заилению дна водоема;
3. В следствие эвтрофирования и заиления водоемов вероятно полная утрата их водохозяйственного и биогеоценотического значения;
4. В водохранилищах Волжского бассейна зарегистрированы рекордные значения численности, биомассы и продукции бактериопланктона, в результате чего качество воды соответствует категории “весьма грязная”

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПОСТУПЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОЕМЫ

На сегодняшний день существует много мероприятий, ограничивающих поступление биогенных элементов в водные экосистемы, которые можно разделить на три уровня. В конечном счете нужно использовать комплекс мер, при котором концентрация биогенных элементов, поступающих в водоем, не превышала бы ПДК (по N – 10 мг/л, по P – 0,5 мг/л).

Проектирование водоохраных мероприятий начинают с первого уровня, который предусматривает снижение концентрации биогенных элементов в сточных водах, поступающих в водоемы путем очистки этих вод, а также применение оборотного водоснабжения, предотвращающего или ограничивающего поступление сточных вод в водоемы.

Второй уровень мероприятий по охране водных объектов направлен на модернизацию технологии производства.

Мероприятия третьего уровня направлены на снижение концентрации биогенных элементов непосредственно в водоемах. Этот уровень мероприятий используется в том случае, если не удалось снизить концентрацию биогенных элементов методами первого и второго уровней.

Способы ограничения эвтрофикации водоемов:

1) **Химический способ** – предусматривает применение различных химических реагентов;

2) **Биологический способ** – основой развития этого метода является естественная очистка рек и водоемов населяющей их микрофлорой. Этот метод представляет собой обезвоживание органической части грязных вод при помощи простейших микроорганизмов: аэробных и анаэробных. Из воды удаляется органический фосфор и азот.

3) **Механический способ** – предусматривает выращивание и последующий выкос высшей водной растительности для предотвращения вторичного загрязнения водоема биогенными элементами. Выкашивание необходимо проводить до цветения, не давая растениям накопить в корневищах запас питательных веществ;

4) **Мероприятия по интенсификации процессов самоочищения водоемов** – аэрация, улучшение водообмена в водоисточнике.

5) **Мероприятия на водосборе** – проведение на водосборе организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, луго- и лесомелиоративных, мелиоративно-гидротехнических мероприятий, а также строительство очистных сооружений с доочисткой промышленных и хозяйственно-бытовых стоков.

2.1 Мероприятия по снижению факторов, сопутствующих попаданию биогенных элементов в водоисточники

Рассматривая меры по охране водных ресурсов, следует подчеркнуть, что сохранение в количественном и качественном отношении природных водоисточников является фундаментальным требованием, определяющим тактику и стратегию водохозяйственной деятельности.

Решение проблемы предотвращения загрязнения водоемов сточными водами содержащие биогенные элементы состоит в создании безотходных технологических процессов. Под термином «безотходная технология» понимают комплекс мероприятий, до минимума сокращающий количество вредных веществ, поступающих в водоемы.

2.2.1 Поля орошения и поля фильтрации

Использование хозяйственно-бытовых сточных вод в сельском хозяйстве и земледелии достаточно широко распространено. Данный метод позволяет экономить водные ресурсы (не забирая воду для орошения из водных

объектов), минеральные и органические удобрения (сточные воды богаты биогенными элементами), увеличить производство сельскохозяйственных территорий. Главным образом сточные воды используют для полива и питания почвы минеральными элементами при выращивании сельскохозяйственных культур, в прудовых хозяйствах, а также для полива зеленых насаждений.

Почвенная очистка сточных вод основана на способности самоочищения почвы; осуществить такую очистку можно на полях орошения или на полях фильтрации. Очистка вод в данном случае происходит в результате совокупности сложных физико-химических и биологических процессов.

Полями орошения называют специально отведенные и подготовленные земельные участки, предназначенные для очистки сточных вод и для выращивания на них сельскохозяйственных культур, поглощающие из почвы биогенные элементы (азот, фосфор, калий и др.).

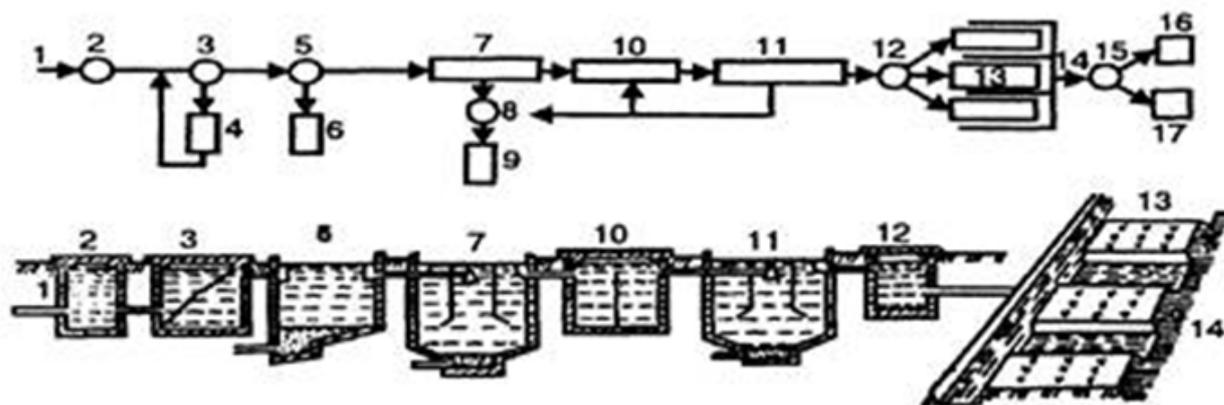
Земельные участки, которые предназначаются только для очистки сточных вод, называются полями фильтрации. Сельскохозяйственные культуры на них не выращивают.

Для данных полей лучшей почвой считается песчаная, супесчаная (с примесью не больше 15% глины), хрящеватая, чернозем. Непригодными почвами являются: глинистые, мергелистые, торфяные, известковые, мелкозернистые пески, т.е. почвы, подвергающиеся заиливанию.

Поля орошения и поля фильтрации устраивают на расстоянии не менее 300—1000 м от жилой зоны, по возможности с подветренной по отношению к населенной местности стороны.

Воды для орошения необходимо предварительно очистить. Поэтому перед подачей на поля орошения они проходят подготовку сооружениях механической и биохимической очистки с последующей дополнительной очисткой в биологических прудах или на песчаных фильтрах (рис.2.1).

Сущность процесса биологической очистки заключается в задержании в верхнем слое почвы взвешенных и коллоидных веществ, образующих в порах грунта густозаселенную микроорганизмами пленку. Эта пленка адсорбирует, т.е. поглощает своей поверхностью растворенные органические вещества, находящиеся в сточных водах. Кислород, который проникает из атмосферы в поры почвы, поглощается микроорганизмами, переводящими органические вещества в минеральные соединения. Поэтому присутствие кислорода в почве является необходимым условием для проведения данного процесса. По мере углубления в почву его количество резко снижается и, наступает зона анаэробноз, в которой окисление органических веществ происходит только за счет процесса денитрификации (процесс восстановления нитратов до молекулярного азота), так как в зону анаэробноз сточные воды попадают с огромным запасом нитритов. Учитывая то, что концентрация кислорода в глубинах почвенного слоя непостоянна и изменяется, минерализация органического вещества в этом случае происходит в основном только в верхнем полуметровом слое почвы. При этом улучшается плодородие почвы, которая обогащается нитратами, фосфором и калием, но наиболее интенсивно этот процесс проявляется в верхних слоях на глубине до 0,2...0,3 м, где имеется достаточное количество кислорода.



1 – канализационный коллектор; 2 – канализационный колодец; 3 – решетка; 4 – дробилка; 5 – песколовка; 6 – песковые площадки; 7 – отстойник; 8 – метатенк; 9 – иловые площадки; 10 – аэротенк; 11 – вторичный отстойник; 12 – распределительный колодец; 13 – карты полей орошения; 14 – дренаж; 15 – биологический пруд; 16 – использование воды для технических целей; 17 – выпуск в водоем

Рисунок 2.1 – Схема очистки сточных вод с использованием полей орошения

На полях орошения применяются различные виды распределения очищаемой воды: грядковая система (рис.2.2), сплошной залив (рис.2.3), дождевание, подпочвенное орошение. При заливной системе орошения участки полностью заливаются сточными водами. При грядковой системе, которая является лучшей, участки делятся на гряды, отделенные одна от другой бороздами. При этом сточными водами заполняются только борозды, и воды фильтруются в почву через их дно и стенки. Для сбора сточной воды, которая используется на полях орошения, применяют пруды-накопители вместимостью, равной шестимесячному накоплению в них воды. Эти воды подаются на поля периодически с интервалом 5 дней.

В процессе фильтрации сточных вод на поверхности почвы задерживаются взвешенные вещества и микроорганизмы, а в верхних слоях происходит процесс адсорбции коллоидных и растворенных веществ с поглощением неприятных запахов.



Рисунок 2.2—Грядковая система полива на полях орошения



Рисунок 2.3—Сплошной залив на полях фильтрации

В зимний период фильтрационная способность полей орошения и полей фильтрации значительно снижается, так как на их поверхности наблюдается намораживание воды. Вследствие чего на поверхности почвы после оттаивания и фильтрации воды остается слой неминерализованного осадка. Весной поверхность полей необходимо разрыхлять вспашкой. При грядковой системе в зимний период над бороздами создают ледяной и снежный покров, напуская воду под этот покров.

Допустимое содержание биогенных элементов (азота, фосфора и калия) в сточной воде при проектировании полей орошения определяется в зависимости от величины внесения их с оросительной нормой и не должно превышать выноса этих элементов планируемым урожаем с учетом всех видов потерь. То есть, если биогенные элементы не нарушают природный баланс и не накапливаются в почве сверх нормы, то в этом случае они являются загрязнителями. Этот фактор очень важно учитывать. Величина внесения микроэлементов с оросительной нормой не должна превышать 0,7–0,8 ПДК для почвы.

При достаточном проникновении кислорода в почву процессы самоочищения и минерализации происходят с высокой интенсивностью. Таким образом, органические вещества, прошедшие поля орошения, быстро превращаются в конечные продукты минерализации (карбонаты, нитраты, сульфаты, фосфаты и др.). В конечном счете орошаемые земли обогащаются питательными веществами, которые благотворно влияют на рост растений.

Но вместе с тем выращивание на полях орошения овощных и кормовых культур, использование их в пищу человеком и в корм животным должно быть под наблюдением санитарного и ветеринарного надзора.

Так бытовые сточные воды имеют высокую концентрацию патогенных веществ, таких как кишечные паразиты (вирусы, бактерии, простейшие и гельминты) содержатся в них в концентрациях от 10² до 10¹¹ на 1 л и

различные виды вирусов. При этом наиболее опасными являются гельминты, наименее – вирусы. Риск заболеваний, вызываемый бактериями и простейшими, имеет промежуточный характер. Сточные воды городов содержат и химические загрязнители, если в них поступает промышленный сброс. В эту категорию, прежде всего, попадают тяжелые металлы и нерасщепляющаяся органика.

По требованиям экспертов Всемирной организации здравоохранения в 1989г. необходимо содержание яиц гельминтов в сточных водах, предназначенных для орошения, равное 1 и менее ед. на 1 л. воды. Это условие выполняется в том случае, если 99,9% этих яиц было удалено во время предварительной очистки сточных вод.

Существуют требования к использованию сточных вод для орошения и удобрения. В соответствии с этими требованиями, для этих целей могут быть использованы хозяйственно-бытовые, производственные и смешанные сточные воды городов, поселков, фермерских хозяйств, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции. Качество сточных вод и их осадков, используемых для орошения, регламентируется по химическим, бактериологическим и паразитологическим показателям. Сточные воды, содержащие микроэлементы, в т.ч. тяжелые металлы, в количествах, не превышающих ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования, могут использоваться для орошения без ограничений. Наиболее оптимальными в гигиеническом отношении способами полива сточными водами являются подпочвенное и внутриводочное орошение.

Несмотря на все преимущества, поля орошения не обеспечивают полную безопасность применения сточных вод в сельскохозяйственных целях. По Российским нормативам разрешено использование сточных вод для выращивания технических, зерновых, кормовых культур и древесно-кустарниковых насаждений. Разведение овощных, фруктовых, ягодных,

салатных и бахчевых культур запрещается на открытых земледельческих полях орошения овощных.

Поля орошения и поля фильтрации имеют следующие преимущества над аэротенками:

1. низкие капитальные и эксплуатационные затраты;
2. сброс стоков за пределы орошаемых почв не допустим;
3. минерализация почвы за счет органических веществ способствует высоким и устойчивым урожаям сельскохозяйственных растений;
4. использование малопродуктивных земель.

2.2.2 Биологические пруды

Биологические пруды представляют собой искусственно созданные водоемы для биологической очистки сточных вод, основанной на процессах, которые происходят при самоочищении водоемов. При отсутствии хорошо фильтрующих почв для устройства полей фильтрации или полей орошения пруды могут быть использованы как самостоятельные сооружения для очистки сточных вод, а также для их доочистки в сочетании с другими очистными сооружениями.

Биологические пруды должны иметь небольшую глубину, примерно 0,5-1 м. Это объясняется наиболее плотным соприкосновением воздуха с поверхностью воды, вследствие чего обеспечивается равномерный прогрев воды и ее тщательное перемешивание. В таком случае создаются благоприятные условия для развития водных организмов. Наиболее благоприятно развитие планктонных водорослей, которые поглощают биогенные элементы и в результате процесса фотосинтеза насыщают воду кислородом, необходимым для окисления органических веществ. Биологические пруды являются более совершенным методом очистки по сравнению с сооружениями искусственной биологической очистки сточных вод. В биологических прудах содержание

кишечных палочек снижается почти на 99 % от начальной концентрации. А содержание яиц гельминтов практически сводится к нулю.

Воздействия различных факторов на работу прудов могут создавать в них как аэробные, так и аэробно- анаэробные условия. Пруды, которые работают в аэробных условиях получили название – аэрируемые, а пруды с переменными условиями – факультативными. Аэробные условия в прудах поддерживаются за счет за счет естественного поступления кислорода из атмосферы и в процессе фотосинтеза растений, либо могут быть применены устройства искусственной подачи воздуха. Поэтому аэробные пруды подразделяются на пруды с естественной или искусственной аэрацией. Так же, как и на полях орошения эффективность очистки воды в зимний период резко снижается.



Рисунок 2.4–Биологический пруд

Пруды, в которых применяются устройства искусственной подачи воздуха должны иметь значительно меньший объем. Устройства для подачи воздуха могут быть механического и пневматического типа.

Существуют несколько видов прудов по расположению в плане: серийные или каскадные и непроточные. Чаще всего устраивают от двух до

пяти секций прудов, работающих последовательно. Последняя секция предназначена для отделения ила. Иногда она предназначена для разведения рыбы, чтобы избежать образования ряски. Такие пруды называются рыбоводными. В биологических прудах необходимо присутствие высшей водной растительности, которая способствует более интенсивному процессу очистки. В непроточные биологические пруды вода подается после предварительного ее отстаивания и разбавления. Продолжительность пребывания такой воды в пруде должно быть 20-30 суток. При этом качество очищенных вод в непроточных прудах выше, чем в серийных.

Нормальная эксплуатация прудов производится в теплый период года, но при температуре воды ниже плюс 6°C очищающие способности резко снижаются. При дальнейшем понижении температуры процесс окисления органического вещества практически прекращается. При образовании ледяной корки проникновение кислорода в воду не происходит.

В зимний период пруды обычно опорожняются и могут быть используются как накопители. Раз в два-три года необходимо производить распашку дна прудов и посадку растений. Биологические пруды наряду с преимуществами, имеют и свои недостатки. Имея небольшую стоимость строительства и малых капитальных затрат, они отличаются низкой окислительной способностью, требуют под свое устройство больших территорий, сезонность работы непостоянна, неуправляемость, трудность очистки, наличие застойных зон.

Напуск сточной воды и отвод очищенных вод из прудов производится рассредоточенно. Для того, чтобы пруд можно было опорожнить, их дно проектируется с небольшим уклоном по направлению к водосливным сооружениям.

Для расчета площади биологических прудов необходимо учитывать концентрацию загрязнений в сточных водах и температурные условия окружающей среды.

Процесс очистки вод в рыбоводных прудах: сточные воды после предварительного отстаивания и осветления смешивают с речной водой в пропорциях 1:3— 1:5, после чего направляют в одноступенчатые проточные пруды, где происходит процесс окисления органических веществ. Нагрузка сточных вод в таких прудах составляет 125—300 м³/(га-сутки). Площадь поверхности 0,5—7 га. Продолжительность пребывания воды (с учетом предварительного разбавления) составляет 8—12 дней. В прудах можно разводить рыбу.

В серийных или каскадных прудах сточные воды после предварительного отстаивания направляются в пруд. Такие биологические пруды впервые были предложены проф. С. Н. Строганова для применения на московских полях фильтрации. Продолжительность пребывания воды на таких прудах составляет около 30 дней. Нагрузка воды 125—300 м³/(га-сутки). Строительные и эксплуатационные затраты при устройстве таких прудов значительно меньше, чем при устройстве прудов первого типа. Так как вода поступает без предварительного разбавления, необходимо устраивать такие пруды в 4-5 ступеней для последовательного прохождения воды. Таким образом с каждым каскадом, качество воды постепенно повышается. Площадь каждой ступени 2—2,5 га. Наличие в воде огромного количества питательных веществ способствует интенсивному развитию водорослей (ряски). Для борьбы с водорослями рекомендуется разводить рыбу либо уток, для которых данные растения являются кормом. При разведении рыб в нижних ступенях прудов ранней весной в пруд выпускают 500—2000 мальков на 1 га территории пруда. Прирост рыбы составляет к концу осеннего периода до 500—800 кг на 1 га. Отлов рыбы необходимо производить поздней осенью.

Пруды имеют преимущество перед полями орошения – они могут быть устроены на почвах, непригодных для устройства полей орошения, а также земельные участки, отведенные под биологические пруды используются более полно.

Сточные воды, прошедшие очистку в биологических прудах, могут применяться для орошения с применением техники или без.

Качество очистки вод в биологических прудах, в соответствии с нормами Европейского Союза, должно составлять по БПК₅ 25 мг/л, по ХПК 125 мг/л (другие параметры не нормируются). Вместе с тем, такая очистка коммунальных стоков не обеспечивают полную безопасность их применения в сельскохозяйственных целях.

К преимуществам биологической очистки сточных вод в биопрудах можно отнести:

- низкие капитальные затраты;
- минимальные эксплуатационные расходы;
- высокую эксплуатационную надежность;
- простоту эксплуатации;
- высокую степень очистки;
- высокую степень удаления азота;
- неограниченный срок эксплуатации;
- отсутствие запаха;
- возможность увеличения мощности очистных сооружений;
- возможность очистки смеси ливневых и производственно-бытовых сточных вод;
- возможность использования в качестве системы доочистки для существующих очистных сооружений.

2.2.3 Лесные насаждения

Лес представлен различными представителями, многообразными жизненными формами растений, среди которых важную роль в очистке воды и в целом всей атмосферы играют деревья, кустарники, мхи, травы, кустарнички, лишайники и т.д.

Экологическая система леса важна во многих отношениях. Леса являются естественными экосистемами суши, в некоторых местах слабо измененные человеком. Наряду с этим они являются самыми крупными экосистемами на планете, характеризующиеся высокой продуктивностью. Леса аккумулируют большую часть органических веществ.

Важную роль леса играют в круговороте воды. Располагаясь вдоль рек и по бережьям водохранилищ, лесные почвы фильтруют поверхностные воды, стекающие с полей, животноводческих ферм, промышленных площадок, сельскохозяйственных угодий, очищают эти воды от многих вредных загрязнений. При этом лесные экосистемы благотворно влияют на климат окружающей среды, за счет испарения влаги в атмосферу, которая повышает относительную влажность воздуха. Леса оказывают прямое воздействие на величину испарения поверхностного и внутригрунтового стока, на гидрологический режим рек и в целом на водный баланс.

Водоохранное значение лесов проявляется в поддержании уровня вод в реках, родниках, различных ручьях. При этом наблюдается зависимость уровней воды в колодцах от водности рек. Наибольшее внимание зависимости лесов и уровня воды в реках стали уделять в конце 19 – начале 20 столетия, так как в это время увеличилась интенсивность вырубki лесов в связи с развитием промышленных предприятий, в следствие чего усилилась засушливость территорий на юге и юго-востоке России.

Положительное влияние лесов на питание грунтовых вод связано с переводом значительной части поверхностного стока вод в

подземный. Грунтовые воды, являясь непосредственным источником пополнения рек, поднимают и поддерживают уровень воды в них в любой период года. Весной при таянии снега пополнение рек водой обеспечивается за счет поверхностного стока с водосборных безлесных территорий. При этом происходит загрязнение водных объектов продуктами эрозии почв и другими элементами.

Высокая водопроницаемость лесных почв, которые разрыхлены корнями растительности, защищены лесной подстилкой и т.д. является основной причиной перевода поверхностных стоков в грунтовые.

Во время атмосферных осадков ветви и листья деревьев являются преградой, так как струи воды или твердые осадки, упавшие на ветви и листья деревьев, мягко стекают с них на лесную подстилку, состоящую из опавших листьев и лесных насаждений. Через такую подстилку вода медленно просачивается в почву и по глубинным ее слоям стекает в реки. Таким образом, лес защищает берега от размывов, предотвращая эрозию почв.

Вырубка лесов приводит к резкому изменению гидрологического режима рек, а также к изменению характера поверхностного стока. При этом усиливаются весенние паводки, а в летнее время вырубка лесов приводит к обмелению рек. Для эффективного поддержания водорегулирующих свойств леса необходимо их равномерное расположение по всей водосборной территории.

Лес оказывает положительное влияние на качество вод. Это связано с тем, что через почвенно-грунтовую почву поверхностные воды проходят процесс естественной очистки. В лесных водах или в водах, прошедших через лесные полосы количество взвешенных частиц и содержание биогенных элементов намного меньше, чем в водах стекающих с сельскохозяйственных, промышленных и животноводческих территорий, подверженных антропогенному воздействию. Леса, являясь мощными экосистемами имеют

большой потенциал для самоочищения вод и противостояния разрушению берегов и эрозии почв.

Также лесные экосистемы оказывают благоприятное влияние на физико-химические свойства воды. Был проведен опыт, в котором взята вода осадков с пашни, имеющая коли-индекс (количество кишечных палочек в 1 литре воды), равный 18, но после прохождения воды через 45-метровую лесную полосу он уменьшился в 2 раза – до 9. При этом увеличилась и прозрачность воды в 5 раз.

При частичной вырубке лесов водоохранные свойства лесополос также снижаются или пропадают совсем. Но если вырубленные территории зарастают растениями в результате вторичной сукцессии, то лес быстро восстанавливает свои утраченные свойства.

Большое значение для охраны водных объектов имеют те леса, которые растут по берегам рек. Опытным путем доказано, что при вырубке леса вдоль берега реки, температура воды в ней повысилась на 7 градусов. А повышение температуры воды приводит к нежелательным последствиям водного объекта, так как изменяются химические, физические и биологические процессы в водоеме, которые являются показателями для пригодности воды для потребления на хозяйственно-питьевые нужды, разведения в ней живых организмов или потребления на другие цели.

Для вод, с содержанием биогенных элементов или вод загрязненных удобрениями, ядохимикатами и другими опасными веществами леса являются естественным биофильтром, аккумулирующим все вредные вещества в толще почвы. Поэтому рекомендуется посадка лесов на рассредоточенной территории после сельскохозяйственных угодий.

Лесные полосы являются естественным биологическим фильтром, имеющим достаточно высокие водоочистительные свойства, поэтому лесные насаждения все чаще стали применять для очистки загрязненных вод. При этом

леса изменяют химический состав вод, увеличивают их прозрачность за счет поглощения взвешенных частиц и химических примесей.

Лес, испаряющий влагу, создает над собой зоны ее концентрации, поэтому на лесных территориях выпадают на 9-30% больше осадков, чем над безлесной территорией.

При наличии лесных насаждений по берегам водоемов их воды обычно бедны водорослями. Это объясняется тем, что количество питательных веществ, поступающих в водоемы хватает лишь для водных растений, которые в конечном счете являются пищей для водных организмов. Такие водоемы находятся в состоянии биологического равновесия.

Создание древесных насаждений по берегам водоемов способствует поглощению и удержанию биогенных элементов, которые в противном случае попадали бы с полей прямо в воду. Лесная растительность поглощает из поверхностных стоков пестициды, смываемые с полей. Таким образом, после пропуска воды, обогащенной азотсодержащими соединениями, через 5-метровую полосу берез количество нитратного азота уменьшается на 0,4 мг/л. Пятиметровая сосновая полоса сокращает количество нитратного азота на 3 мг/л. Насаждения по берегам водоемов одновременно выполняют почвозащитные, берегоукрепительные и водоохранные функции, что особенно важно на территориях, где развиты процессы эрозии почв, обвалы и разрушения склонов.

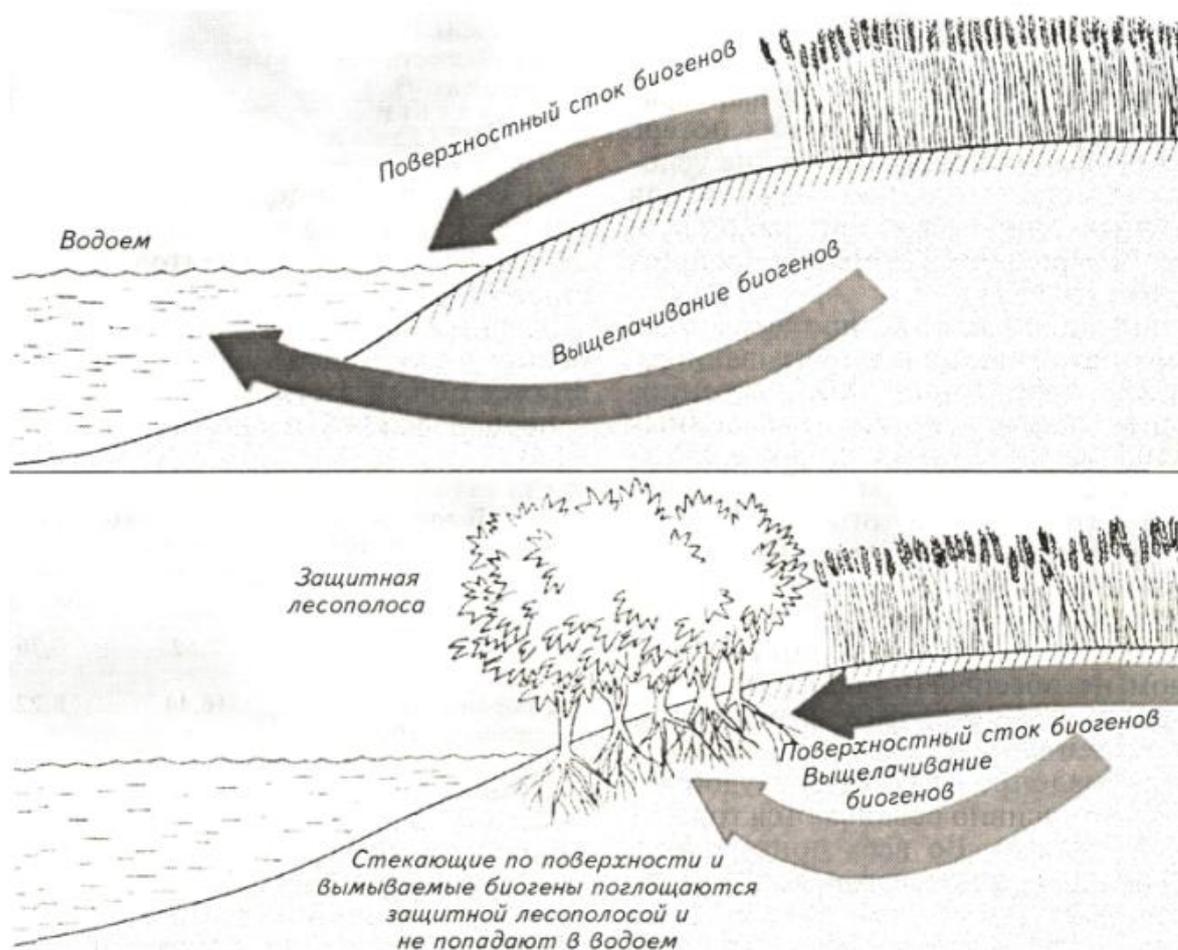


Рисунок 2.4– Борьба с эвтрофикацией водоемов при помощи защитных лесополос

2.2.4 Роль высших водных растений в улучшении качества воды

Для улучшения качества воды в водоемах используется высшая водная растительность или макрофиты (рис. 2.5). К таким растениям можно отнести камыш, рогоз, тростник и др. Они поглощают достаточно большое количество биогенных элементов, снижая при этом уровень эвтрофикации водоемов. Высшие водные растения усваивают и перерабатывают различные вещества; выделяют в воду кислород; способствуют осаждению взвешенных и органических веществ; повышают интенсивность очистки воды от тяжелых металлов и нефтепродуктов за счет нефтеокисляющих бактерий. При очистке водоемов высшей водной растительностью создаются благоприятные условия для нереста рыб и нагула молодежи.

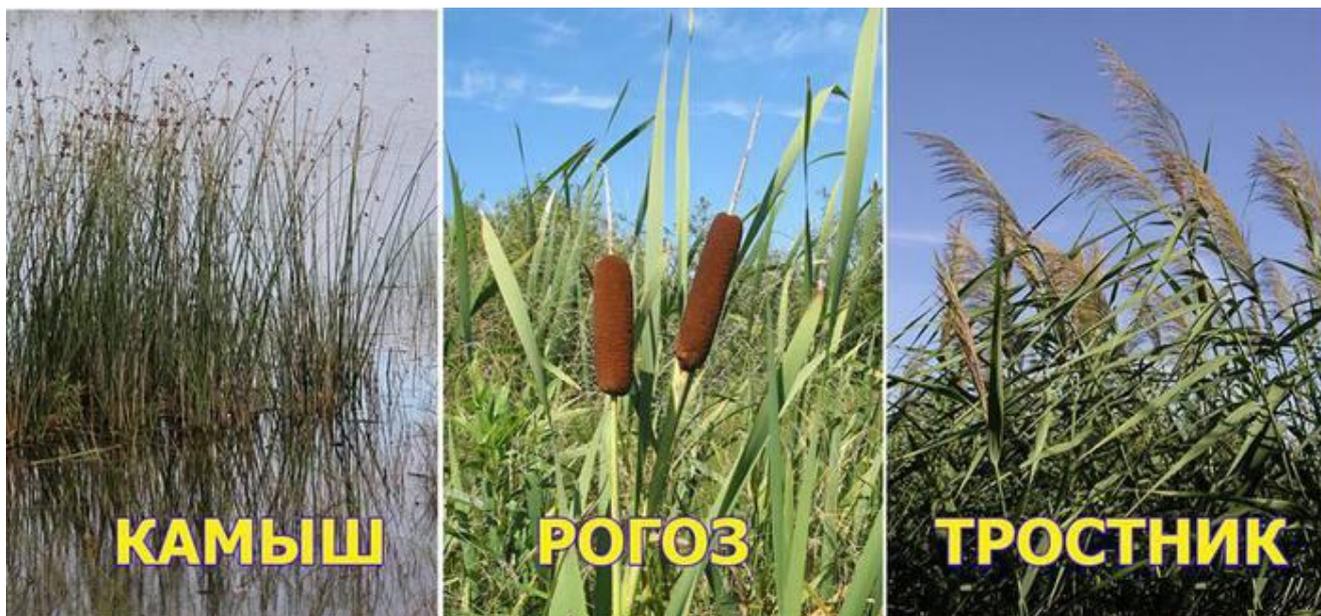


Рисунок 2.5 – Примеры высшей водной растительности

В процессах фотосинтеза макрофиты играют важную роль, насыщая воду кислородом, накапливают различные биогенные элементы в своем теле. Например, камыш способен поглощать марганец, осока – железо, ирис – кальций, ряска поглощает медь. Сусак аккумулирует на 1 г своей масс 7,52 мг фосфора, что является достаточно высоким показателем. Таким образом, макрофиты в природных условиях способны поглощать и накапливать в своих органах значительное количество органических веществ в процессе минерального питания. Высшие водные растения также могут перерабатывать радионуклиды. Главной особенностью является то, что многие представители высшей водной растительности способны извлекать и аккумулировать азот и его соединения из сточных вод, стекающих с сельскохозяйственных угодий. Извлечение биогенных элементов и улучшение качества воды за счет этого является важным свойством высших водных растений.

Накопление химических элементов водными растениями представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 –Химические элементы, накапливаемые водными растениями

Растение	Орган растения	Химический элемент
Тростник обыкновенный	Листья	<u>N, K, Cl, Si, Ca, Mg, Mn</u>
Рогоз узколистный	Листья	<u>N, Ca, Cl, K, P, Mg, Mn, Na</u>
Камыш озерный	Стебли	<u>N, K, Cl, P, Na, Mg, Mn</u>
Сусак зонтичный	Листья	<u>K, N, Cl, Ca, P, Na, Mg, Mn</u>
Частуха подорожниковая	Листья	<u>N, K, Ca, Cl, P, Na, Mg, Mn</u>
Рдест пронзеннолистный	Стебли	<u>K, Ca, Cl, N, P, Mg, Si, Mn</u>

Также высшая водная растительность играет большую роль в регуляции цветения воды водных объектов. Заросшие участки водоема макрофитами не цветут. Это объясняется тем, что высшие водные растения для обеспечения своей жизнедеятельности питаются биогенными элементами, находящимися в воде. В процессе фотосинтеза макрофитов вода насыщается кислородом и затеваются нижележащие слои воды, при этом создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности водорослей и продуктов образования фитопланктона.

Свойства тростника обогащать кислородом не только воду, но и почву, на которой он растет, способствуют повышению процесса окисления органических веществ. Таким образом, кислород, циркулирующий по полым стеблям тростника, следом идет и в корни по воздухопроводящим побегам, а густые мочковатые водно-воздушные корни растений, как своеобразный механический фильтр, задерживают взвешенные в воде частицы и очищают от них воду. Также тростник является отличным питательным элементом для развития водорослей, прикрепленных к нему, которые участвуют в формировании качества воды. В обрастаниях высших

водных растений в основном встречаются диатомовые, зеленые, в меньшей мере –синезеленые и другие водоросли.



Рисунок 2.6–Высшая водная растительность

Таким образом, высшая водная растительность играет большую роль в очистке воды от биогенных элементов, в снижении водорослей в водоеме, а также препятствует развитию процесса эвтрофирования водоемов.

Но наряду с положительными свойствами есть один недостаток - отмирая, высшие водные растения разлагаются и выделяют в воду все аккумулированные ими органические вещества и зольные элементы. Например, на водохранилищах ГЭС при колебаниях уровня воды. Это приводит к интенсивному возвращению минеральных соединений в водные объекты, к потреблению большого количества кислорода, а значит, и к повышению трофической базы водорослей.

Поэтому для эффективного использования высших водных растений в качестве биофильтров и для удаления из водоема биогенных элементов и органики необходимо регулярно убирать фитомассу.

2.2.5 Система биоплато

Биоплато представляют собой блоки с почвенно-грунтовой смесью и высшими водными растениями. Они устанавливаются в прибрежной зоне в точках поступления в водоем поверхностного стока и осуществляют очистку поступающей воды от взвесей, органических веществ, нефтепродуктов, биогенных элементов, тяжелых металлов, пестицидов, фенолов, радиоактивных веществ и др.. На рисунке 2.7 представлена типичная схема системы биоплато.



Рисунок 2.7–Система биоплато

Биоплато выполняет роль биогеохимического барьера, в котором оптимизированы водный, тепловой и пищевой режимы, а растения выполняют роль биологического концентратора. За счет потери скорости водного потока в осадок выпадают взвешенные частицы, а за счет фильтрации через почвенно-растительный слой из воды удаляются повышенные содержания загрязняющих веществ.

Преимущества Биоплато:

- экологически чистая технология;
- незначительные капитальные вложения;
- длительный срок эксплуатации;
- отсутствие эксплуатационных затрат;
- повышение качества воды в искусственных озерах

Производительность биоплато зависит от качества предварительно очищенных вод и их объема. Нагрузка на биоплато при этом колеблется от 1 до 4 м³ очищаемых вод на 1 м² площади в сутки.

Загрузка дренажного слоя биоплато состоит из инертного материала (например, мытого щебня) крупностью 40-70 мм, куда вносится биопрепарат с иммобилизованными на инертном носителе (например, торфе) микроорганизмами-деструкторами нефтепродуктов, жиров, масел и других органических веществ (СПАВ, пестицидов, гербицидов и др.). Биопрепарат способствует сорбции и деструкции органических веществ, улучшению санитарных показателей качества воды; засыпается непосредственно в дренажный слой в местах посадки высших водных растений, что способствует их росту.

Высадка высших водных растений осуществляется в дренажный слой щебня на уровне и вдоль верхних дрен. Для посадки используют тростник обыкновенный, камыш озерный, рогоз узколистный, аир болотный и др.

На закрытом биоплато вода очищается до следующих показателей (в зависимости от исходных концентраций в загрязненных водах) (табл. 2.2):

Таблица 2.2 Концентрации веществ в загрязненных и очищенных водах

Показатели	Ед. изм.	Концентрации в загрязненных и очищенных водах			
		загрязненные	очищенные	загрязненные	очищенные
БПК ₅	мгО ₂ /л	60	15	30	3
ХПК	мгО ₂ /л	120	60	80	30
ион аммония	мг/л	25	2,5	5,0	0,5
нитриты	мг/л	2,5	0,1	1,5	0,01
нитраты	мг/л	50	25	15	7,5
фосфаты	мг/л	7,0	3,5	5,0	2,5
минерализация	мг/л	2,5	2,0	1,5	1,0

2.2 Предотвращение разрушения и размыва берегов водоисточников

Эрозионные процессы являются одним из важнейших факторов заиления водоисточников и выноса биогенных элементов с водосбора, поэтому необходимы мероприятия по ликвидации и предотвращению почвенной эрозии. Крепление берегов водоисточников и защита их от размыва являются главными задачами для предотвращения заиления и поступления биогенных элементов.

2.3.1 Крепление берегов дерном

Корневая система растений положительно влияет на повышение устойчивости откосов берегов от разрушения. Это объясняется тем, что густая сеть, созданная из корней растений, скрепляет почвенный грунт, армирует его, вследствие чего повышается устойчивость к размыву и механическая прочность всего поверхностного слоя откоса. Сами же растения при этом увеличивают шероховатость поверхности, уменьшая тем самым скорость течения поверхностного стока, являются также преградой для концентрации стока в отдельные струи. Также растительность является защитой поверхности самих откосов, предотвращая их разрушение от течения водотока.

Изучая устойчивость откосов совместной работы грунта и соответствующего вида крепления, нужно учитывать, что правильное применение растительного покрова должно оцениваться его механической прочностью и устойчивостью к размыву.

Жесткость дернового покрова является основным критерием для определения его влияния на повышение устойчивости откосов на разрушающие действие внешних и внутренних факторов. Жесткость выражается сопротивлением сжатию или раздавливанию. Величина жесткости дернины определяется продавливанием штампа.

Также немаловажным показателем механической прочности дернового покрова является сопротивление его разрыву, величина которого находится в пределах 0,005...0,0035 МПа.

Для расчета и определения эффективности укрепления грунта откосов биологическим способом, необходимо определить сопротивление разрыву грунта в верхней зоне откоса. Для сыпучих грунтов это значение определяется по формуле:

$$R_h = -2etg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}\right), \quad (2.1)$$

где e – сцепление грунта, Н/м²; φ_0 – угол внутреннего трения грунта, град.

Предельное сопротивление разрыву связного грунта откосов зоны составляет:

$$R_p = -2e. \quad (2.2)$$

Полученные результаты сравниваются с прочностью дернины на разрыв. При $R_p \leq \sigma$ возможно погашение возникающие растягивающие усилия в откосе.

Даже на ранних стадиях развития растения способны повышать сопротивляемость грунта размыву. К таким растениям можно отнести корневищные и кустовые злаковые растения: овсяница красная, луговая и др.

Китриджемполучены предельные скорости стока (табл. 2.3) для откосов, покрытых различными видами растений.

Таблица 2.3 – Допускаемые предельные скорости

Растительный покров	Угол, %	Допускаемая скорость, м/с
Высококачественные сенокосы	5...10	1,53
Мятник луговой	5...10	1,22
Костер безостый	5...10	0,92
Смесь трав	5...10	0,92

Из данных в таблице можно сделать вывод, что допускаемые предельные скорости размыва для откосов с выращенными травами в среднем равны 1 м/с, что примерно на 0,5 м/с ниже допускаемой предельной скорости размыва высококачественных сенокосов.

В результате опытов доказано, что крепление берегов данным способом имеет и недостатки: низкий уровень механизации и высокая трудоемкость работ; высокие потери дерна при его перевозке и укладке на откосы (в среднем около 11 %); также из-за повреждений корневой системы при транспортировке, растения плохо приживаются на откосах; необходимость в частом поливе; ограниченность периода укрепления откосов (возможно применение данного метода только в теплый период года); сложность подбора необходимого состава смеси трав в зависимости от условий приживания дернины на откосе; малая эффективность защиты и укрепления откосов от эрозии почв и берегов. При всем этом с каждым годом наблюдается уменьшение площадей, подходящих для заготовки качественного дерна. Иногда для этих целей используются культурные луга.

2.3.2 Засев многолетних трав для крепления берега

Были проведены широкие исследования по искусственному Выращиваются ковры на площадках, покрытых бетонными плитами или полиэтиленовой

пленкой, что предотвращает проникновение в почву корневой системы растений. Для производства ковров используют следующие материалы: торфокрошку с зольностью 44%, степенью разложения 25% и кислотностью рН 6,5, семена влаголюбивых трав – для укрепления нижней части откосов и среднесухостойкие семена – для укрепления средней и верхней части их, минеральные удобрения, полиэтиленовая пленка толщиной 0,1 мм, деревянные бруски, стеклохолст и воду.

Засев многолетних трав для крепления берега имеет ряд преимуществ по сравнению с одерновкой. Это объясняется возможностью изготовления травяных ковров непосредственно на строительных площадках, изготавливаться ковры могут любого размера в зависимости от территории укрепляемого берега, также возможно комбинирование смесей трав в зависимости от свойств грунта и условий произрастания трав на откосе, площадки для изготовления ковров могут использоваться многократно, высокая сопротивляемость на разрыв позволяет снижать потери ковра при скатывании с откоса, транспортировка ковра производится без потерь как самого материала так и его механических и биологических свойств, высокая устойчивость на размыв при скорости воды до 3 м/с, возможно повысить прочность на разрыв ковра с помощью армирования его капроновой сеткой или стеклохолстом, для приращивания ковра к откосу требуется короткий период (примерно 15-20 дней). Все эти преимущества над предыдущим способом укрепления берега повышают надежность крепления в целом.

Изготовление травяных ковров производится следующим образом: на ровную площадку кладут полиэтиленовую пленку, затем на нее укладывают деревянные бруски для получения нужных размеров травяного ковра, образовавшиеся ячейки засыпают торфяной грунтом, в который затем производят засев семян трав, сверху покрывают еще одним слоем торфа. Сверху до появления первых всходов покрывается пленкой. Поливать необходимо ежедневно – 0,6 м³ воды на 100 м² выращиваемого полотна, после появления всходов полив воды

сокращается вдвое. В зависимости от сорта трав, состава грунта и климатических условий необходимо производить удобрение растений.

Пример крепления откосов многолетними травами представлен на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Засев многолетних трав для крепления берега

Такие ковры, выращенные на торфе скатывают в рулоны спустя полтора месяца, грузят в транспорт и вывозят на откосы. Перед укладкой на откосы травяные полотна необходимо полить водой для повышения их пластичности.

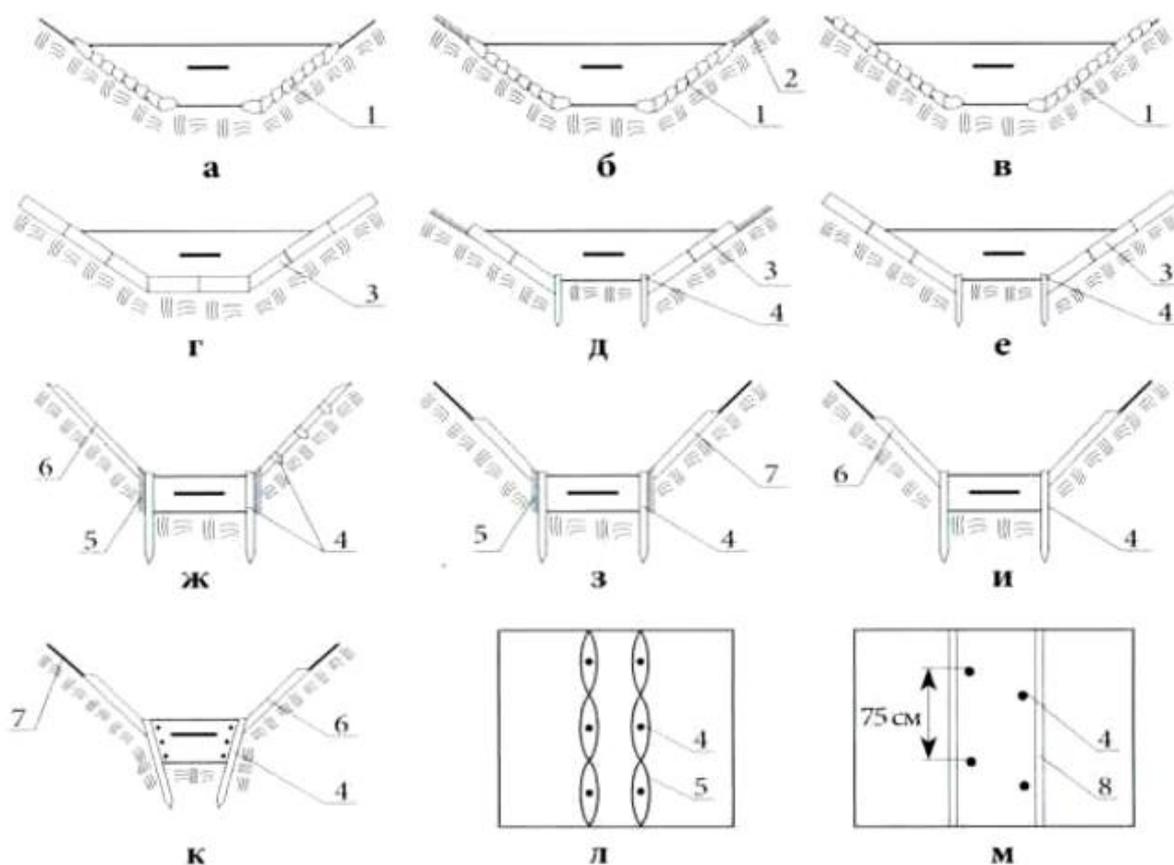
В настоящее время укрепление откосов дерном применяется редко. Обычно комбинируют два метода – крепление берега дерном и применение травяных полотен с многолетними травами. Таким образом, нижняя часть откосов укрепляется дерном, а верхняя покрывается травяными полотнами. До

образования корневой системы трав берег может подвергаться разрушениям. Разрушения происходят чаще всего после интенсивных осадков, поэтому берег необходимо укреплять в короткие сроки. Практика показывает, что сочетание двух способов крепления берега ведет к наилучшему результату для предотвращения его разрушения.

2.3.3 Крепление берегов плетением, биоматами и геоячейками

Для укрепления берега плетением необходимо использование хвороста, который собирают из кустарников и опавших ветвей с деревьев. Лучшим материалом являются хворост ивы, орешника или ольхи. Ивовый хворост дополнительно укрепляет берег за счет способности к прорастанию. Березовый хворост является самым нежелательным материалом для применения его в укреплении берега, так как этот материал подвержен быстрому гниению. При укладке хвороста в плетни прутья переплетаются таким образом, чтобы не оставалось щелей. В конечном счете плетни из хвороста делают высотой 0,2-0,3 м, а для крепления русел рек 0,6 м. Плетни устанавливают вертикально или с небольшим уклоном в стороны откосов.

Видов крепления дна и откосов водотоков приведены на рис. 2.9.



а, б, в – каменная наброска; г, д, е – бетонными плитами; ж, з – плетнями и одерновкой; и – дощатой стенкой и одерновкой; к, л – плетнями, одерновкой и засевом трав; м – дощатой стенкой.

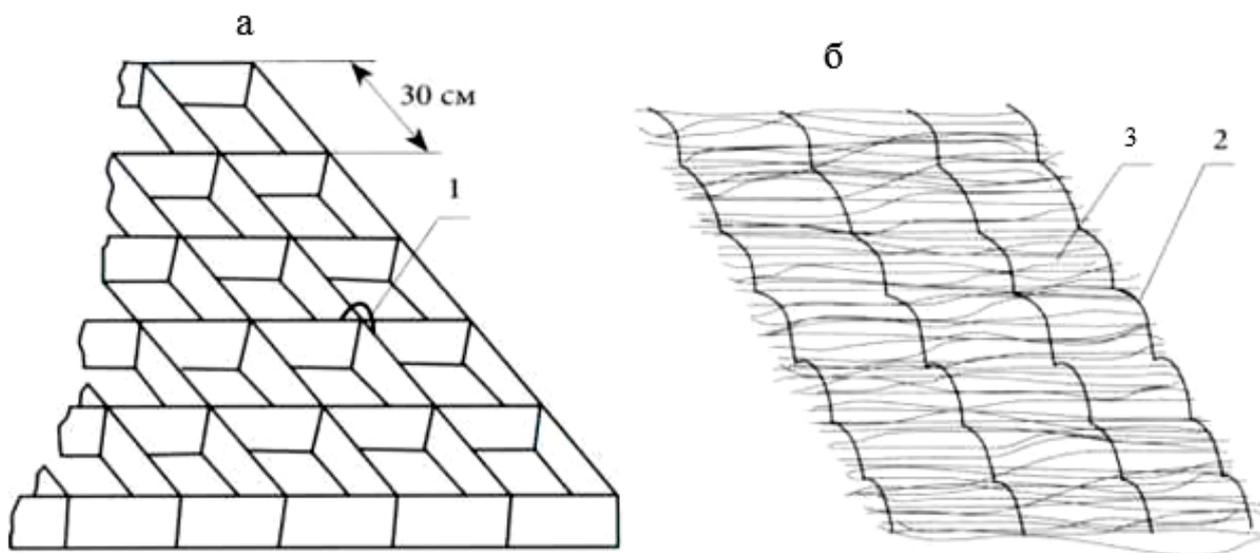
1 – камни; 2 – дерн; 3 – бетонные плиты; 4 – колья; 5 – хворост; 6 – дерновые ковры; 7 – гумусовый грунт и засев травами; 8 – доски

Рисунок 2.9 – Способы крепления берега

В настоящее время в зарубежных странах широко используются методы крепления откосов геоячейками, материалом которых служит полиэтилен (рис. 2.10, а).

Полиэтиленовые геоячейки доставляются на берег в свернутом вилле и только там разворачиваются. Затем скрепляются с грунтом полимерными или металлическими скобами, после чего ячейки заполняются камнями и сверху присыпаются землей.

Недостатками такого крепления являются малая механизация и малая сопротивляемость ледохода. Также данный метод возможно применять только на грунтах с повышенной влажностью для возможности закрепления скоб.



1 – скобка крепления; 2 – скрепляющая нить; 3 – кокосовое волокно, солома или камыш

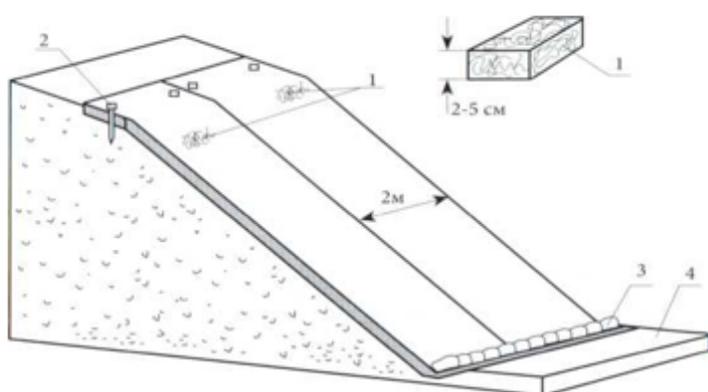
Рисунок 2.10 – Крепление берегов полиэтиленовой геоячейкой (а) и биоматами (б)

Другой способ крепления откосов состоит в креплении берега с помощью биоматов, изготовленных из кокосового волокна, соломы или высушенного камыша. Такой биоматериал сшивается между собой прочной нитью, приобретая рыхлую структуру, засев которой происходит через 3-4 недели семенами трав. Далее этот материал крепится к берегам с помощью скоб или кольев (рис. 2.10, б).

Преимуществом является невысокая стоимость данного способа укрепления берега. Но он имеет малую сопротивляемость к оползанию откосов, а также недостаточно прочный.

Крепление берегов объемной сеткой Мак-Мат, находит все большее применение (рис. 2.11) для защиты откосов с низкой эрозивной активностью.

Сетка изготавливается из ПВХ-нитей диаметром 1-2 мм. Укрепление происходит следующим образом: сетка расстилается на откосах, затем в верхней части крепится кольями, а в нижней прижимается камнями или габионными конструкциями. Сверху сетка присыпается землей и засеивается многолетними травами.



1 – сетка Мак-Мат; 2 – колья; 3 – камни или цилиндрические габионы;
4 – дно канала

Рисунок 2.11 – Укрепление берега сеткой Мак-Мат

Несмотря на простоту конструкции. Сама сетка имеет высокую стоимость и малую сопротивляемость разрыхлению грунта и оползанию откосов.

2.3.5 Габионы

Наиболее перспективным и экономически выгодным направлением для крепления берегов водоемов является крепление их матрасами и габионными конструкциями.

В основе данного метода лежит применение сетки двойного кручения, которая применяется при строительстве дорог, в защитных сооружениях в мелиорации, при укреплении железнодорожного полотна и для ограждения особо опасных участков.

Метод двойного кручения препятствует раскручиванию сетки, по сравнению с сетками с простым кручением, где может происходить в разрыв или надрыв проволоки, приводящее к разрушению конструкции.

Для создания габионов сетку расстилают на земле и разделяют перегородками высотой 0,2-0,5 метра. В такие емкости укладывается камень, сверху снова укладывается сетка и сшивается с перегородками проволокой.

Таким образом, конструкции из габионов являются гибкими и в случае подмыва или просадки грунта легко заполняют пустоты, что более надежно в таких случаях, чем применение железобетона.

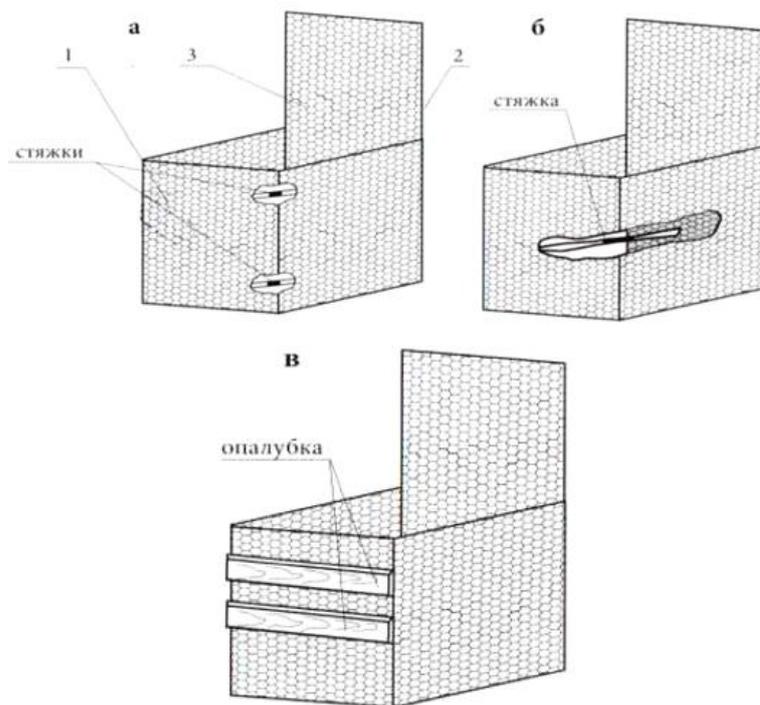
В течение нескольких лет габионные сооружения покрываются естественной растительностью, забиваются грунтом, что приводит к дополнительному укреплению данной конструкции, а также слияние с окружающим ландшафтом.

Принципиальная схема габионных конструкций показана на рис. 2.12.

Также большое распространение имеет технология крепления откосов матрасами толщиной 0,2-0,5 м. На рис. 2.13 показаны разнообразные типы крепления берегов матрасами и ящиками (габионами).

При использовании габионных конструкций в зонах ледохода и в зоне контакта со льдом применяют сооружения с двойной сеткой.

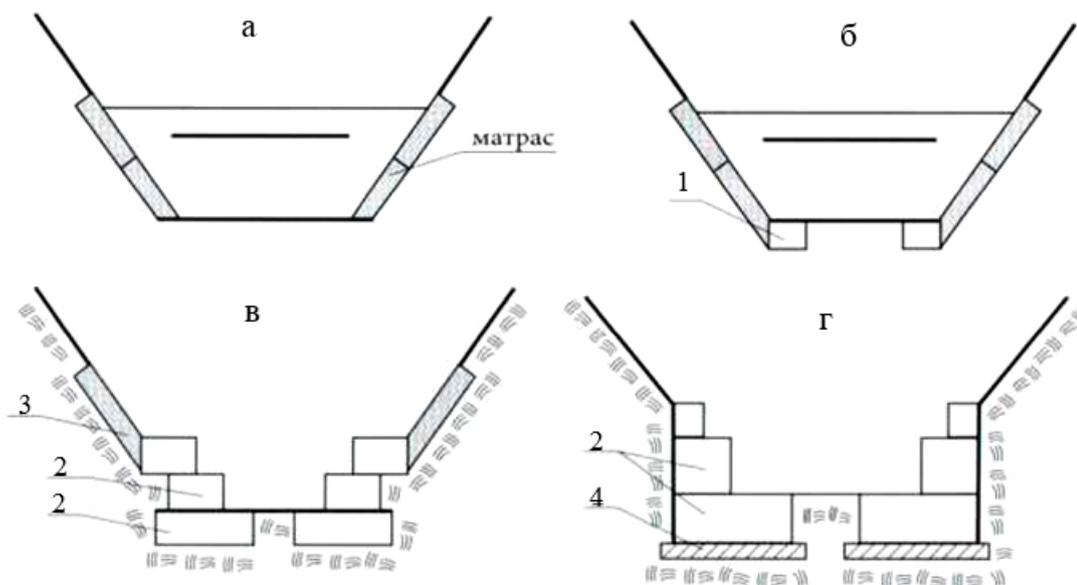
Таким образом, применение габионов, по сравнению с железобетоном, может дать экономию до тридцати процентов. При этом улучшается внешний вид водосборных территорий, так как после нескольких лет габионные сооружения полностью зарастают растительностью, повышая при этом свою устойчивость и становятся частью окружающего ландшафта. Габионы устойчивы к климатическим и паводковым условиям, так как габионная кладка за счет гибкости и внутренней подвижности хорошо приспособляется к рельефу укрепляемой поверхности, при всем этом обладая высокими фильтрационными свойствами. К недостаткам можно отнести лишь малую механизацию работ.



а – крепление ящика по вертикальным граням; б – стяжка, соединяющая переднюю и заднюю стенку ящика; в – установка опалубки

1 – сетка ящика из проволоки Ф-3 мм; 2 – контур ящика из проволоки Ф-4-6 мм; 3 – крышка

Рисунок 2.12 – Крепление ящика перед заполнением камнем проволокой двойного кручения

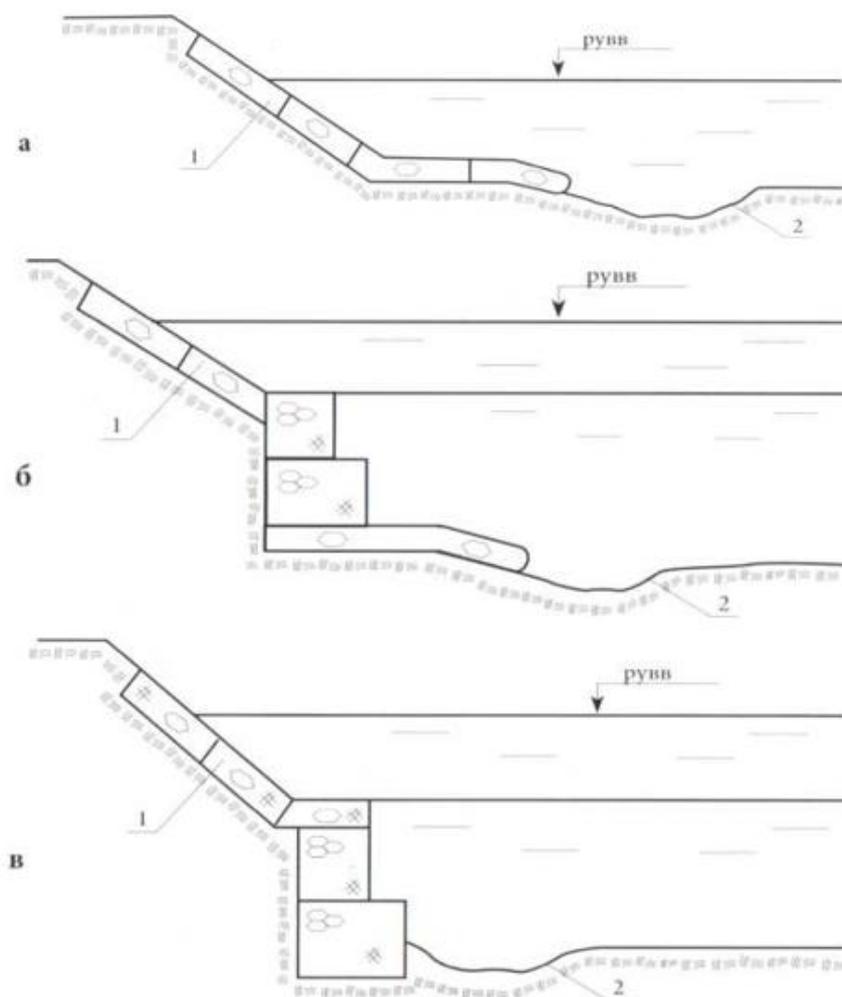


а – крепление матрасами; б – крепление матрасами со вставкой; в, г – крепление устья

1 – вставка; 2 – габионы; 3 – матрасы; 4 – ивовая подстилка

Рисунок 2.13 – Типы укрепления берегов

Для габионного укрепления этих откосов рекомендуется использовать схемы возможных конструктивных решений, представленных на рисунке(рис. 2.14).



а – с применением матрасов; б, в – комбинированные откосноступенчатые

1 – облицовка матрасами; 2 – линия размыва

Рисунок 2.14 – Схемы укрепления берега габионами

Выводы по главе 2

1. Решение проблемы предотвращения загрязнения водоемов сточными водами содержащие биогенные элементы состоит в создании безотходных технологических процессов;
2. Для уменьшения интенсивности «цветения» водоисточников необходимо сократить поступление биогенных элементов путем создания комплекса мероприятий, до минимума сокращающего количество вредных веществ, поступающих в водоемы;
3. Высшие водные растения за счет поглощающей способности биогенных элементов, снижают уровень эвтрофикации водоемов;
4. Важным фактором в предотвращении поступления биогенных элементов в водоемы и его заиления является крепление берегов водоисточников и защита их от размыва.

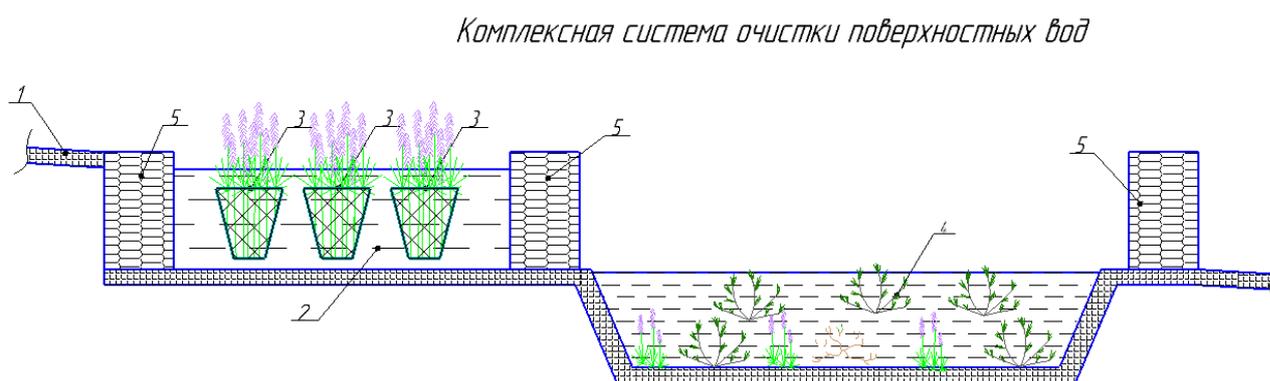
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПОСТУПЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОЕМЫ

Предотвращение поступления биогенных элементов с поверхностным стоком, стекающим с сельско – хозяйственных объектов, а также с коммунально-бытовыми и ливневыми водами в водоемы является очень важной и актуальной задачей, так как биогенные вещества – причина многих нежелательных явлений.

3.1 Комплексные мероприятия по защите водоемов от поступления биогенных элементов

В данном разделе рассматривается мероприятие по предотвращению поступления биогенных элементов в водоемы, которое предусматривает последовательную установку водосточного коллектора, пруда- накопителя, в который помещены контейнеры с высшей водной растительностью (наплавные биоплато) и руслового биоплато.

Стенки камеры пруда- накопителя и биоплато выполнены из коробчатых габионных конструкций, заполненных каменным материалом (см. рис. 3.1).



1 - коллектор; 2 –пруд- накопитель; 3 –контейнеры с высшей водной растительностью; 4 – биоплато с высшей водной растительностью; 5 - габион.

Рисунок 3.1— Комплекс мероприятий по защите водоемов от поступления биогенных элементов

Система работает следующим образом:

Сточные воды поступают из водосточного коллектора (1) в накопительный пруд (2), где проходит механическая очистка воды и ее фильтрация во время прохождения через габионные конструкции (5), а также очистка поверхностного слоя воды в наплавном биоплато(3), заселенным воздушно – водными растениями (тростник обыкновенный, рогоз узколистый, камыш озерный, цицания широколистная). Затем самотеком вода поступает в биоплатоусловного типа(4) с погруженными растениями (рдесткурчавый, пронзеннолистный, гребенчатый, уруть колосистая, роголистник погруженный и др.). Здесь очистка воды происходит не только за счет высших водных растений, но и за счет бактериального населения зарослей, донных, эпифитных, планктонных водорослей и беспозвоночных животных. Основным агентом на русловом биоплато является бактериоперифитон – бактериальная пленка, развивающаяся на подводной части растений и обеспечивающая высокую интенсивность деструктивных процессов.

Наиболее полная очистка достигается при последовательном протекании воды через заросли воздушно-водных и погруженных растений.

Преимуществом такой системы является то, что посадка воздушно-водных растений в контейнерах на первой стадии очистки не приводит к засорению воды в пруде - накопителе, т.к. отпад стеблей и листьев происходит в зоне контейнера и легко удаляется. Таким образом, в воде не осуществляется процесса накопления органических и биогенных веществ, стимулирующих эвтрофикацию и илонакопление.

Использование габионных конструкций для очистки поверхностных вод, стекающих с береговой линии аргументировано за счет высокой проницаемости воды и воздуха; большой внутренней поглощаемости мелких частиц твердого стока и нефтепродуктов; долговечности и химической нейтральности; пригодности для прорастания растений, способных аккумулировать некоторые

загрязняющие вещества из сточных вод. Однако применение габионов как единственной конструкции для очистки поверхностного стока, стекающего с водосборной территории, недостаточно, поэтому требуется доочистка вод от биогенных элементов в системах биоплато.

Конструкция такого фильтрационного сооружения не требует:

- возведения фундаментов;
- железобетонных стен;
- специального землеотведения;
- подвода электроэнергии и телефонизации;
- специально обученного высококвалифицированного обслуживающего персонала.

Главным преимуществом является невысокие эксплуатационные и капитальные затраты. При этом достигается высокая степень очистки сточных вод от биогенных элементов за счет поглощения их высшей водной растительностью. Также решается проблема эрозии почвы за счет укрепления берегов габионными сооружениями.

3.2 Разработка элементов биоплато на габионах

В данном разделе предлагается технология заполнения габионов, при которой вместе с камнем в кладку закладываются мешочки из геоткани, в которые путем их прокалывания специальной спицей, высаживаются семена высших водных растений (см. рис. 3.2). Благодаря пористой структуре габионов достигается высокая проницаемость габионных конструкций для воды и воздуха. В этом случае габионы будут служить не только для укрепления берегов от размыва, а также являться биологическим фильтром от поступления биогенных элементов в водоемы.



Рисунок — 3.2 Посадка растений на габийонных конструкциях

Биоплато в сочетании с габионной конструкцией представляют собой блоки с берегоукрепительным камнем и водными растениями. Они устанавливаются в прибрежной зоне в точках поступления в водоем поверхностного стока и осуществляют доочистку поступающей воды.

При протекании сточных вод через габионные водопропускные и очистные фильтрующие сооружения происходят процессы защиты от эрозии почвы прилегающей территории, фильтрации, осаждения, адсорбции, поглощения загрязнителей водными растениями.

Применение габионных конструкций в сочетании с биоплато является прогрессивным развитием методов естественной биологической очистки.

Такое конструктивное решение применимо для территорий с рассредоточенными источниками поступления биогенных элементов, не имеющих единого водосточного коллектора. Например, сточные воды, которые формируются атмосферными осадками, выпадающими на территории водосборного бассейна; талые воды; воды с сельскохозяйственных и животноводческих ферм.

Такие системы доочистки сточных вод являются открытыми самотечными сооружениями, и для их работы не требуется применения насосного оборудования, электричества, строительства служебных помещений. Природоподобные очистные сооружения надёжны в работе и практически безаварийны. Их обслуживание возможно с применением обычной строительной техники и не требует специально обученного персонала. Такие системы продолжают очищать сточные воды длительное время и без обслуживания, не снижая эффективность очистки.

3.3 Очистка дна от ила

Биогенные элементы способствуют не только эвтрофикации водоемов, а также являются причиной заиления, приводящего к потерям объема воды за счет роста абсолютных отметок дна.

Иловые отложения отрицательно влияют на качество воды, гидротехнические свойства водного объекта, а также на состояние его обитателей. Продукты разложения фитопланктона сильно снижают количество кислорода в воде, способствуя появлению в воде одноклеточных водорослей, которые ускоряют цветение и помутнение воды. Низкий показатель прозрачности не позволяет солнечному свету проходить сквозь толщу воды. Все это пагубно влияет на состояние водоема. Результатом является полное заболачивание данного водоема.

Очистка дна водоемов от ила является одним из методов устранения последствий попадания биогенных элементов с поверхностным стоком. Способы по удалению донных отложений можно разделить на несколько видов: химический, механизированный и гидромеханический.

3.3.1 Химический метод очистки от ила

Химический метод основан на применении препаратов, способствующих запустить химические реакции разложения ила на воду, углекислый газ и безопасные формы органики, а так же позволяющих снизить интенсивность илообразования. Осуществляется такой метод очистки дна от ила просто – нужно периодически добавлять порции препарата в воду водоемов с помощью автоматических дозирующих систем или вручную. Однако химические вещества можно применять не во всех случаях. Если водоем является проточным, то большая часть препарата просто уйдет вниз по течению. Так же, химический метод может привести к гибели рыб в водоеме при превышении содержания инородных примесей в воде.

3.3.2 Механизированный метод очистки дна от ила

Механизированный способ требует применения строительной техники – бульдозеров, экскаваторов, драглайнов, а так же специальных амфибий предназначенных для работы в обводненных условиях (рис. 3.3). Данная техника позволяет очистить дно водоема от ила, перемещая его на берег или в специальные грунтоотвозные устройства- контейнеры, баржи, шаланды, самосвалы. Таким образом, механическими средствами можно быстро убрать иловые отложения в больших объемах воды.

Недостатком данного метода является потребность в наличии большого количества техники для транспортировки ила. Это приводит к большим эксплуатационным и транспортным затратам на единицу объема грунта.

Очистка дна от ила механизированным методом применяется обычно в тех случаях, когда есть возможность осушить водный объект, чтобы обеспечить свободный подъезд для спецтехники.





Рисунок 3.3— Работа экскаватора по очистке водоема от ила

3.3.3 Гидромеханический метод очистки от ила

Гидромеханический или гидромеханизированный метод основывается на применении специальных грунтовых насосов, размещенных на борту земснарядов, или установленных на стрелах кранов и экскаваторах (рис.3.4). Данный метод применяется при удалении ила со дна водоемов глубиной в несколько метров.

Землесосный земснаряд собирает и перемещает донные отложения с помощью мощного грунтового насоса. Таким образом, ил вместе с водой под высоким давлением подается через системы береговых и плавающих трубопроводов на места складирования ила, на иловые карты или на грунтоотвозные баржи.

Иловые карты представляют собой территории, огражденные со всех сторон земляным валом с различной высотой насыпи. Они создаются на берегу до начала работ по очистке дна водоема. При этом размеры карт и высота обвалования могут быть разными в зависимости от количества перекачиваемого ила.



Рисунок 3.4— Работа земснарядов по очистке водоема от ила

Основным достоинством гидромеханического способа является возможность перемещать грунт со дна водоисточников на большие расстояния без дополнительных затрат на транспортировку ила. По сравнению с

механизированным способом стоимость работ по очистке дна водоема значительно ниже.

Единственное условие гидромеханического метода – это наличие необходимого количества воды для перекачивания грунта.

Работы по очистке дна начинаются с изучения профиля водоема, характера донных отложений, промера глубин, вычерчивании карты водоема. При этом производится уборка крупногабаритного мусора во избежание поломок техники. На этом же этапе создается проект производства работ.

Далее создается карта намыва ила с помощью механической техники – бульдозеров и эскаваторов. На объект доставляются все необходимые материалы для осуществления работ, а также необходимая техника.

Следующим этапом монтируется система трубопроводов, ведущая от водоема до места складирования ила.

После всего этого начинаются сами работы по очистке дна водоема от ила. Такие работы ведутся круглосуточно, в несколько рабочих смен, с небольшими перерывами для переустановки трубопроводов и технического обслуживания земснаряда.

Выводы по главе 3

1. Для предотвращения поступления биогенных элементов в водохранилища хозяйственно– питьевого назначения необходимо применять комплексные мероприятия, состоящие из габионных конструкций и системы биоплато;
2. Для предотвращения попадания сточных вод, содержащих биогенные элементы, с территорий водосборного бассейна с рассредоточенными источниками рекомендуется высадка высших водных растений непосредственно на конструкции габионов;
3. Необходимо проводить очистку дна от ила гидромеханическим способом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В результате анализа существующих методов предотвращения поступления биогенных элементов в водоемы, выявлена необходимость укрепления берега конструкциями, предотвращающими эрозию почвы, а также производить доочистку поверхностных вод;

2 Предложены две схемы, по укреплению берега и очистке поверхностного стока, предотвращающие попадание биогенных элементов водоемы:

– Очистка поверхностного стока, проходящего несколько этапов: механическую очистку через габионные конструкции и биологическую в биоплато. Такая схема применима для водосборной территории с водоотводящим коллектором;

– Для территорий с рассредоточенными источниками поступления биогенных элементов, не имеющих единого водосточного коллектора, предложена схема непосредственной высадки высшей водной растительности на габионных конструкциях путем заложения мешочков из геоткани, в которые путем прокалывания специальной спицей, высаживаются семена.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

3. Матюх В.А., Лушкин И.А. О влиянии увеличения биогенной нагрузки на эвтрофикацию водоемов. В сборнике статей VI Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». – Пенза, МНИЦ, 2017.

4. Матюх В.А. О возможности сокращения поступления биогенных элементов в водохранилища волжского бассейна. – В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – Пенза, МНИЦ, 2017.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Aquaculture Reports, Volume 3, May 2016 http://ac.els-cdn.com/S2352513416300023/1-s2.0-S2352513416300023-main.pdf?_tid=8cac98a6-e696-11e5-96c8-0000aacb35f&acdnat=1457597178_9695443293d1013c30007bf83a55de2a
2. Biotechnology Advances, Volume 34, Issue 1, January–February 2016 http://ac.els-cdn.com/S0734975015300586/1-s2.0-S0734975015300586-main.pdf?_tid=30e770e4-e697-11e5-9041-0000aacb362&acdnat=1457597454_1e302bad38b03af788ba0c8f53c86084
3. Environmental Engineering, 56, February 2011 <http://paperity.org/p/3917724/effects-of-coagulation-on-submerged-ultrafiltration-membrane-fouling-caused-by-particles>
4. Sustainable Materials and Technologies, 2016 http://ac.els-cdn.com/S2214993715300105/1-s2.0-S2214993715300105-main.pdf?_tid=df58bbe6-e693-11e5-9041-0000aacb362&acdnat=1457596028_ad0ead2d9f3a7f66c634204fdbcafaa7
5. Water pollution, 11 August 2015 https://www.researchgate.net/publication/282553715_Removal_of_Dissolved_Organic_Matter_by_Magnetic_Ion_Exchange_Resin
6. Абрамов А.В. Биологическая и биосорбционная доочистка сточных вод на гранулированной и волокнистой загрузках / А.В. Абрамов, Н.И. Куликов // Сб. научн. тр. ВНИИ ВОДГЕО. М., 1991. С. 24- 29. 2.
7. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание: в 2 – х книгах. Книга 1/Под ред. В.И.Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.

8. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие. В 2-х частях. – М.: МНЭПУ, 1998. – 368 с. 7.
9. Байков В.Н., Курочкина В.А., Писарев Д.В. Речная гидравлика и свойства русловых отложений на урбанизированных территориях // Вестник МГСУ, 2011. – спецвыпуск № 2, т. 2. – С. 221-228.
10. Бамбуров И.С. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища /И.С. Бамбуров, В.Г. Беспалый, А.И. Викулови др./ Отв. редакторы В.Г. Беспалый, В.М. Фирсенкова – Санкт-Петербург «Наука», 1991. – 224 с.
11. Блази С., Боровков В.С., Курочкина В.А. Комплексная экологическая безопасность водных объектов на урбанизированных территориях // Экология урбанизированных территорий, 2012. – № 2.
12. Богомолова Т.Г., Курочкина В.А. Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и проблемы их очистки для улучшения экологического состояния водотока // Инженерные изыскания, 2010. – № 10. – С. 56-60.
13. Бондарев А.А., Соколова Е.В., Пономарев А.В. Денитрификация в реакторах со взвешенным слоем активного ила при очистке сточных вод // Совершенствование методов биологической и физико-механической очистки ПСВ ВНИИ ВОДГЕО. М., 1990. С. 3-7.
14. Боровков В.С., Курочкина В.А. Роль седиментационных процессов в самоочищении водных объектов // Вестник МГСУ, 2010. – № 4, т. 2. – С. 41-45.
15. Боровков В.С., Курочкина В.А. Миграция тяжелых металлов в растения при их выращивании с использованием сточных вод и загрязненных илов в качестве удобрений // Экология урбанизированных территорий, 2011. – № 2. – С. 51-54

16. Вдовин Ю.И. Совершенствование технологий водоприема и водозаборных сооружений для систем водоснабжения на Севере: Дис. ...д-ра техн. наук. – М., 1996.
17. Влияние добавок на удаление фосфора из сточных вод в биологическом реакторе периодического действия // WaterSciandTechnol. 1997. Т. 34. №1. С. 75-80. 5.
18. ВНИИ ВОДГЕО. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Пособие к СНиП – М.: Стройиздат, 1990.
19. Водозаборно-очистные сооружения и устройства : учеб. пособие для вузов / М. Г. Журба [и др.] ; под ред. М.Г. Журбы. - Гриф УМО. - М. :Астрель: АСТ, 2003. - 569 с. : ил. - Библиогр.: с. 567-569. - ISBN 5-17017190-0 : 193-00.
20. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
21. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды.– М.: Экономика, 1986.
22. Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с. ISBN 978-5-7264-0493-6
23. Дубова Н.А., Жулидов А.В., Лапин И.А. Влияние гидробионтов на формы миграции тяжелых металлов в природных водах // Экология. – 1991. – № 3. – С. 91-93.
24. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод. - М.: АКВАРОС, 2003. - 512 с.
25. Журба М. Г. Водоснабжение: Журба М. Г. Водоснабжение. В 2 т. Т. 2. Улучшение качества воды : учеб. для вузов / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова. -

- Гриф УМО. - М. : АСВ, 2008. - 543 с. : ил. - Библиогр.: с. 542. - На обл. авт. М. А. Сомов, М. Г. Журба. - Об авт.: с. 543. - ISBN 978-5-93093-542-4 : 520-90.
- 26.Залетова Н.А. и др. Удаление биогенных веществ из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1992. № 3. С 16-17.
- 27.Иванов И.А. Габионы в мелиорации и дорожном строительстве /И.А. Иванов, С.С. Медведев/ Учебное пособие. – ИД «НоваПринт», Улан-Уде. – 2005.
- 28.Исследование химического и биологического удаления фосфатов на городских очистных сооружениях // Korrespond. Abwasser. 1991. Т. 38. № 2. С. 163-169.
- 29.Касьянов А. Е. Гидротехнические мелиорации лесных земель : лекции : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Лесное хозяйство" напр. "Лесное хозяйство и ландшафтное строительство" / А. Е. Касьянов. - 2-е изд. ; гриф УМО. - М. : МГУЛ, 2007. - 61 с.
- 30.Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.:Госстройиздат, 1971.
- 31.Кравец В.В., Бухгалтер Л.Б., Акользин А.П., Бухгалтер Б.Л. Высшая водная растительность как элемент очистки промышленных сточных вод // Экология и промышленность России. – 1999.– №8. – С. 20-23.
32. Крот Ю.Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т.42, №1. – С.76-91
- 33.Кроткевич П.Г. Роль растений в охране водоемов. – М.: Знание, 1982. – 64 с. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Биология»; № 3).
- 34.Кузнецов М. С. Эрозия и охрана почв [Электронный ресурс] : учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - М. : Изд-во МГУ : КолосС, 2004. - 352 с.

35. Куценко А.М., Писаренко. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. – Киев : Урожай , 1991г.
36. Ладыженский В.Н., Саратов И.Е. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с территории полигонов ТБО // 1-я конференция с международным участием «Сотрудничество для решения проблемы отходов», 5-6 февраля 2004 г., Харьков.
37. Лушкин И.А. Исследования фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью: Дисс. ...канд. техн. наук. – Пенза, 1999. – 201 с.
38. Лушкин И.А., Стрелков Д.А., Немнонова М.А. Проблемы забора и очистки воды для водоснабжения из источников с обильной водной растительностью. Градостроительство и архитектура. 2012. № 1 (5). С. 50-54.
39. Лушкин И.А., Вдовин Ю.И., Горев А.В. О влиянии фитопланктона водохранилищ волжского бассейна на выбор технологий забора и очистки воды. В сборнике: Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. Тольятти, 2004. С. 252-257.
40. Лушкин И.А. Исследование фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пенза, 1999
41. Масахиро И. Удаление азота и фосфора из сточных вод периодической анаэробно-аэробной биологической обработкой // Когай то тайсаку. EnvironPollutionControl. 1991. № 9. С. 877-882.
42. Методические указания по расчету поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок и установлению водоохраных мероприятий.– М., 1988.

43. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука, 1990. – 176 с. 1.
44. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде / Пер с англ. М: Прогресс – Пангея , 1993-1996
45. Мясников И.Н. «Очистка сточных вод и обработка образующихся осадков на НПЗ» Материалы отраслевого совещания по экологизации 28-29 марта 2000 г., М., том II, Ассоциация нефтехимиков и нефтепереработчиков.
46. Небел. Б. Наука об окружающей среды, как устроен мир / Пер с англ. : В 2 томах – 1993 г.
47. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Ереснов В.Н. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / А.С. Образовский [и др.] – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
48. Окружающая среда : энциклопедический словарь-справочник / Пер. с нем.- М: Прогресс, 1993.г
49. Проектирование сооружений для очистки сточных вод (Справочное пособие к СНиП). М.: Стройиздат, 1990, 192 с.
50. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. М. Стройиздат, 1984, 262 с.
51. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды, М., Недра, 1993
52. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630-88. (Вводятся вновь с 01.01.1989) // Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические правила и нормы. М., 1989.
53. Селезнева А., Селезнев В., Сайридинов С. Инструмент превентивного воздействия. Экологическое нормирование биогенной нагрузки на источники питьевого водоснабжения (на примере Саратовского водохранилища). – Вода Magazine. 2012. № 4. С. 40-43.

54. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайридинов С.Ш. Экологическое нормирование биогенной нагрузки на источники питьевого водоснабжения (на примере Саратовского водохранилища). В сборнике: Яковлевские чтения сборник докладов научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева, 15-16 марта 2012 г., Москва. М-во образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО "Московский гос. строит. ун-т" (Нац. исслед. ун-т МИСИ). Москва, 2012. С. 43-53.
- 55.СниП 2.04.02-84. «Водоснабжение».
- 56.СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1985.
- 57.СниП П-39-74 «Степень очистки сточных вод».
- 58.СО 34.21.308-2005 «Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения»
- 59.Соколова Е.В. Биохимическая нитрификация сточных вод в за-топленном биофильтре / Е.В. Соколова, Т.В. Полежаева // Сб. научн. тр. ВНИИ ВОДГЕО. М., 1991. С. 104-107.
- 60.Сомов М. А. Водоснабжение: Сомов М. А. Водоснабжение. В 2 т. Т. 1. Системы забора, подачи и распределения воды : учеб. для вузов / М. А. Сомов, М. Г. Журба. - Гриф УМО. - М. : АСВ, 2008. - 261 с. : ил. - Библиогр.: с. 260. - Авт. 1-го т. М.А. Сомов. - Об авт.: с. 261. - ISBN 978-5-93093-565-3 : 325-60.
- 61.Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога). Под ред. Перхуткина В.П. М.: «Инфра-Инженерия», 2005.-864 с.
- 62.Тимофеева С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод // Хим. и технол. Воды. — 1995. — 17, № 5. — С. 525-532.
- 63.Удаление биогенных веществ из городских сточных вод. Охрана окружающей среды от загрязнений промышленными выбросами. ЦБП. М., 1999.

64. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. – М.: Издательство МГУ, 1996. - 680 с; 178 ил. Карелин Я.А. и др.
65. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1979. 32. Шеломков А.С., Эль Ю.Ф., Захватаева Н.В. Биогальванический метод интенсификации сооружений биологической очистки // Водоснабжение и санитарная техника. 1996. № 6. С. 20-21.
66. Хрисанов Н.И., Осипов Г. К., Управление эвтрофированием водоёмов, Санкт-Петербург, ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1993, 275 с.