

**Владимирский государственный университет**

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**  
**Предотвращение загрязнения**  
**водных объектов**

**Учебно-практическое пособие**

**Владимир 2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

## Предотвращение загрязнения водных объектов

Учебно-практическое пособие



Владимир 2024

УДК 30.69  
ББК 574  
П81

**Авторы-составители:** Т. А. Трифонова, Н. В. Чугай

Рецензенты:  
Кандидат биологических наук  
инженер-эколог ООО «Эконорма»  
*А. С. Злышко*

Кандидат биологических наук, доцент  
доцент кафедры почвоведения, агрохимии и лесного дела  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*А. О. Рагимов*

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ.** Предотвращение за-  
П81 грязнения водных объектов : учеб.-практ. пособие / авт.-сост.:  
Т. А. Трифонова, Н. В. Чугай ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г.  
Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2024. – 76 с.  
ISBN 978-5-9984-1975-1

Рассматриваются вопросы по рациональному водопользованию. Приведена методика расчета предотвращения загрязнения водных объектов. Тематика и объем материала дисциплины соответствуют учебной программе и требованиям Федерального государственного образовательного стандарта для направления подготовки бакалавриата, специалитета и магистратуры всех форм обучения.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности 05.03.06, 05.04.06 «Экология и природопользование».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 4. Табл. 9. Библиогр.: 5 назв.

УДК 30.69  
ББК 574

ISBN 978-5-9984-1975-1

© ВлГУ, 2024

## **ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на то что человек на 70 % состоит из воды, а поверхность зеркала воды составляет 71 % от площади Земли, пресные водоемы занимают всего лишь около 3 % от ее площади и содержат в 5 тысяч раз меньше воды, чем моря и океаны. Темпы водопотребления человечеством за прошедший век в несколько раз превысили темпы прироста населения планеты. По расчетам ученых, к 2050 году около 80 % людей родятся в регионах с дефицитом питьевой воды и катастрофической санитарной обстановкой. В связи с этим в настоящее время особенно острой становится проблема обеспечения человечества чистой водой. Для рационального использования водных ресурсов необходимо знать, какое количество воды требуется для удовлетворения всех потребностей человека на данный момент и в будущем.

Рациональное водопользование – комплекс мер по уменьшению потребления воды и повышению эффективности переработки сточных вод в целях ресурсосбережения, охраны природы и для повышения экономической эффективности в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве.

Рациональное водопользование включает в себя организационно-технические, правовые и экономические мероприятия. Правовое регулирование осуществляется Водным кодексом РФ и другими нормативно-правовыми актами.

Вода должна использоваться по назначению, для этого необходимо проводить учет потребления воды, контроль качества воды, следить за исправностью очистных сооружений. Вокруг водозаборов должны быть установлены санитарные зоны.

Меры по рациональному водопользованию включают:

1. Любое существенное уменьшение потерь воды, ее использования или загрязнения, равно как и сохранение качества водных ресурсов.

2. Уменьшение использования воды посредством внедрения мер сохранения водных ресурсов или повышения эффективности использования воды.

3. Внедрение систем управления водными ресурсами, сокращающих или благоприятствующих уменьшению избыточного потребления воды.

Вода является возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом: управление использованием водных ресурсов и охраной считается одной из важнейших государственных задач Российской Федерации.

В течение длительного периода человек использовал водные ресурсы и не испытывал недостатка воды. Однако в связи с быстрым ростом населения Земли и его производственной деятельности потребности человека в воде значительно возросли. Сегодня во многих местах земного шара ощущается нехватка пресной воды для жизненных нужд, потребностей промышленности и сельского хозяйства. Это обусловлено как количественным, так и качественным истощением водных ресурсов. Из года в год количество воды, используемой одним жителем планеты, растет, причем основным источником водопользования и водопотребления являются реки.

Динамика мирового водопотребления свидетельствует о значительном росте объемов потребления воды, причем меняется тенденция водопотребления в сторону промышленного производства.

Главным водопотребителем пресной воды остается сельское хозяйство, в котором наблюдаются самые необратимые потери воды – до 80 %. Рост оросительных площадей и количества поливной воды обусловлен как ограничением площадей традиционных пахотных земель в условиях демографического взрыва, совершенством оросительных систем, так и особенностью сельскохозяйственных культур.

На образование 1 кг растительной массы различными растениями используется от 150 – 200 до 800 – 1000 л пресной воды. Вторым мощным водопотребителем следует назвать промышленность, причем растет удельный вес этого потребителя в общем водопотреблении. Наиболее мощными водопотребителями в промышленности являются электростанции (АЭС и ТЭС), они способствуют, главным образом, тепловому загрязнению водоемов. Другие отрасли промышленности также могут быть мощными водопотребителями.

Растет потребление воды населением. Если в Средние века городской житель ежедневно тратил на себя до 25 л воды, то сегодняшний горожанин тратит около 150 л воды. В крупных городах водопотребление значительно больше.

Помимо норм потребления воды, расходуемого в повседневной жизни, необходимо учитывать санитарно-гигиенические и физиологические нормы водопотребления, рассчитанные Международной организацией здравоохранения.

Мировое водопотребление растет из года в год, поэтому один из важнейших аспектов современного водопотребления – это возможность изменения характера водообеспечения в результате целенаправленного воздействия на структуру глобального водооборота. Уже сегодня хозяйственная деятельность человека привела к активизации процесса глобального круговорота воды вследствие роста площади выпаривания и необратимых потерь воды за счет химического связывания.

## ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО – ОТРАСЛЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Водное хозяйство – это отрасль науки, охватывающая изучение, учет, использование и охрану водных ресурсов, а также борьбу с их вредным воздействием. Водное хозяйство на современном этапе характеризуется как крупная производственная и природоохранная система, основная цель которой – обеспечение населения и производства водой в нужном объеме и стандартного качества, воспроизводство водных ресурсов, их охрана от истощения и загрязнения, защита окружающей среды от вредного воздействия вод.

Главная цель водного хозяйства заключается в обеспечении качественной водой населения и хозяйственного комплекса, создании благоприятных условий для функционирования всех отраслей экономики.

Функциями водного хозяйства являются:

- водообеспечение и водоотведение;
- охрана водных ресурсов;
- борьба с негативным воздействием вод.

Функция «водообеспечение и водоотведение» осуществляется за счет располагаемых ресурсов воды и требований разных отраслей экономики к объемам и режиму подачи воды для производства запланированной ими продукции с учетом экологических требований, направленных на сохранение устойчивости природных водных экосистем.

Функция «охрана водных ресурсов» необходима для снижения антропогенного воздействия на водные объекты и восстановления нарушенных водных экосистем, например, в результате поступления в них неочищенных стоков. Сточные воды отраслей экономики и коммунального сектора необходимо сделать безопасными перед сбросом в водные объекты и создать условия для их отвода в водоприемник.

Функция «борьба с негативным воздействием вод» осуществляется с целью предотвращения или снижения ущерба, вызываемых селями, оползневыми явлениями, затоплением и подтоплением земель, водной эрозией и т. д. В этом случае выявляются территории, подверженные таким воздействиям, проводится их районирование по степени опасности проявления сил природы, разрабатываются мероприятия по снижению ущерба.

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Водные объекты в зависимости от особенностей их режима, физико-географических, морфометрических и других особенностей подразделяются:

- 1) на поверхностные водные объекты;
- 2) подземные водные объекты.

К поверхностным водным объектам относятся:

- 1) моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и др.);
- 2) водотоки (реки, ручьи, каналы);
- 3) водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища);
- 4) болота (низинные, переходные, верховые);
- 5) природные выходы подземных вод (родники, гейзеры);
- 6) ледники, снежники.

Поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод и покрытых ими земель в пределах береговой линии. Береговая линия (граница водного объекта) определяется:

- для моря – по постоянному уровню воды, а в случае периодического изменения уровня воды – по линии максимального отлива;
- реки, ручья, канала, озера, обводненного карьера – по средне-многолетнему уровню вод в период, когда они не покрыты льдом;
- пруда, водохранилища – по нормальному подпорному уровню воды;
- болота – по границе залежей торфа на нулевой глубине. Порядок определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаи и периодичность ее определения устанавливаются правительством Российской Федерации. Требования к описанию местоположения береговой линии (границы водного объекта) устанавливаются уполномоченным правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

К подземным водным объектам относятся:

- 1) бассейны подземных вод;
- 2) водоносные горизонты.

## **Водные объекты общего пользования**

1. Поверхностные водные объекты, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, являются водными объектами общего пользования, т. е. общедоступными водными объектами, если иное не предусмотрено Водным кодексом.

2. Каждый гражданин вправе иметь доступ к водным объектам общего пользования и бесплатно использовать их для личных и бытовых нужд, если иное не предусмотрено Водным кодексом, другими федеральными законами.

3. Использование водных объектов общего пользования осуществляется в соответствии с правилами охраны жизни людей на водных объектах, утверждаемыми в порядке, определяемом уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, а также исходя из устанавливаемых органами местного самоуправления правил использования водных объектов для личных и бытовых нужд,

4. На водных объектах общего пользования могут быть запрещены забор (изъятие) водных ресурсов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, купание, использование маломерных судов, водных мотоциклов и других технических средств, предназначенных для отдыха на водных объектах, водопой, а также установлены иные запреты в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации.

5. Информация об ограничении водопользования на водных объектах общего пользования предоставляется гражданам органами местного самоуправления через средства массовой информации и посредством специальных информационных знаков, устанавливаемых вдоль берегов водных объектов. Могут быть также использованы иные способы предоставления такой информации.

Водопользование осуществляется с предоставлением или без предоставления водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, сброса сточных вод, производства электрической энергии, водного и воздушного транспорта, сплава древесины (лесоматериалов) и иных предусмотренных Водным кодексом целей.

## **Виды водопользования**

Исходя из условий предоставления водных объектов в пользование водопользование подразделяется:

- на совместное водопользование;
- обособленное водопользование.

1. Совместное водопользование – это процесс использования водных ресурсов несколькими пользователями одновременно. Это может относиться как к поверхностным водным объектам, так и к подземным источникам. Важно отметить, что использование воды требует соблюдения определенных норм и правил, чтобы поддерживать ее качество и устойчивость.

2. Обособленное водопользование может осуществляться на водных объектах или их частях, находящихся в собственности физических лиц, юридических лиц, водных объектах или их частях, находящихся в государственной или муниципальной собственности и предоставленных для обеспечения обороны страны и безопасности государства, иных государственных или муниципальных нужд, обеспечение которых исключает использование водных объектов или их частей другими физическими лицами, юридическими лицами, а также для осуществления аквакультуры (рыбоводства), для использования акватории водных объектов организациями отдыха детей и их оздоровления.

По способу использования водных объектов водопользование подразделяется:

- на водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты;
- водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

**Использование водных объектов для целей сброса сточных, в том числе дренажных, вод**

1. Использование водных объектов для целей сброса сточных, в том числе дренажных, вод осуществляется с соблюдением требований,

предусмотренных Водным кодексом и законодательством в области охраны окружающей среды, законодательством в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

2. Запрещается сброс сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты:

- содержащие природные лечебные ресурсы;
- отнесенные к особо охраняемым водным объектам.

3. Запрещается сброс сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, расположенные в границах:

- первого пояса зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;
- первой зоны округов санитарной (горно-санитарной) охраны природных лечебных ресурсов;
- рыбохозяйственной заповедной зоны озера Байкал, рыбохозяйственных заповедных зон.

4. Сброс сточных, в том числе дренажных, вод может быть ограничен, приостановлен или запрещен по основаниям и в порядке, которые установлены федеральными законами.

5. Сброс очищенных сточных вод в водные объекты, расположенные во втором и в третьем поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, во второй и в третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны природных лечебных ресурсов, допускается при условии оборудования объектов, осуществляющих такой сброс, сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, а также при условии соответствия качества сточных, в том числе дренажных, вод требованиям, предусмотренным Водным кодексом, законодательством в области охраны окружающей среды, законодательством в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 70277-2022. Охрана окружающей среды. Поверхностные воды. Контроль качества вод. Методика установления объема измерений, необходимых для оценки платы за сброс сточных вод. Введ. 2022-10-20. М. : Рос. ин-т стандартизации, 2022. 6 с.

## **ВОДООХРАННЫЕ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ**

1. Водоохранными зонами называют территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

2. В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

3. За пределами территорий городов и других населенных пунктов ширина водоохранной зоны рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и ширина их прибрежной защитной полосы устанавливаются от местоположения соответствующей береговой линии (границы водного объекта), а ширина водоохранной зоны морей и ширина их прибрежной защитной полосы – от линии максимального прилива. При наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос этих водных объектов совпадают с парапетами набережных, ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной.

4. Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- до десяти километров – в размере пятидесяти метров;
- от десяти до пятидесяти километров – в размере ста метров;
- от пятидесяти километров и более – в размере двухсот метров.

5. Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров.

6. Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается

в размере пятидесяти метров. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока.

7. Ширина водоохранной зоны моря составляет пятьсот метров.

8. Водоохранные зоны магистральных или межхозяйственных каналов совпадают по ширине с полосами отводов таких каналов.

9. Водоохранные зоны рек, их частей, помещенных в закрытые коллекторы, не устанавливаются.

10. Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет тридцать метров для обратного или нулевого уклона, сорок метров для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса.

11. Ширина прибрежной защитной полосы реки, озера, водохранилища, являющихся средой обитания, местами воспроизводства, нереста, нагула, миграционными путями особо ценных водных биологических ресурсов (при наличии одного из показателей) и (или) используемых для добычи (вылова), сохранения таких видов водных биологических ресурсов и среды их обитания, устанавливается в размере двухсот метров независимо от уклона берега.

12. На территориях населенных пунктов при наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных. Ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной. При отсутствии набережной ширина водоохранной зоны, прибрежной защитной полосы измеряется от местоположения береговой линии (границы водного объекта).

В границах водоохранных зон допускаются проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды.

Выбор типа сооружения, обеспечивающего охрану водного объекта от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, осуществляется с учетом необходимости соблюдения установленных в соответ-

ствии с законодательством в области охраны окружающей среды нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов. Под сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, понимаются:

1) централизованные системы водоотведения (канализации), централизованные ливневые системы водоотведения;

2) сооружения и системы для отведения (сброса) сточных вод в централизованные системы водоотведения (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод), если они предназначены для приема таких вод;

3) локальные очистные сооружения для очистки сточных вод (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод), обеспечивающие их очистку исходя из нормативов, установленных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и Водным кодексом;

4) сооружения для сбора отходов производства и потребления, а также сооружения и системы для отведения (сброса) сточных вод (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод) в приемники, изготовленные из водонепроницаемых материалов;

5) сооружения, обеспечивающие защиту водных объектов и прилегающих к ним территорий от разливов нефти и нефтепродуктов и иного негативного воздействия на окружающую среду.

На территориях, расположенных в границах водоохраных зон и занятых защитными лесами, особо защитными участками лесов, наряду с ограничениями действуют ограничения, предусмотренные установленным лесным законодательством правовым режимом защитных лесов, правовым режимом особо защитных участков лесов.

Строительство, реконструкция и эксплуатация специализированных хранилищ агрохимикатов допускаются при условии оборудования таких хранилищ сооружениями и системами, предотвращающими загрязнение водных объектов.

В границах прибрежных защитных полос запрещаются:

- распашка земель;
- размещение отвалов размываемых грунтов;

– выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

Установление границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, в том числе обозначение на местности посредством специальных информационных знаков, осуществляется в порядке, установленном правительством Российской Федерации.

При организации мероприятий по охране природных вод в первую очередь следует различать два основных аспекта использования воды: водопользование и водопотребление, которые по-разному влияют на экологическое состояние природных водоемов. При водопользовании вода из водного источника не изымается, т. е. используется как среда обитания, например рыбное хозяйство, рекреация, как транспортная магистраль (например, судоходство) и как источник энергии для гидроэлектростанций. При водопользовании возможно лишь качественное истощение водных ресурсов, которое обусловлено загрязнением водоемов.

При водопотреблении вода из водного источника изымается и используется для промышленных, агрокультурных, коммунально-бытовых и других потребностей. При водопотреблении возможны как качественное, так и количественное истощение водных ресурсов и необратимые потери воды.

Водопользование – это использование водных объектов и систем водоснабжения для удовлетворения потребностей населения и народного хозяйства, а водопотребление – это потребление воды из водного объекта или системы водоснабжения.

Объектами водопользования и водопотребления являются преимущественно поверхностные и подземные пресные воды, территориальные морские воды. Особое внимание при организации природоохранных мероприятий уделяется проблемам защиты пресных вод.

Охрана воды – это система мероприятий, направленных на предотвращение, ограничение и ликвидацию последствий загрязнения, засорения и истощения воды.

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» пресные воды суши разделяют в зависимости от характера их использования на четыре категории:

I категория – водоемы хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и предприятий пищевой промышленности;

II категория – водоемы культурно-бытового назначения, используемые для рекреации, занятия спортом и т. д.;

III категория – водоемы рыбохозяйственного назначения для сохранения и нереста особо ценных пород рыб, которые чувствительны к количеству растворимого в воде кислорода и взвешенных веществ;

IV категория – водоемы рыбохозяйственного назначения для сохранения других пород рыб и их нереста.

В соответствии с категорией водоемов в местах водопользования или водозабора при водопотреблении установлены соответствующие нормативы качества воды, которые объединены в две группы: гигиенические и санитарные. Нормами качества воды называют установленные значения показателей качества воды, соблюдение которых обеспечивает потребности конкретных видов водопользования.

Для гигиенической оценки качества воды используют следующие показатели:

- количество взвешенных веществ;
- температура;
- водородный показатель;
- минеральный состав воды;
- концентрация растворенного в воде кислорода;
- биохимическое потребление кислорода полное (БСК);
- химическое потребление кислорода (ХПК);
- наличие возбудителей болезней и т. п.

Для санитарной оценки качества воды используют такие показатели, как:

- предельно допустимые концентрации загрязняющих воду веществ с учетом лимитирующих признаков вредности;
- классы опасности химических веществ.

Нормы показателей качества воды для каждой категории учитывают особенности использования или потребления вод, а для водоемов рыбохозяйственного назначения учитывается явление биокумуляции и чувствительность некоторых гидробионтов.

Высокие требования к качеству воды предъявляются в водоемах III и I категорий.

Для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения для нормирования их качества устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ с учетом трех лимитирующих признаков (показателей) вредности: органолептического, санитарного или общесанитарного и санитарно-токсикологического.

Для вод рыбохозяйственного назначения ПДК установлены с учетом пяти лимитирующих признаков (показателей) вредности: органолептического, санитарного или общесанитарного, санитарно-токсикологического, токсикологического и рыбохозяйственного.

Лимитирующий признак вредности (по ДСТУ 3041-95) – это один из признаков вредности веществ, загрязняющих воду, который определяет их преимущественное негативное воздействие и характеризуется наименьшим значением эффективной – неэффективной концентрации.

Каждый лимитирующий признак вредности характеризует то или иное свойство загрязняющих веществ, которое показывает проявление их вредного воздействия, а именно:

- органолептический показатель вредности характеризует способность веществ изменять органолептические свойства воды, в частности вкус, запах, цвет;
- общесанитарный показатель вредности характеризует влияние веществ на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических реакций с участием естественной микрофлоры или химических превращений;
- санитарно-токсикологический показатель определяет вредное воздействие веществ на организм человека;
- токсикологический показатель вредности устанавливает токсичность веществ для гидробионтов, в частности планктона;
- рыбохозяйственный показатель вредности характеризует влияние веществ на ухудшение качества промысловых рыб.

Наименьшая из безвредных концентраций по трем или пяти признакам вредности принимается ПДК с указанием лимитирующего показателя вредности.

Предельно допустимая концентрация большинства загрязняющих веществ в водоемах I – II категорий выше. Это, очевидно, объясняется разным количеством лимитирующих показателей вредности веществ при установлении величины ПДК и тем, что чувствительность к

действию загрязняющих веществ можно определить с помощью ряда гидробионтов.

Согласно СанПиН 2.1.4.559-96 питьевая вода должна быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении, безвредной по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Следует отметить, что ПДК должны соответствовать ряду требований, которые исключают гибель рыб и кормовых организмов для рыб, постепенное исчезновение видов рыб или кормовых организмов, ухудшение товарного качества рыбы и замену ценных видов рыб на малоценные. Поэтому рыбохозяйственные водные объекты иногда разделяют не на две категории (III и IV по предварительной классификации), а на три:

1. Водоемы высшей категории, к которым относят местоположение нерестилищ, массового нагула и зимовальные ямы особо ценных видов рыб и других промышленных водных организмов, а также охраняемые зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений.

2. Водоемы первой категории, к которым относятся объекты, используемые для хранения и воспроизведения ценных пород рыб, обладающих высокой чувствительностью к количеству растворенного в воде кислорода.

3. Водоемы второй категории, к которым относятся водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Оценку качества природных вод проводят по интегральным показателям качества (иногда по индивидуальным), хотя эти показатели в силу своей относительности практически непригодны для их использования как критерия «лучше» или «хуже».

Под качеством воды в целом понимают характеристику ее состава и свойств, определяющих ее пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01-77), при этом критерии качества представляют собой показатели, по которым проводится оценка качества этих вод. Важен также учет факторов, определяющих химический состав природных вод. Формирование химического состава природных вод проходит под влиянием ряда факторов, которые целесообразно разделить на две группы:

1. Факторы прямого воздействия, непосредственно влияющие на состав воды (обогащение и удаление из воды химических ингредиентов): состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека.

2. Факторы опосредованного действия, определяющие условия протекания взаимодействия веществ с водой: климат, рельеф, гидрологический режим, растительный мир и т. д.

По характеру действия факторы формирования химического состава природных вод можно разделить на следующие группы:

– физико-географические (рельеф, климат, почвенный слой, выветривание);

– геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия);

– физико-химические (химические свойства элементов, кислотно-основные условия, условия окисления и восстановления, катионный и анионный обмен и т. п.);

– биологические (деятельность растений и других живых организмов);

– антропогенные (все факторы, связанные с деятельностью человека).

Учет факторов формирования химического состава природных вод – это необходимое условие правильной оценки качества природных вод, что позволяет рационально использовать природные воды и реализовывать мероприятия по охране и контролю естественных водоемов.

Водопользование – это использование воды без изъятия ее из мест естественной локализации. Основными водопользователями являются рыбное хозяйство, гидроэнергетика, водный транспорт.

Различают два вида водопользования:

1) для питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий;

2) для купания и отдыха населения.

Водопотребление – это использование воды, связанное с изъятием ее из мест локализации с частичным или полным безвозвратным

расходованием или с возвращением в источники водозабора в измененном (загрязненном) состоянии, т. е. с примесями. Основные водопотребители – сельское хозяйство, промышленные производства, коммунальное хозяйство.

В соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.59-96 питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Для воды определяют следующие показатели:

- концентрацию растворенного кислорода;
- водородный показатель (рН);
- биологическое потребление кислорода (БПК). Используют показатель БПК<sub>5</sub> – количество кислорода, необходимое для окисления органического вещества, находящегося в воде в течение 5 суток; БПК<sub>20</sub> – за 20 суток – этот показатель используется чаще;
- химическое потребление кислорода (ХПК<sub>5</sub>, ХПК<sub>20</sub>) – количество кислорода, необходимое для окисления химических веществ, находящихся в воде.

Сброс в водоем стоков с общим содержанием загрязнений, превышающих то количество, которое может переработаться при естественном самоочищении водоема, способствует его загрязнению. Водоем может стать непригодным для использования.

Отвод сточных вод из водоема регулируется Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Условия сброса сточных вод в водоем определяют с учетом их разбавления и самоочищения с тем, чтобы этой водой можно было пользоваться уже через 1 км от места сброса стоков.

Водоемы, которые используются для рыбохозяйственных целей, также делятся на два вида:

- используемые для воспроизведения ценных пород рыбы;
- остальные рыбохозяйственные водоемы.

При выпуске стоков непосредственно в водоем рыбохозяйственного значения нормативные условия для воды определяют в месте выпуска. Установлены показатели состава и свойств воды водоема (и для смеси вод водоема и стоков).

## ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ЦЕЛЯМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Общая классификация водных объектов в соответствии с положениями нормативно-правового акта приведена в табл. 1.

Таблица 1

Общая классификация водных объектов

Группа	Тип	Вид
Поверхностные водные объекты	Моря или их отдельные части	Внутренние моря (средиземные и полузамкнутые), окраинные, межостровные; проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и др.
	Водотоки	Реки, ручьи, каналы
	Водоемы	Озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища
	Болота	Болота грунтового водного питания, атмосферно-грунтового водного питания, атмосферного водного питания
	Природные выходы подземных вод	Родники, гейзеры
	Ледники, снежники	–
Подземные водные объекты	Бассейны подземных вод	Артезианские бассейны; бассейны грунтовых, трещинных вод; бассейны подземного стока
	Водоносные горизонты	Классификация водоносных горизонтов (первый, второй и другие водоносные горизонты)

Цели водопользования, отражающие хозяйственное значение мероприятий по водопользованию, классифицируют следующим образом:

- хозяйственно-питьевые нужды населения;
- коммунально-бытовые нужды населения;
- лечебные, курортные и оздоровительные цели;
- нужды сельскохозяйственного производства (без орошения);
- орошение и обводнение;
- промышленные нужды (без теплоэнергетики);
- нужды теплоэнергетики;

- территориальное перераспределение стока поверхностных вод и пополнение запасов подземных вод;
- сброс сточных вод, в том числе дренажных;
- прочие нужды;
- многоцелевое водопользование.

### **Классификация водных объектов по целям водопользования**

Виды водного объекта (ВВО):

- ВВО1 – источник снабжения питьевой водой;
- ВВО2 – источник снабжения технической водой;
- ВВО3 – источник снабжения минеральной водой;
- ВВО4 – источник снабжения теплоэнергетической водой;
- ВВО5 – источник снабжения промышленной водой;
- ВВО6 – разные классы подземных и поверхностных водных объектов;
- ВВО7 – разные классы подземных водных объектов.

Цели водопользования:

1. Хозяйственно-питьевые и коммунально-бытовые нужды населения:

1.1. Питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение территорий жилой застройки и населения общественных зданий: городских промышленных районов; сельскохозяйственных районов (ВВО1).

1.2. Кондиционирование воздуха в общественных и жилых зданиях (ВВО1, ВВО2).

1.3. Полив и мытье территорий населенных пунктов (улиц, площадей, зеленых насаждений), работа фонтанов и т. п. (ВВО1).

1.4. Полив посадок в городских и поселковых теплицах и парниках (ВВО2, ВВО1).

1.5. Прочие нужды (в том числе тушение пожаров, промывка водопроводных и канализационных сетей) (ВВО2).

2. Лечебные, курортные и оздоровительные цели:

2.1. Лечебные цели (для больниц, поликлиник, амбулаторий и др.) (ВВО1, ВВО3).

2.2. Курортные цели (для санаториев, домов отдыха и др.) (ВВО1, ВВО3, ВВО2, ВВО4).

2.3. Оздоровительные цели (для плавательных бассейнов, стадионов, а также для розлива минеральной воды) (ВВО1, ВВО3, ВВО4).

3. Нужды сельскохозяйственного производства (без орошения и обводнения):

3.1. Полив посадок в теплицах и парниках (ВВО2, ВВО1).

3.2. Технологические нужды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и сырья (ВВО2, ВВО1).

3.3. Технические нужды предприятий (для мастерских, ремонтных работ в автотракторных парках и гаражах, а также для тушения пожаров в сельскохозяйственных комплексах и др.) (ВВО2, ВВО1).

4. Орошение и обводнение:

4.1. Орошение: оазисное; региональное (ВВО2, ВВО1).

4.2. Обводнение (пастбищ) (ВВО2).

5. Промышленные нужды (без теплоэнергетики):

5.1. Питьевые и хозяйственно-бытовые нужды промышленных предприятий (и тушение пожаров) (ВВО1, ВВО2).

5.2. Технические нужды строительства, предприятий по переработке сырья (изготовление пищевых продуктов, химико-фармацевтических препаратов, промышленных изделий и др.): обеспечение водой производственных процессов; кондиционирование воздуха (ВВО2, ВВО1).

5.3. Разработка полезных ископаемых: техническое водоснабжение шахт, разрезов; источник снабжения промышленной водой рудников, карьеров и др.; обеспечение водой производственных процессов на обогатительных фабриках (ВВО2, ВВО1).

5.4. Добыча промышленных химических компонентов из подземных вод.

6. Нужды теплоэнергетики:

6.1. Теплоэнергетическое снабжение районов жилой застройки и общественных зданий: теплоснабжение (отопление и горячее водоснабжение); снабжение электроэнергией (ВВО4).

6.2. Теплоэнергетическое снабжение сельскохозяйственных производств и предприятий: теплоснабжение (обогрев парников, грунта, форм и т. д.); снабжение электроэнергией (ВВО4).

6.3. Питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение для нужд теплоэнергетических предприятий (ВВО1, ВВО4).

6.4. Технические нужды теплоэнергетических станций (ВВО4).

6.5. Теплоэнергетическое снабжение промышленных предприятий: теплоснабжение (отопление и горячее водоснабжение); снабжение электроэнергией (ВВО4).

7. Территориальное перераспределение стока поверхностных вод и пополнение запасов подземных вод:

7.1. Искусственное пополнение запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и производственного водоснабжения (за счет поверхностных вод) (ВВО6).

7.2. Искусственное пополнение запасов подземных вод при создании гидравлических барьеров для отжатия соленых или загрязненных подземных вод (за счет поверхностных и подземных вод) (ВВО6).

8. Сброс сточных, в том числе дренажных, вод. Сброс в глубокие водоносные горизонты токсичных и концентрированных сточных вод (ВВО7).

9. Многоцелевое водопользование. К многоцелевому относят только то водопользование, которое по характеру деятельности организации или предприятия не представляется возможным разделить по другим целям водопользования (ВВО7).

10. Прочие нужды.

### **Классификация по степени загрязнения и видам загрязнителей**

В зависимости от состава загрязнений сточные воды подразделяются:

– на загрязненные преимущественно минеральными веществами (грунт, песок, соли тяжелых металлов, неорганические кислоты, щелочи, оксиды и гидроксиды);

– содержащие преимущественно органические загрязнения (хозяйственно-бытовые стоки);

– содержащие как минеральные, так и органические примеси.

По концентрации загрязняющих веществ стоки подразделяют:

– на слабозагрязненные, содержащие до 500 мг/л загрязняющих веществ. Требуют минимальной очистки для выполнения нормативов допустимого воздействия;

– среднезагрязненные (500 – 5000 мг/л);

– сильнозагрязненные (5000 – 30 000 мг/л), такие стоки нуждаются в очень качественной очистке;

– опасные, содержащие более 30 000 мг/л загрязняющих веществ, представляют повышенную опасность для водных обитателей и здоровья человека.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды – это воды, использованные на бытовые, производственные или другие нужды и загрязненные различными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства, а также воды, стекающие с территории населенных пунктов и промышленных предприятий в результате выпадения атмосферных осадков или поливки улиц.

В зависимости от происхождения, вида и состава сточные воды подразделяются на три основные категории:

1. Бытовые (от туалетных комнат, душевых, кухонь, бань, прачечных, столовых, больниц; они поступают от жилых и общественных зданий, а также от бытовых помещений и промышленных предприятий).

2. Производственные (воды, использованные в технологических процессах, не отвечающие более требованиям, предъявляемым к их качеству). К этой категории вод относят воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых.

Промышленные сточные воды (ПСВ) образуются в технологических процессах различных отраслей промышленности, среди которых в наибольших количествах потребляют воду и отводят в водоемы сточные воды черная и цветная металлургия, горнодобывающая, химическая, лесохимическая, целлюлозно-бумажная, нефтеперерабатывающая промышленность.

С развитием промышленности и увеличением потребления воды растет и количество жидких отходов – сточных вод. В технологических процессах различных производств образуются следующие основные виды сточных вод:

– реакционные сточные воды, образующиеся в процессах химических реакций с выделением воды. Такие сточные воды загрязнены как исходными веществами, так и продуктами и различными полупродуктами реакций;

– воды, содержащиеся в сырье и исходных продуктах (свободная и связанная вода) и выделяющиеся при их переработке; в результате переработки загрязняются исходными веществами и продуктами переработки;

- промывочные воды – от промывки сырья, продуктов, тары, оборудования;
- маточные и отработанные водные технологические растворы;
- водные экстрагенты и абсорбенты;
- транспортировочные воды, образующиеся при гидротранспорте твердых отходов производства (хвосты флотации от обогащения руд, золы ТЭЦ и котельных, различные шламы);
- охлаждающие воды, не контактирующие с технологическими продуктами и используемые в системах оборотного охлаждения, имеют в основном тепловое загрязнение (повышенную температуру);
- дождевые и талые воды, стекающие с территорий промышленных предприятий, загрязнены различными взвешенными и растворенными веществами в зависимости от профиля производства;
- хозяйственно-бытовые сточные воды – от столовых, прачечных, душевых, туалетов, от мытья полов в производственных помещениях.

3. Атмосферные сточные воды (АСВ) (дождевые и талые; вместе с атмосферными отводятся воды от полива улиц, от фонтанов и дренажей). Атмосферные сточные воды несут массы вымываемых, адсорбируемых из воздуха поллютантов (загрязнителей) промышленного происхождения. При стекании по склонам, территориям населенных пунктов и промышленных предприятий дождевые и талые сточные воды дополнительно увлекают с собой массы различных веществ, находящихся на поверхности этих территорий.

Особенно опасны стоки с территорий современных городов, промышленных и сельскохозяйственных площадок, несущие нефтепродукты, механические примеси (бытовой и промышленный мусор), многие минеральные и органические вещества, в том числе фенолы, кислоты и другие химические соединения, например тетраэтилсвинец.

В практике используется также понятие городских сточных вод (ГСВ), которые представляют собой смесь бытовых и производственных сточных вод. Они включают преимущественно бытовые сточные воды (БСВ), содержащие продукты жизнедеятельности человека (фекалии, соединения азота и фосфора), детергенты (СПАВы), микроорганизмы, в том числе патогенные.

Бытовые, производственные и атмосферные сточные воды отводятся как совместно, так и отдельно. Наиболее широкое распространение получили общесплавные и отдельные системы водоотведения.

При общесплавной системе все три категории сточных вод отводятся по одной общей сети труб и каналов за пределы городской территории на очистные сооружения. Отдельные системы состоят из нескольких сетей труб и каналов: по одной из них отводятся дождевые и незагрязненные производственные сточные воды, а по другой или по нескольким сетям – бытовые и загрязненные производственные сточные воды.

Отдельно можно выделить сельскохозяйственные сточные воды, образующиеся при смыве с площадок и помещений содержания животных, мест разгрузки и хранения удобрений и инсектицидов, а также при смыве этих веществ с полей атмосферными осадками и при орошении площадей.

Для защиты водного бассейна (поверхностных и подземных вод) все перечисленные виды сточных вод перед отведением в водоемы, а также в канализационные сети населенных пунктов должны подвергаться очистке от токсичных загрязняющих веществ до нормативного качества.

Для очистки сточных вод от различных загрязняющих примесей в зависимости от их свойств, состояния и концентраций применяются следующие методы:

- механические, или физические;
- химические;
- физико-химические;
- биологические, или биохимические;
- термические.

Кроме такой классификации по принципу воздействия на загрязняющие вещества, все указанные методы подразделяются еще на рекуперационные и деструктивные.

Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку ценных или токсичных веществ и возврат воды на повторное использование в технологических процессах.

При использовании деструктивных методов токсичные вещества, загрязняющие воду, подвергаются разрушению или видоизменению

путем их окисления или восстановления или другими превращениями до нетоксичных веществ.

Образующиеся продукты деструкции удаляются из воды в виде газов, осадков или остаются в воде в растворенном состоянии в виде нетоксичных или малотоксичных соединений, удаляемых (при необходимости) другими методами.

*Механические методы* очистки сточных вод применяются для отделения нерастворимых твердых, суспендированных или эмульгированных примесей. Они заключаются в процеживании сточных вод через решетки или сетки (отделение грубодисперсных примесей), отстаивании, воздействии центробежными силами в гидроциклонах или центрифугах, фильтровании через пористые перегородки или зернистые загрузки. Для интенсификации этих процессов в воду вводятся коагулянты или флокулянты.

*Химические методы* применяются для удаления из воды растворенных или коллоидных примесей. Они заключаются в обработке воды различными реагентами, вступающими в химические реакции с удаляемыми веществами, в результате которых образуются нетоксичные или малотоксичные продукты (окисление активным хлором, озоном, кислородом, пероксидом водорода; восстановление, гидролиз) или труднорастворимые соединения, выделяемые из воды в виде осадков (реакции нейтрализации, замещения и т. п.).

*Физико-химические методы* (коагуляция, флотация, адсорбция, ионный обмен, экстракция, кристаллизация, дистилляция, ректификация, ультрафильтрация, обратный осмос, электролиз и электродиализ, эвапорация, дезодорация и др.) применяются для удаления из воды суспендированных, эмульгированных, а также растворенных и коллоидных примесей как органических, так и минеральных.

*Биологические (биохимические) методы* применяются для деструкции органических веществ, присутствующих в воде в коллоидном или растворенном состоянии и окисляющихся микроорганизмами до нетоксичных соединений (преимущественно до диоксида углерода и воды).

При этом наиболее распространено применение аэробных процессов в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды) или при искусственной аэрации (аэротенки, биофильтры, окситенки, биосорберы и т. д.).

Анаэробные процессы используются для обезвреживания органических осадков и высококонцентрированных сточных вод, образующихся при их биохимической очистке.

Необходимая степень очистки сточных вод определяется исходя из того, чтобы качество очищенной воды соответствовало стандартным или специальным требованиям, устанавливаемым водохозяйственными органами контроля.

Кроме загрязненных сточных вод на промышленных предприятиях могут образовываться условно чистые воды, которые обычно после охлаждения в градирнях или других сооружениях используются в оборотных охлаждающих системах.

Основными видами загрязнений производственных сточных вод являются нерастворимые (легкие и тяжелые) минеральные и органические примеси. Выделение нерастворимых примесей из воды входит в задачу механической очистки.

Сточные воды представляют собой сложные гетерогенные смеси, содержащие примеси органического и минерального происхождения, которые находятся в нерастворенном, коллоидном и растворенном состоянии.

Степень загрязнения сточных вод оценивается концентрацией, т. е. массой примесей в единицу объема (мг/л или г/м<sup>3</sup>). Состав сточных вод регулярно анализируется. Проводятся санитарно-химические анализы по определению величины ХПК (общая концентрация органических веществ); БПК (концентрация органических соединений, окисляемых биологическим путем); концентрации взвешенных веществ; активной реакции среды; интенсивности окраски; степени минерализации; концентрации биогенных элементов (азота, фосфора, калия) и др.

Наиболее сложны по составу сточные воды промышленных предприятий. На формирование производственных сточных вод влияет вид перерабатываемого сырья, технологический процесс производства, применяемые реагенты, промежуточные изделия и продукты, состав исходной воды, местные условия и др.

Для разработки рациональной схемы водоотведения и оценки возможности повторного использования сточных вод изучаются состав и режим водоотведения не только общего стока промышленного предприятия, но также сточных вод от отдельных цехов и аппаратов.

Помимо определения основных санитарно-химических показателей в производственных сточных водах определяются концентрации специфических компонентов, содержание которых предопределяется технологическим регламентом производства и номенклатурой применяемых веществ. Поскольку производственные сточные воды представляют собой наибольшую опасность для водоемов, мы рассмотрим их более подробно.

Производственные сточные воды делятся на две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Загрязненные производственные сточные воды подразделяются на три группы.

1. Загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству кислот, строительных изделий и материалов, минеральных удобрений и др.).

2. Загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, микробиологической, химической промышленности; заводы по производству каучука, пластмасс и др.).

3. Загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству сахара, консервов, продуктов органического синтеза и др.).

Кроме вышеуказанных трех групп загрязненных производственных сточных вод имеет место сброс в водоем нагретых вод, что является причиной так называемых тепловых загрязнений.

Производственные сточные воды могут различаться по концентрации загрязняющих веществ, по степени агрессивности и т. д. Состав производственных сточных вод колеблется в значительных пределах, что вызывает необходимость тщательного обоснования выбора надежного и эффективного метода очистки в каждом конкретном случае. Получение расчетных параметров и технологических регламентов обработки сточных вод и осадка требует весьма продолжительных научных исследований как в лабораторных, так и полупромышленных условиях.

Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. Норма водопотребления – это целесообразное количество

воды, необходимой для производственного процесса, установленное на основании научно обоснованного расчета или передового опыта. В укрупненную норму водопотребления входят все расходы воды на предприятии. Нормы расхода производственных сточных вод применяются при проектировании вновь строящихся и реконструкции действующих систем водоотведения промышленных предприятий. Укрупненные нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

В составе инженерных коммуникаций промышленного предприятия, как правило, имеется несколько водоотводящих сетей. Незагрязненные нагретые сточные воды поступают на охлаждающие установки (брызгальные бассейны, градирни, охлаждающие пруды), а затем возвращаются в систему оборотного водообеспечения.

Загрязненные сточные воды поступают на очистные сооружения, а после очистки часть обработанных сточных вод подается в систему оборотного водообеспечения в те цеха, где ее состав удовлетворяет нормативным требованиям.

Эффективность использования воды на промышленных предприятиях оценивается такими показателями, как количество использованной оборотной воды, коэффициент ее использования и процент ее потерь. Для промышленных предприятий составляется баланс воды, включающий расходы на различные виды потерь, сбросы и добавление компенсирующих расходов воды в систему.

Проектирование вновь строящихся и реконструируемых систем водоотведения населенных пунктов и промышленных предприятий должно осуществляться на основе утвержденных в установленном порядке схем развития и размещения отрасли народного хозяйства, отраслей промышленности и схем развития и размещения производительных сил по экономическим районам. При выборе систем и схем водоотведения должны учитываться техническая, экономическая и санитарная оценки существующих сетей и сооружений, а также предусматриваться возможность интенсификации их работы.

При выборе системы и схемы водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать:

- 1) требования к качеству воды, используемой в различных технологических процессах;

2) количество, состав и свойства сточных вод отдельных производственных цехов и предприятия в целом, а также режимы водоотведения;

3) возможность сокращения количества загрязненных производственных сточных вод путем рационализации технологических процессов производства;

4) возможность повторного использования производственных сточных вод в системе оборотного водообеспечения или для технологических нужд другого производства, где допустимо применять воды более низкого качества;

5) целесообразность извлечения и использования веществ, содержащихся в сточных водах;

6) возможность и целесообразность совместного отведения и очистки сточных вод нескольких близко расположенных промышленных предприятий, а также возможность комплексного решения очистки сточных вод промышленных предприятий и населенных пунктов;

7) возможность использования в технологическом процессе очищенных бытовых сточных вод;

8) возможность и целесообразность использования бытовых и производственных сточных вод для орошения сельскохозяйственных и технических культур;

9) целесообразность локальной очистки сточных вод отдельных цехов предприятия;

10) самоочищающую способность водоема, условия сброса в него сточных вод и необходимую степень их очистки;

11) целесообразность применения того или иного метода очистки.

При вариантном проектировании водоотводящих систем и очистных сооружений на основании технико-экономических показателей принимается оптимальный вариант.

### **Последствия попадания сточных вод в водоемы**

В результате сброса сточных вод изменяются физические свойства воды:

– повышается температура, уменьшается прозрачность, появляются окраска, привкусы, запахи;

– на поверхности водоема появляются плавающие вещества, а на дне образуется осадок;

– изменяется химический состав воды (увеличивается содержание органических и неорганических веществ, появляются токсичные вещества, уменьшается содержание кислорода, изменяется активная реакция среды и др.);

– изменяется качественный и количественный бактериальный состав, появляются болезнетворные бактерии. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а часто и для технического водоснабжения;

– теряется рыбохозяйственное значение и т. д.

Общие условия выпуска сточных вод любой категории в поверхностные водоемы определяются их народнохозяйственной значимостью и характером водопользования. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

Наблюдение за выполнением условий спуска производственных сточных вод в водоемы осуществляется санитарно-эпидемиологическими станциями и бассейновыми управлениями.

Нормативы качества воды водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования устанавливают качество воды для водоемов по двум видам водопользования:

– к первому виду относятся участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

– ко второму виду относятся участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населенных пунктов.

Отнесение водоемов к тому или иному виду водопользования проводится органами Государственного санитарного надзора с учетом перспектив использования водоемов.

Приведенные в правилах нормативы качества воды водоемов относятся к створам, расположенным на проточных водоемах на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на непроточных водоемах и водохранилищах – на 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Большое внимание уделяется вопросам предупреждения и устранения загрязнений прибрежных районов морей. Нормативы качества морской воды, которые должны быть обеспечены при спуске сточных вод, относятся к району водопользования в отведенных границах и к створам на расстоянии 300 м в стороны от этих границ. При использовании прибрежных районов морей в качестве приемника производственных сточных вод содержание вредных веществ в море не должно превышать ПДК, установленные по санитарно-токсикологическому, общесанитарному и органолептическому лимитирующим показателям вредности.

При этом требования к спуску сточных вод дифференцированы применительно к характеру водопользования. Море рассматривается не как источник водоснабжения, а как лечебный, оздоровительный, культурно-бытовой фактор.

Поступающие в реки, озера, водохранилища и моря загрязняющие вещества вносят значительные изменения в установившийся режим и нарушают равновесное состояние водных экологических систем. В результате процессов превращения загрязняющих водоемы веществ, протекающих под воздействием природных факторов, в водных источниках происходит полное или частичное восстановление их первоначальных свойств. При этом могут образовываться вторичные продукты распада загрязнений, оказывающие отрицательное влияние на качество воды.

В связи с тем что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться специфические загрязнения, их спуск в городскую водоотводящую сеть ограничен рядом требований.

Выпускаемые в водоотводящую сеть производственные сточные воды не должны:

- нарушать работу сетей и сооружений;
- оказывать разрушающего воздействия на материал труб и элементы очистных сооружений;
- содержать более 500 мг/л взвешенных и всплывающих веществ;
- содержать вещества, способные засорять сети или отлагаться на стенках труб;
- содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси;

- содержать вредные вещества, препятствующие биологической очистке сточных вод или сбросу в водоем;
- иметь температуру выше 40 °С.

Производственные сточные воды, не удовлетворяющие этим требованиям, должны предварительно очищаться и лишь после этого сбрасываться в городскую водоотводящую сеть.

### **Методы очистки сточных вод**

В реках и других водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает медленно. Пока промышленно-бытовые сбросы были невелики, реки сами справлялись с ними. В наш индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь значительным загрязнением. Возникла необходимость обезвреживать, очищать сточные воды и утилизировать их.

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

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным.

Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

### **Мониторинг водных объектов**

14 марта 1997 г. Правительство Российской Федерации утвердило «Положение о введении государственного мониторинга водных объектов». Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ведет наблюдение за загрязнением поверхностных вод суши. Санитарно-эпидемиологическая служба Российской Федерации отвечает за санитарную охрану водоемов. На предприятиях работает сеть санитарных лабораторий для изучения состава сточных вод и качества воды водоемов.

Следует отметить, что традиционные методы наблюдений и контроля имеют один принципиальный недостаток – они не оперативны и,

кроме того, характеризуют состав загрязнений объектов природной среды только в моменты отбора проб. О том, что происходит с водным объектом в периоды между отборами проб, можно только догадываться. К тому же лабораторные анализы занимают немалое время (включая и то, что требуется для доставки пробы с пункта наблюдения). Особенно эти методы неэффективны в экстремальных ситуациях, в случаях аварий.

Несомненно, более действен контроль за качеством воды, осуществляемый с помощью автоматических приборов. Электрические датчики постоянно измеряют концентрации загрязнений, что способствует быстрому принятию решений в случае неблагоприятных воздействий на источники водоснабжения.

Итак, необходимо отметить, что рациональное использование водных ресурсов в настоящее время представляет собой крайне насущную проблему, прежде всего охрану водных пространств от загрязнения; а так как промышленные стоки занимают первое место по объему и ущербу, который они наносят, то в первую очередь необходимо решать проблему их сброса в водоемы. В частности, следует ограничить сбросы в водоемы, а также усовершенствовать технологию производства, очистки и утилизации. Важным аспектом также является взимание платы за сброс сточных вод и загрязняющих веществ и перечисление взимаемых средств на разработку новых безотходных технологий и сооружений по очистке.

Необходимо снижать размер платы за загрязнение окружающей среды предприятиям с минимальными выбросами и сбросами, что в дальнейшем будет служить приоритетом для поддержания минимума сброса или его уменьшения.

По всей видимости, пути решения проблемы загрязнения водных ресурсов в России находятся в области разработки развитой законодательной базы, которая позволила бы реально защитить окружающую среду от вредного антропогенного воздействия, а также изыскать пути реализации этих законов на практике (что в условиях российских реалий наверняка столкнется с существенными трудностями).

По данным Всемирной организации здравоохранения, около 80 % всех заболеваний вызвано потреблением некачественной питьевой воды. В связи с этим важнейшим условием выступает государственный контроль за надлежащей очисткой сточных вод перед их сбросом в водоемы.

Поступление неочищенных стоков в водоемы может привести к катастрофическим последствиям:

- массовой гибели водных обитателей, включая ценных рыб, развитию мутаций, накоплению токсинов в пищевых цепочках;
- бурному росту водорослей при высоком содержании нитратов, фосфатов и органических загрязнений. Это приводит к снижению содержания растворенного кислорода и массовой гибели водных обитателей;
- полной ликвидации биологических сообществ, включая человека. При высокой концентрации токсичных веществ наблюдалась, например, массовая гибель людей в Японии при сбросе неочищенных ртутьсодержащих стоков в залив Минамата.

# РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

## 1. Расчет разбавления сточных вод в водотоках

Для расчета разбавления вод в средних и больших реках (рис. 1) наибольшее распространение получил метод Фролова – Родзиллера, применяемый при условии

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1, \quad (1)$$

где  $Q$  – расчетный расход водотока,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q$  – расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

В том случае, если условия применимости метода Фролова – Родзиллера не выполняются, кратность разбавления может быть определена численным методом А. В. Караушева.

Кратность общего (суммарного) разбавления  $n$  рассчитывается по следующей формуле:

$$n = n_n n_0, \quad (2)$$

где  $n_n$  – кратность начального разбавления;  $n_0$  – кратность основного разбавления.

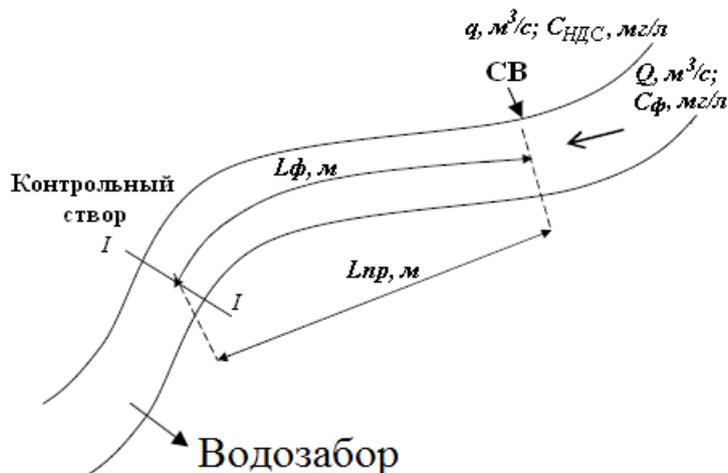


Рис. 1. Схема сброса сточных вод в водоток

### 1.1. Определение кратности начального разбавления

Начальное разбавление рассчитывается в следующих случаях:

– для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоток при соотношении скоростей  $v_p$  и выпуска  $v_{ст}$ :

$$v_{ст} \geq 4v_p, \quad (3)$$

где  $v_{ст}$  – скорость выхода сточных вод, м/с;  $v_p$  – средняя скорость течения воды в водотоке, м/с;

– при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска, больших 2 м/с.

Расчет кратности начального разбавления ведут по методу Н. Н. Лапшева, для этого сначала вычисляют отношения

$$\frac{v_0}{v_p} = \frac{v_p + 0,15}{v_p} - 1; m = \frac{v_p}{v_{ст}}, \quad (4)$$

где  $v_0$  – скорость на оси струи, м/с.

По полученным значениям отношений  $\frac{v_0}{v_p}$  и  $m$  находят отношение  $\frac{d}{d_0}$  по рис. 2, где  $d$  – диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления, м;  $d_0$  – диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска, м.

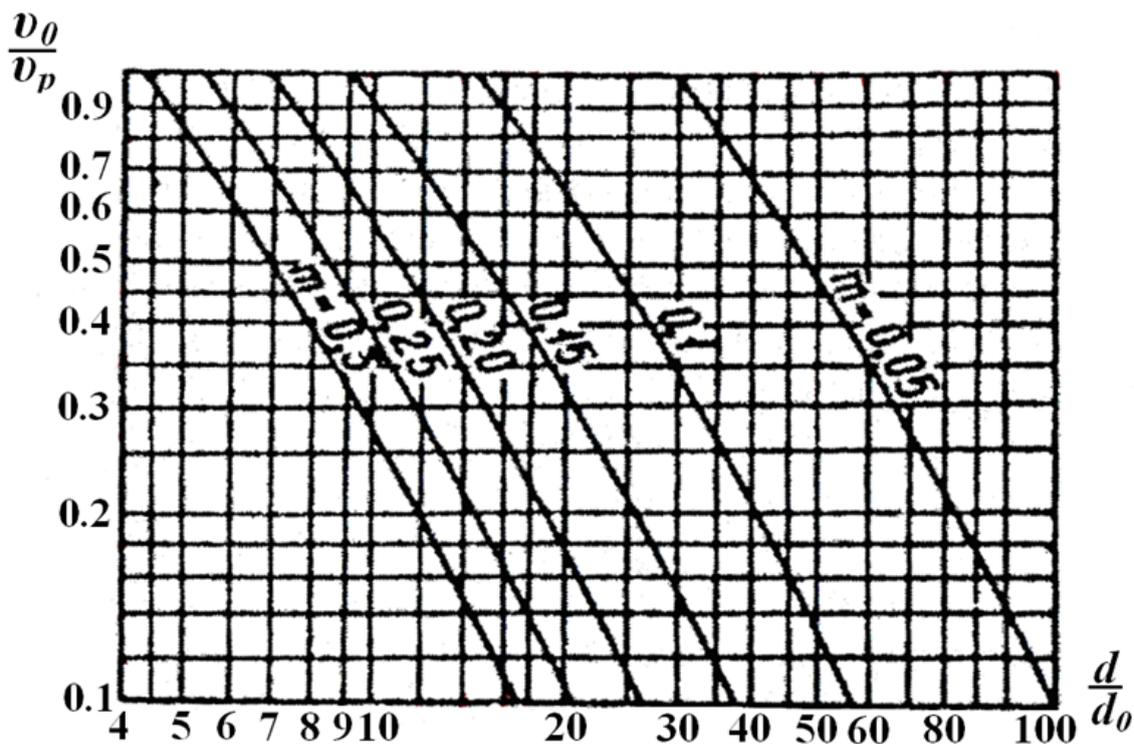


Рис. 2. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

Диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска определяется по формуле, м,

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q}{\pi v_{ст} N_0}}, \quad (5)$$

где  $N_0$  – число выпускных отверстий оголовка выпуска сточных вод.

Затем по найденному отношению  $\frac{d}{d_0}$  определяют значение  $d$  и сравнивают с глубиной реки  $H$ :

– если  $d < H$ , то по рис. 3 находят кратность начального разбавления  $n_H$ ;

– если  $d \geq H$ , то по рис. 3 находят кратность начального разбавления  $n_H$  и умножают ее на поправочный коэффициент  $f\left(\frac{H}{d}\right)$ , который определяется из рис. 4.

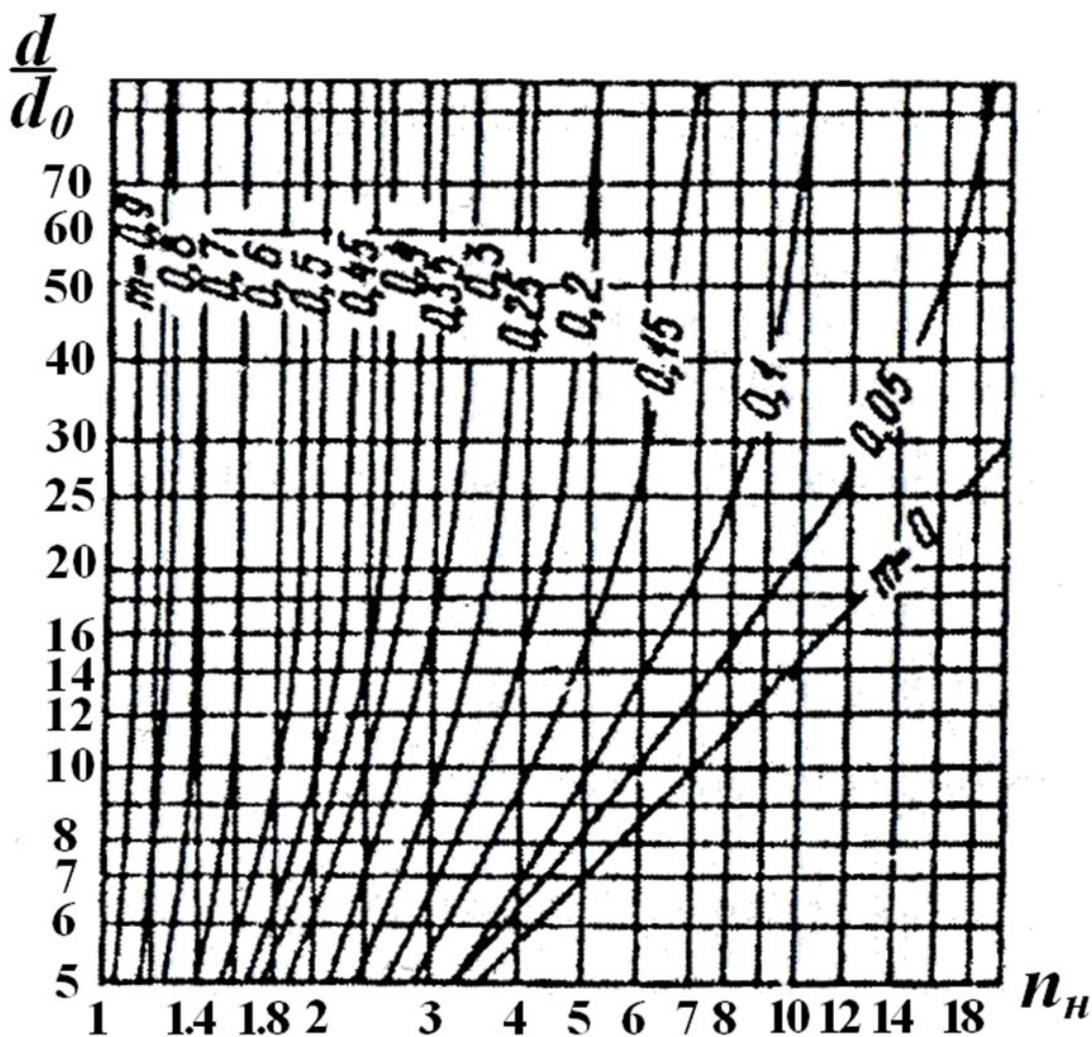


Рис. 3. Номограмма для определения начального разбавления в потоке

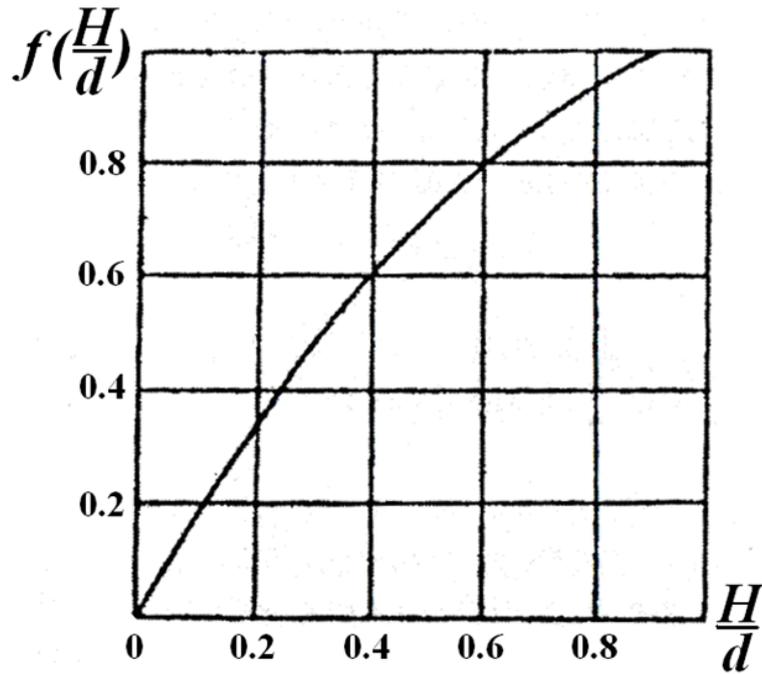


Рис. 4. Номограмма для определения поправочного коэффициента

Расстояние до пограничного сечения зоны начального разбавления ( $l_n$ , м) определяется по формуле

$$l_n = \frac{d}{0,48(1 - 3,12m)}, \quad (6)$$

где  $d$  – диаметр загрязненной струи (пятна), м.

Расход смеси сточных вод и воды водотока в том же сечении ( $q$ , м<sup>3</sup>/с) находится по формуле

$$q_{ст} = n_n q. \quad (7)$$

Средняя концентрация вещества в граничном сечении ( $C_{ср}$ , мг/л) рассчитывается по выражению

$$C_{ср} = C_{\phi} + \frac{C_{ст} - C_{\phi}}{n_n}, \quad (8)$$

где  $C_{ст}$  – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/л;  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, мг/л.

Максимальная концентрация в центре пятна примеси в этом сечении ( $C_{max}$ , мг/л) равна

$$C_{max} = \frac{C_{ср}}{0,428}. \quad (9)$$

## 1.2. Определение кратности основного разбавления

Кратность основного разбавления  $n_0$  определяется по методу Фролова – Родзиллера

$$n_0 = \frac{q_{ст} + \gamma Q_{пнр}}{q_{ст}}, \quad (10)$$

где  $Q_{пнр}$  – расход водотока, участвующий в основном разбавлении на участке от створа начального разбавления до контрольного створа, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_{пнр} = Q + q - q_{см}. \quad (11)$$

$\gamma$  – коэффициент смешивания, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}, \quad (12)$$

где  $l$  – расстояние от выпуска до расчетного створа с учетом протяженности зоны начального разбавления, м,

$$l = L_{\phi} - l_{н}, \quad (13)$$

где  $L_{\phi}$  – расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру (расстояние по фарватеру полной длины русла от выпуска сточных вод до рассматриваемого створа), м.

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке

$$\alpha = \varphi \xi \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (14)$$

где  $\varphi$  – коэффициент извилистости,

$$\varphi = \frac{L_{\phi}}{L_{пр}}, \quad (15)$$

где  $L_{пр}$  – расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по прямой (расстояние между фарватером и рассматриваемым створом по прямой), м;  $\xi$  – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега  $\xi = 1$ , при выпуске в стрежень реки  $\xi = 1,5$ );  $D$  – коэффициент турбулентной диффузии.

Для летнего времени

$$D = \frac{g v_p H}{37 n_{ш} C^2}, \quad (16)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $v_p$  – средняя скорость течения воды в водотоке, м/с;  $H$  – глубина водотока, м;  $n_{ш}$  – коэффициент шероховатости ложа реки, определяется по табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты шероховатости  $n_{ш}$  для водотоков

Характер ложа	$n_{ш}$
Реки в весьма благоприятных условиях (чистое прямое ложе со свободным течением, без обвалов и глубоких промоин)	0,025
Реки в весьма благоприятных условиях течения	0,030
Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	0,035
Реки, имеющие сравнительно чистые русла, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй, или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни), некоторое увеличение количества водорослей	0,040
Реки (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые, с беспокойным течением. Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарник)	0,050
Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей)	0,067
Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа, русла с бурливым пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,080
Поймы рек такие же, как в предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводями и пр. Горно-водопадного типа русла с крупновалунным строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет. Шум потока доминирует над всеми остальными звуками, делает разговор затруднительным	0,100
Характеристика горных рек примерно такая же, как и в предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,133

$C$  – коэффициент Шези, учитывающий влияние шероховатости русла на скорость течения и зависящий от типов водотоков и их характеристики,  $m^{0,5}/c$ ,

$$C = \frac{R^y}{n_{ш}}, \quad (17)$$

где  $R$  – гидравлический радиус потока, м ( $R \approx H$ );

$$y = 2,5\sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_{ш}} - 0,1). \quad (18)$$

Для зимнего времени (период ледостава)

$$D = \frac{g v_p R_{\text{пр}}}{37 n_{\text{пр}} C_{\text{пр}}^2}, \quad (19)$$

где  $R_{\text{пр}}$ ,  $n_{\text{пр}}$ ,  $C_{\text{пр}}^2$  – приведенные значения соответственно гидравлического радиуса, коэффициента шероховатости и коэффициента Шези.

$$R_{\text{пр}} \approx 0,5H; \quad (20)$$

$$n_{\text{пр}} = n_{\text{ш}} \left[ 1 + \left( \frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{ш}}} \right)^{1,5} \right]^{0,67}, \quad (21)$$

где  $n_{\text{л}}$  – коэффициент шероховатости нижней поверхности льда (табл. 3).

$$C_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \frac{y_{\text{пр}}}{n_{\text{ш}}}; \quad (22)$$

$$y_{\text{пр}} = 2,5\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{\text{пр}}}(\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,1). \quad (23)$$

Таблица 3

Коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда ( $n_{\text{л}}$ )

Период	$n_{\text{л}}$
Первые 10 суток после ледостава (первая и вторая декады декабря)	0,05 – 0,15
10 – 20 суток после ледостава (последняя декада декабря – начало января)	0,04 – 0,1
20 – 60 суток после ледостава (середина января – первая декада февраля)	0,03 – 0,05
60 – 80 суток после ледостава (конец февраля – начало марта)	0,015 – 0,04
80 – 110 суток после ледостава (март)	0,01 – 0,025

*Примечание:* при подпертых речных бьефах значения коэффициента шероховатости для первых 10 суток и 10 – 20 суток после ледостава следует уменьшить на 15 %, а для 20 – 60 суток и 60 – 80 суток – на 35 %. Меньшие значения коэффициента шероховатости характерны для гладкого ледяного покрова, большие – для ледяного покрова с торосами и шугой

## 2. Расчет разбавления сточных вод в водоемах

При наличии в водоемах устойчивых ветровых течений для расчета кратности общего (суммарного) разбавления  $n$  может быть использован метод М. А. Руффеля. В расчетах по этому методу рассматриваются два случая:

– выпуск в мелководную часть или в верхнюю треть глубины водоема; загрязненная струя распространяется вдоль берега под воздействием прямого поверхностного течения, имеющего одинаковое с ветром направление;

– выпуск в нижнюю треть глубины водоема; загрязненная струя распространяется к береговой полосе против выпуска под воздействием донного компенсационного течения, имеющего направление, обратное направлению ветра.

Метод М. А. Руффеля имеет следующие ограничения: глубина зоны смешения не превышает 10 м, расстояние от выпуска до контрольного створа вдоль берега в первом случае не превышает 20 км, расстояние от выхода сточных вод до берега против выпускного оголовка во втором случае не превышает 0,5 км.

Кратность общего (суммарного) разбавления определяется по формуле (2), что верно и для водотоков.

### 2.1. Определение кратности начального разбавления

Кратность начального разбавления вычисляется следующим образом:

1) при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины

$$n_n = \frac{q + 0,00215\vartheta H_{cp}^2}{q + 0,000215\vartheta H_{cp}^2}, \quad (24)$$

где  $q$  – расход сточных вод выпуска,  $m^3/c$ ;  $\vartheta$  – скорость ветра над водой в месте выпуска сточных вод,  $m/c$ ;  $H_{cp}$  – средняя глубина водоема на участке сброса и распространения сточных вод,  $m$ .

Значение  $H_{cp}$  определяется в зависимости от средней глубины водоема в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Протяженность участка для определения глубины водоема

Средняя глубина водоема, м	Протяженность участка, примыкающего к выпуску сточных вод, на котором определяется глубина, м
3 – 4	100
5 – 6	150
7 – 8	200
9 – 10	250

2) При выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_n = \frac{q + 0,00158\vartheta H_{cp}^2}{q + 0,000079\vartheta H_{cp}^2}. \quad (25)$$

## 2.2. Определение кратности основного разбавления

Кратность основного разбавления вычисляется следующим образом:

– при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины

$$n_0 = 1 + 0,412 \left( \frac{l}{6,53H_{\text{cp}}^{1,17}} \right)^{0,627 + \frac{0,0002l}{6,53H_{\text{cp}}^{1,17}}}, \quad (26)$$

где  $l$  – расстояние от места выпуска до контрольного створа, м;

– при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_0 = 1,85 + 2,32 \left( \frac{l}{4,41H_{\text{cp}}^{1,17}} \right)^{0,41 + \frac{0,0064l}{4,41H_{\text{cp}}^{1,17}}}. \quad (27)$$

## 3. Расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в выпуске сточных вод

Допустимую концентрацию загрязняющих веществ рассчитывают по формулам:

– для консервативных веществ

$$C_{\text{ндс}} = n(C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (28)$$

где  $C_{\text{ндс}}$  – допустимая концентрации загрязняющих веществ, мг/л;  $n$  – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке;  $C_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, мг/л;  $C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, мг/л.

Отдельно рассматриваются взвешенные вещества, так как в действующей системе экологического нормирования ПДК для взвешенных веществ не установлена. Согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения» содержание в водоеме взвешенных веществ ниже сброса сточных вод не должно увеличиваться по сравнению с фоновыми показателями более чем на 0,25 мг/л.

При условии, что  $C_{\text{см}} = C_{\text{пдк}}$ , а содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л по сравнению с  $C_{\text{ф}}$  (т. е.  $\Delta C = 0,25$  мг/л), формула  $C_{\text{ндс}}$  для взвешенных веществ имеет вид

$$C_{\text{ндс}}^{\text{ВЗВ.В-В}} = n(C_{\text{см}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} = n\Delta C + C_{\text{ф}} = n0,25 + C_{\text{ф}}, \quad (29)$$

– для неконсервативных веществ

$$C_{\text{ндс}} = n(C_{\text{пдк}} \cdot e^{kt} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (30)$$

где  $k$  – коэффициент неконсервативности вещества, 1/сут (табл. 5);  
 $t$  – время добегаания от места выпуска сточных вод до контрольного створа, сут,

$$t = \frac{L}{v_p}, \quad (31)$$

где  $L$  – расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м;  
 $v$  – средняя скорость течения воды в водотоке на участке от выпуска сточных вод до контрольного створа, м/с.

Таблица 5

Коэффициенты неконсервативности (скорости разложения) веществ при температуре 20 °С для основания натуральных логарифмов

Вещество	Значение коэффициента, 1/сут		
	по С. Н. Черкинскому	по «Справочнику проектировщика канализации населенных мест и промышленных предприятий»	по данным ВНИИВО
Азот аммонийный	–	0,069	0,069 – 0,207
Азот нитритов	–	10,8	0,190 – 10,8
Азот нитратов	–	–	0,112 – 0,46
Растворенный кислород	0,46	0,35 – 1,8	0,27 – 0,46
Нефтепродукты	–	0,043	–
Фенол	–	0,320	–
СПАВ	–	0,045	–

Показатель загрязнения воды, характеризуемый количеством кислорода, которое за установленное время (обычно 5 сут – БПК<sub>5</sub> или 20 сут – БПК<sub>полн</sub>) пошло на окисление загрязнителей при температуре 20 °С, содержащихся в единице объема воды, мг/л,

$$C_{\text{НДС}}^{\text{БПК}} = n \left( (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ПВ}}) e^{k_0 t} - C_{\text{Ф}} \right) + C_{\text{Ф}}, \quad (32)$$

где  $k_0$  – осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК<sub>полн</sub> фона и сточных вод, 1/сут;  $k_0 = 0,065$  1/сут;  $C_{\text{ПВ}}$  – концентрация, обусловленная органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега.

Значение  $C_{\text{ПВ}}$  принимается равным: для горных рек – 0,6 – 0,8 мг/л; для равнинных рек – 1,7 – 2 мг/л; для рек болотного питания – 2,3 – 2,5 мг/л. Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то  $C_{\text{ПВ}}$  принимается равной нулю.

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, поэтому их нормируют по принципу лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества. При нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ:

- санитарно-токсикологический;
- общесанитарный;
- органолептический.

Для рыбохозяйственных водоемов используют пять видов ЛПВ:

- санитарно-токсикологический;
- общесанитарный;
- органолептический;
- токсикологический;
- рыбохозяйственный.

При поступлении в водный объект со сточными водами нескольких загрязняющих веществ с одинаковым ЛПВ в реке должно соблюдаться следующее соотношение:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (33)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрации загрязняющих веществ в реке, относящиеся к одной группе;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  – предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ данной категории водопользования, относящиеся к одной группе лимитирующих показателей вредности. Показателем безопасной величины сбрасываемых стоков является нормативно допустимый сброс.

#### 4. Расчет нормативов допустимых сбросов

Нормативы допустимых сбросов (НДС, г/с) рассчитывают по формуле<sup>2</sup>

$$\text{НДС} = C_{\text{НДС}} \cdot q, \quad (34)$$

где  $C_{\text{НДС}}$  – допустимая концентрация загрязняющих веществ, мг/л;  
 $q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с.

---

<sup>2</sup> Методика расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты со сточными водами.

## 5. Практическое задание

**Задача 1.** Определить НДС сточных вод из очистных сооружений города в реку, которая используется в качестве источника централизованного водоснабжения для другого населенного пункта, расположенного вниз по течению реки. Исходные данные принять по табл. 6 в соответствии с номером варианта.

Таблица 6

Исходные данные к задаче 1

Номер варианта	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{ст}$ , м/с	$v_p$ , м/с	$H$ , м	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{пр}$ , м ( $L_f$ , м)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/п	БПК	Взв. в-ва	Н/п	БПК			
1	0,35	10	3,0	0,5	3,1	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	20	5,6	146,9	7	0	2,1	1000 (1500)	Хозяйственно-питьевое	20 – 60 суток после ледостава
2	0,4	20	3,1	0,4	3,2	Реки в весьма благоприятных условиях течения	21	10,9	147,0	6	0	2,2	480	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
3	0,5	15	2,1	0,4	3,4	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	22	38,7	148,1	5	0,01	2,3	450	Рыбохозяйственное	10 – 20 суток после ледостава
4	0,7	25	2,2	0,5	3,5	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	23	9,0	147,5	7	0,02	2,4	420	Рыбохозяйственное	60 – 80 суток после ледостава



Но- мер вари- анта	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{ст}$ , м/с	$v_p$ , м/с	$H$ , м	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концен- трация загрязняю- щих веществ, мг/л			$L_{пр}$ , м ( $L_{ф}$ , м)	Вид водополь- зования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
10	1,7	10	2,8	0,6	4,0	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	29	6,8	143,3	7	0,01	3,0	485	Рыбохо- зяйственное	80 – 110 после ледостава
11	0,55	16	2,9	0,6	4,1	Реки в весьма благоприятных условиях течения	30	19,7	155,5	5	0	3,1	490	Рыбохо- зяйственное	20 – 60 суток после ледостава
12	0,6	26	3,1	0,7	4,2	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	31	36,7	158,3	8	0,05	3,2	462	Рыбохо- зяйственное	Первые 10 суток по- сле ледо- става
13	0,42	37	3,2	0,7	4,3	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	32	15,9	146,9	5	0,03	3,3	910 (1000)	Культурно- бытовое	10 – 20 суток после ледостава
14	0,33	15	3,3	0,7	4,4	Русла (больших и средних рек) значительно засоренные	33	8,7	147,0	4	0,02	3,4	498	Рыбохо- зяйственное	60 – 80 суток после ледостава



Номер варианта	$q$ , м <sup>3</sup> /с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{ст}$ , м/с	$v_p$ , м/с	$H$ , м	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{пр}$ , м ( $L_{ф}$ , м)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
21	1,65	25	2,3	0,5	3,1	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	40	10,7	160,3	6	0,02	4,1	1150 (1350)	Культурно-бытовое	20 – 60 суток после ледостава
22	1,48	10	2,4	0,4	3,2	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	41	19,8	143,3	7	0,02	4,2	491	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
23	0,37	30	2,6	0,6	3,4	Порожистые участки равнинных рек	43	27,0	155,5	9	0	4,3	484	Рыбохозяйственное	60 – 80 суток после ледостава
24	0,96	20	2,5	0,5	3,3	Русла (больших и средних рек), значительно засоренные	42	13,9	158,3	8	0,01	4,4	469	Рыбохозяйственное	10 – 20 суток после ледостава
25	0,52	35	2,7	0,6	3,5	Реки и поймы, весьма заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами	44	7,4	149,7	4	0	4,5	999 (1235)	Культурно-бытовое	80 – 110 суток после ледостава

26	1,36	45	2,8	0,5	,6	Реки и поймы, весьма заросшие, с сильно неправильным течением, заводями и пр.	45	6,0	151,9	5	0,04	4,6	474	Рыбохозяйственное	20 – 60 суток после ледостава
27	1,29	38	2,9	0,6	3,7	Реки болотного типа	45	17,7	155,6	6	0,02	4,7	487	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
28	0,89	47	3,0	0,6	3,8	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	46	15,5	165,9	7	0	4,8	490	Рыбохозяйственное	10 – 20 суток после ледостава
29	1,15	23	3,1	0,7	3,9	Реки в весьма благоприятных условиях течения	47	9,3	160,1	8	0	4,9	1375 (1600)	Хозяйственно-питьевое	60 – 80 суток после ледостава
30	0,66	17	3,2	0,7	4,0	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	48	19,7	179,8	9	0,01	5,0	500	Рыбохозяйственное	80 – 110 суток после ледостава

**Задача 2.** Рассчитать общую (суммарную) кратность разбавления при выпуске сточных вод в мелководную часть или верхнюю треть глубины водоема, а также при выпуске в нижнюю треть глубины водоема. Исходные данные принять по табл. 7 в соответствии с номером варианта (расчет разбавления сточных вод в водоемах пп. 2.1 и 2.2).

Таблица 7

Исходные данные к задаче 2

Номер варианта	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	Протяженность участка, примыкающего к выпуску сточных вод, на котором определяется глубина, м	$\vartheta, \text{ м/с}$
1	0,090	100	6,0
2	0,089	150	5,0
3	0,088	200	4,0
4	0,087	250	6,0
5	0,086	100	5,0
6	0,06	150	4,0
7	0,083	200	7,0
8	0,092	250	5,0
9	0,063	100	6,0
10	0,056	150	6,5
11	0,091	200	4,5
12	0,079	250	4,1
13	0,077	100	6,3
14	0,076	150	5,5
15	0,075	200	5,9
16	0,074	250	6,1
17	0,083	100	5,1
18	0,086	150	5,2
19	0,090	200	2,4
20	0,089	250	6,2
21	0,088	100	5,6
22	0,087	150	6,6
23	0,086	200	7,0
24	0,060	250	6,9
25	0,083	100	5,3
26	0,096	150	5,5
27	0,098	200	4,9
28	0,091	250	5,1
29	0,095	100	6,3
30	0,099	150	6,8

**Задача 3.** Расчет нормативов ПДС загрязняющих веществ в водоток.

Выпуск сточных вод после очистных сооружений в реку осуществляется через водовыпуск, расположенный у берега.

Расход сточных вод  $q = 0,0061 \text{ м}^3/\text{с} = 21,96 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Расстояние от места выпуска до расчетного створа по форватору  $L_{\text{ф}} = 500 \text{ м}$ , по прямой  $L_n = 500 \text{ м}$ .

Сброс производится за пределами населенного пункта, водозаборов вблизи нет.

Гидрологические данные водотока:

расчетный расход  $Q = 0,20 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

средняя глубина  $H = 0,5 \text{ м}$ ;

средняя скорость течения  $U = 0,18 \text{ м/с}$ ;

шероховатость ложа реки  $n_{\text{ш}} = 0,05$ ;

категория водотока – рыбохозяйственный.

По течению водотока гидрохимические данные водоема выше сброса (фон, река выше сточных вод,  $\text{г/м}^3$ ). Показатели свойства вод приведены в табл. 8.

Таблица 8

Показатели свойства вод

Показатели свойства вод	Фон	Сточные воды	ПДС
Общие требования			
Взвешенные вещества	23,2	181,2	23,95
БПК <sub>полн</sub>	5,17	7,41	3
Сухой остаток	273,0	425	1000
Токсикологический показатель			
Аммоний солевой ( $\text{NH}_4^+$ )	7,0	21,8	0,5
Нитрит-ион ( $\text{NO}_2^-$ )	0,038	0,61	0,08
Железо общее ( $\text{Fe}_{\text{общ}}$ )	3,95	5,85	0,1
Санитарно-токсикологический показатель			
Нитрат-ион ( $\text{NO}_3^-$ )	16,04	84,37	40
Алкилсульфонат (СПАВ)	0,2	0,34	0,5
Хлориды ( $\text{Cl}^-$ )	18,2	32	300
Сульфаты ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	31,2	43,21	100
Рыбохозяйственный показатель			
Нефтепродукты	-	0,15	0,05

Данные для расчета задачи 3 взять из табл. 9. Номер варианта студента соответствует порядковому номеру в журнале группы.

Таблица 9

Исходные данные к задаче 3

Номер варианта	$q$ , м <sup>3</sup> /ч	$L_{\phi}$ , м	$L_n$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$H$ , м	$U$ , м/с	$n_{ш}$
1	20,97	350	400	0,20	0,15	0,18	0,05
2	15,54	600	750	0,17	0,7	0,3	0,02
3	25,78	145	200	0,13	0,75	1,3	0,07
4	23,65	235	250	0,25	0,95	2,3	0,05
5	12,39	550	500	0,23	0,47	5,9	0,07
6	7,89	800	815	0,10	0,38	0,15	0,06
7	11,42	450	600	0,30	0,91	0,29	0,03
8	19,28	250	400	0,26	0,57	0,8	0,09
9	13,65	700	700	0,26	0,63	0,9	0,05
10	26,31	500	500	0,31	0,9	1,9	0,07
11	9,53	450	700	0,23	0,23	4,1	0,08
12	21,88	250	500	0,13	0,48	1,57	0,09
13	27,36	150	200	0,16	0,54	5,43	0,03
14	24,98	200	400	0,24	0,33	0,59	0,02
15	18,51	245	555	0,27	0,62	0,48	0,04
16	8,63	750	775	0,15	0,66	0,43	0,06
17	12,56	360	400	0,29	0,14	0,59	0,05
18	17,66	675	700	0,16	0,23	0,11	0,07
19	15,99	850	900	0,25	0,475	1,35	0,05
20	13,25	200	200	0,23	0,55	1,23	0,06

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогрессирующее загрязнение поверхностных вод, наблюдающееся в мире, угрожает здоровью населения и пагубно влияет на жизнь в водной среде.

Загрязнение и самоочищение – это два взаимосвязанных процесса, возникающих в результате антропогенного воздействия, а также вследствие естественного поступления загрязняющих веществ в водотоки и водоемы. При рассмотрении динамики загрязнений в поверхностных водоемах в первую очередь обращается внимание на процесс разбавления как на основной фактор, определяющий снижение концентраций загрязнений в водной среде.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водохозяйственные системы и водопользование : учебник / под общ. ред. Л. Д. Ратковича, В. Н. Маркина. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 452 с. – ISBN 978-5-16-014286-9.

2. Федорян, А. В. Применение технологии геоинформационных систем в природообустройстве и водопользовании : учеб. пособие / А. В. Федорян. – М. : Директ-Медиа, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-4499-3172-6.

3. Гридэл, Т. Е. Промышленная экология : учеб. пособие для вузов : пер. с англ. / Т. Е. Гридэл, Б. Р. Алленби ; под ред. проф. Э. В. Гирусова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 527 с. – (Серия «Зарубежный учебник»). – ISBN 978-5-238-00620-9.

4. Островский, Ю. В. Промышленная экология : учеб. пособие / Ю. В. Островский. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 91 с. – ISBN 978-5-7782-3639-4.

5. Никифоров, Л. Л. Промышленная экология : учеб. пособие / Л. Л. Никифоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 322 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-016376-5.

## ГЛОССАРИЙ

**Аварийное загрязнение водных объектов** – залповый сброс вредных веществ в поверхностные или подземные водные объекты, который причиняет вред или создает угрозу причинения вреда здоровью населения, нормальному осуществлению хозяйственной и иной деятельности, состоянию окружающей природной среды, а также биологическому разнообразию.

**Агрессивность воды** – способность воды и растворенных в ней веществ разрушать путем химического воздействия различные материалы.

**Акватория** – водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

**Аккумуляция воды** – естественное или искусственное накопление воды.

**Активный ил** – ил, содержащий микроорганизмы, которые сорбируют и разлагают загрязняющие вещества в сточных водах.

**Анализ воды** – определение физических свойств воды, а также химического и бактериологического состава, производимого в связи с решением вопроса ее практического использования.

**Аэрация воды** – обогащение воды кислородом воздуха.

**Аэротенк** – сооружение для биохимической очистки сточных вод путем аэрации их в смеси с активным илом.

**Баланс водопотребления и водоотведения** – соотношение между фактически используемыми объемами из всех источников водоснабжения и отводимыми объемами сточных вод за год.

**Безвозвратное водопотребление** – водопотребление без возврата воды в водный объект.

**Биологическая индикация воды (биоиндикация)** – оценка качества воды по наличию водных организмов, являющихся индикаторами ее загрязненности.

**Биологическая очистка сточных вод** – технологические процессы очистки сточных вод, основанные на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества.

**Биологический пруд** – водоем для биологической очистки сточных вод в естественных условиях.

**Биологическое тестирование воды (биотестирование)** – оценка качества воды по ответным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами.

**Биохимическое потребление кислорода (БПК)** – количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ.

**Биохимическое потребление кислорода в сточных водах** – количество кислорода, потребляемое на биохимическое окисление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в определенный интервал времени.

**Вода для питьевого водоснабжения** – вода после очистного сооружения, поступающая в водоразборную систему или в регулируемую емкость.

**Водное законодательство Российской Федерации** – законодательство, регулирующее отношения в области использования и охраны водных объектов в целях обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержания оптимальных условий водопользования и качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращения или ликвидации вредного воздействия вод, а также сохранения биологического разнообразия водных экосистем.

**Водные ресурсы** – запасы поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории, которые используются или смогут быть использованы.

**Водный налог** – платеж за определенные виды водопользования, устанавливаемый государством и обязательный для организаций и физических лиц.

**Водный объект** – сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима.

**Водовыпуск** – гидротехническое сооружение для осуществления пропусков из верхнего бьефа канала или водоема.

**Водоем** – водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием.

**Водозабор** – комплекс сооружений и устройств для забора воды из водных объектов.

**Водоотведение** – отведение сточных, ливневых или дренажных вод в водные объекты.

**Водоохранная зона** – территория, примыкающая к акватории водного объекта, на которой устанавливается специальный режим использования и охраны природных ресурсов и осуществления иной хозяйственной деятельности.

**Водоохранный комплекс** – система сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в заданных створах или пунктах водных объектов.

**Водоподготовка** – технологические процессы обработки воды для приведения ее качества в соответствие с требованиями водопотребителей.

**Водопользование** – использование водного объекта с изъятием либо без изъятия воды, а также воздействие на водный объект в целях удовлетворения нужд населения и экономики, охраны, улучшения, оздоровления и восстановления свойств водного объекта.

**Водопользователь** – субъект водных отношений, осуществляющий водопользование, а также юридическое лицо, вступившее в водные отношения согласно действующему законодательству.

**Водопотребитель** – гражданин или юридическое лицо, получающие в установленном порядке воду для обеспечения своих нужд.

**Водопотребление** – потребление воды из водного объекта или системы водоснабжения.

**Водоснабжение** – подача воды потребителям.

**Водоспуск** – гидротехническое сооружение для опорожнения водохранилища или канала.

**Вред водному объекту** – любое воздействие на водный объект непосредственно или опосредованно, оказывающее вред водному объекту.

**Вторичное загрязнение вод** – загрязнение вод в результате превращения внесенных ранее загрязняющих веществ, массового развития организмов или разложения мертвой биологической массы.

**Выпуск сточных вод** – трубопровод, отводящий очищенные сточные воды в водный объект.

**Государственный водный кадастр** – систематизированный свод данных учета вод по количественным и качественным показателям, регистрации водопользований, а также данных учета использования вод.

**Государственный мониторинг водных объектов** – система регулярных наблюдений за гидрологическими или гидрогеологическими и гидрогеохимическими показателями их состояния, обеспечивающая сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых водоохранных мероприятий.

**Грунтовые воды** – подземные воды первого от поверхности земли постоянно существующего водоносного пласта, расположенного на первом от поверхности водоупоре.

**Дезинфекция** – обработка воды с целью удаления патогенных микроорганизмов (обеззараживание).

**Дождевые воды** – воды, образующиеся из атмосферных осадков, в которые еще не поступили растворимые вещества из почвы.

**Евтрофирование (эвтрофирование) вод** – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов.

**Загрязнение водных объектов** – поступление в водный объект загрязняющих веществ или энергии, которые ухудшают качество вод либо негативно влияют на состояние дна и берегов водного объекта.

**Залповый сброс сточных вод** – кратковременное поступление в канализацию сточных вод с резко увеличенным расходом и/или концентрацией загрязняющих веществ.

**Зона санитарной охраны** – территория и акватория, на которых устанавливается особый санитарно-эпидемиологический режим для предотвращения ухудшения качества воды источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и охраны водопроводных сооружений.

**Индекс качества воды** – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования.

**Источник загрязнения водных объектов** – объект, с которого осуществляется сброс или иное поступление в водные объекты вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов.

**Качество воды** – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

**Класс качества воды** – уровень качества воды, установленный в интервале числовых значений свойств и состава воды, характеризующих ее пригодность для конкретного вида водоиспользования.

**Классификация водотоков** – распределение водотоков на группы по географическим, климатическим, гидрологическим и другим признакам.

**Комплексное использование водных ресурсов** – использование водных ресурсов для удовлетворения нужд населения и различных отраслей экономики, при котором находят экономически оправданное применение все полезные свойства водного объекта.

**Контроль качества воды** – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям.

**Критерий качества воды** – признак или комплекс признаков, по которым производится оценка качества воды.

**Круговорот воды в природе** – непрерывный процесс циркуляции воды на земном шаре и в атмосфере, происходящий под влиянием совокупности внешних и внутренних сил, прежде всего, солнечной радиации и силы тяжести.

**Ливневые воды** – поверхностные воды, формирующие потоки воды в результате сильных дождей.

**Лимит водопотребления (водоотведения)** – установленный абоненту органами местного самоуправления предельный объем отпущенной (полученной) питьевой воды и принимаемых (сбрасываемых) сточных вод на определенный период времени.

**Лимит отведения сточных вод в водный объект** – расход отводимых в водный объект сточных вод, установленный для данного водопользователя исходя из норм отведения сточных вод и состояния водного объекта.

**Лимиты водопользования (водопотребления и водоотведения)** – предельно допустимые объемы изъятия водных ресурсов или сброса сточных вод нормативного качества, которые устанавливаются водопользователю на определенный срок.

**Лицензия на водопользование** – локальный распорядительный акт государственного органа исполнительной власти, уполномоченного в области управления водными объектами, предоставляющий разрешение на определенное водопользование на предусмотренных законодательством условиях использования водного объекта, которые могут уточняться в тексте выдаваемой лицензии либо других оговоренных документах (договорах, соглашениях и т. п.).

**Локальные очистные сооружения** – сооружения и устройства, предназначенные для очистки сточных вод абонента (субабонента) перед их сбросом (приемом) в систему коммунальной канализации.

**Максимальный расход воды** – наибольший расход воды в данном створе в течение определенного периода времени.

**Максимальный сток** – речной сток, наблюдающийся в половодье и паводки.

**Максимальный уровень воды** – наивысший уровень воды, наблюдавшийся в данном створе гидрологического поста за определенный период времени.

**Малая река** – водный объект длиной 10 – 200 км и площадью водосбора 10 – 10000 км<sup>2</sup> с особым характером гидрологических процессов, отражающим преимущественное воздействие местных факторов на формирование стока.

**Механическая очистка сточных вод** – технологический процесс очистки сточных вод механическими и физическими методами.

**Микробное загрязнение вод** – загрязнение вод в результате поступления патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов.

**Минерализация воды** – суммарная концентрация анионов, катионов и недиссоциированных растворенных в воде неорганических веществ, выражающаяся в граммах на дециметр кубический (г/дм<sup>3</sup>).

**Минерализация загрязняющих веществ в сточных водах** – превращение органических соединений, содержащихся в сточных водах, в неорганические вещества.

**Минимально допустимый сток** – сток, при котором обеспечиваются экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования.

**Минимальный расход воды** – наименьший среднесуточный расход воды в течение данного периода (месяц, сезон, год и т. д.).

**Минимальный сток** – наименьший по величине речной сток, обычно наблюдающийся в межень.

**Минимальный уровень воды** – наименьший уровень воды, наблюдавшийся в данном створе гидрологического поста за определенный период времени.

**Мониторинг водных объектов** – система режимных наблюдений за водными объектами с целью получения объективной информации об их состоянии и динамики этого состояния во времени.

**Мутность** – весовое содержание взвешенных наносов, содержащихся в единице объема смеси воды с наносами.

**Мутность воды** – показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием тонкодисперсных взвешенных частиц.

**Наводнение** – затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием.

**Нагрузка по загрязняющему веществу сточных вод** – масса загрязняющих веществ сточных вод в интервал времени, отнесенная к единице поверхности или объема сооружения.

**Насыщенность воды кислородом** – отношение фактически установленной концентрации кислорода в воде к его равновесной концентрации в данных условиях.

**Негативное (вредное) воздействие вод** – затопление, подтопление и другое негативное воздействие вод водных объектов на примыкающие к ним территории, а также гидротехнические сооружения и другие объекты, наносящее вред и ущерб населению и экономике.

**Необработанная вода** – вода, которая не подвергается очистке, или вода, поступающая для дальнейшей очистки на очистное сооружение.

**Неочищенные городские сточные воды** – необработанные городские сточные воды.

**Неравномерность водопотребления** – колебание расхода воды в интервал времени.

**Нитрификация** – окисление аммонийных солей бактериями. Конечным продуктом такого окисления, как правило, является нитрат.

**Норма водоотведения сточных вод** – объем сточных вод в интервал времени от одного потребителя или на единицу вырабатываемой продукции.

**Норма водопотребления** – установленное количество воды на одного жителя или на условную единицу, характерную для данного производства.

**Норма отведения сточных вод** – установленное количество сточных вод на одного жителя или на условную единицу, характерную для данного производства.

**Норма состава сточных вод** – перечень веществ, содержащихся в сточных водах, и их концентрации, установленные нормативно-технической документацией.

**Нормативы водоотведения, или нормативы сброса** – установленные органами местного самоуправления показатели объема и состава сточных вод, разрешенные к приему (сбросу) в системы канализации и обеспечивающие ее нормальное функционирование.

**Обособленный водный объект** – небольшой по площади и непроточный искусственный водоем, не имеющий гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами.

**Общее водопользование** – использование водных объектов без применения сооружений, технических средств и устройств.

**Общесплавная система канализации** – система коммунальной канализации, предназначенная для совместного сбора и отведения всех видов сточных вод, включая дренажные, поверхностные и поливомочные сточные воды.

**Организация водопроводно-канализационного хозяйства** – предприятие (организация), осуществляющее отпуск воды из системы водоснабжения и (или) присточных вод в систему канализации и эксплуатирующее эти системы.

**Осадок сточных вод** – совокупность твердых частиц с заполняющими их поры сточными водами, полученная в процессе разделения суспензии.

**Осветление воды** – удаление из воды взвешенных и коллоидных веществ.

**Осветлитель воды** – сооружение для осветления воды пропуском ее через слой взвешенного осадка в восходящем потоке воды.

**Особо охраняемые водные объекты** – природные водные экосистемы, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение.

**Особое пользование водными объектами** – использование водных объектов субъектами особого пользования с ограничением прав общего пользования других лиц на основании федерального закона и в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства.

**Остаточная загрязненность сточных вод** – масса загрязняющих веществ, оставшихся в сточных водах после их очистки.

**Охрана водных объектов** – система мер, направленная на предотвращение, ограничение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения вод.

**Охрана водных ресурсов** – мероприятия, направленные на сохранение количества и качества поверхностных и подземных вод.

**Оценка безопасности гидротехнического сооружения** – определение соответствия состояния гидротехнического сооружения и квалификации работников эксплуатирующей организации нормам и правилам, утвержденным в порядке, определенном настоящим Федеральным законом.

**Очистка воды** – технологические процессы, применяемые для осветления и обесцвечивания воды.

**Очистка сточных вод** – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

**Очищенные городские сточные воды** – городские сточные воды, прошедшие частичную или полную очистку с целью устранения и минерализации содержащихся в них органических или других веществ.

**Паводок** – фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года; характеризуется интенсивным обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей.

**Поверхностные водные объекты** – постоянное или временное сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа или искусственных выемках, имеющие границы, объем и черты водного режима.

**Поверхностные воды** – воды, находящиеся на поверхности суши в различных водных объектах.

**Повторное использование воды** – использование отводимых объектом сточных вод для водоснабжения.

**Подземные водные объекты** – сосредоточение находящихся в гидравлической связи вод в горных породах, имеющие границы, объем и черты водного режима.

**Подземные воды** – воды, находящиеся в подземных водных объектах.

**Пользование водными объектами** – использование водных объектов, т. е. водопользование, которое порождает возникновение прав и обязанностей у соответствующих субъектов водных отношений независимо от того, использует ли водопользователь только водные ресурсы, сам водный объект в целом или его составные части, а также в случаях причинения вреда и (или) ущерба водному объекту либо его составным частям и приложениям.

**Понур** – водонепроницаемое или малопроницаемое покрытие грунта со стороны верхнего бьефа, являющееся продолжением водонепроницаемой части профиля плотины.

**Потребность в воде** – количество воды соответствующего качества, необходимое для использования по определенному назначению за единицу времени.

**Правила охраны вод** – установленные требования, регламентирующие деятельность человека в целях соблюдения норм охраны вод.

**Предельно допустимая концентрация веществ в воде** – концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

**Предельно допустимая концентрация опасного вещества (ПДК)** – максимальное количество опасных веществ в почве, воздушной или водной среде, продовольствии, пищевом сырье и кормах, измеряемое в единице объема или массы, которое при постоянном контакте с человеком или при воздействии на него за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье людей и не вызывает неблагоприятных последствий.

**Предельно допустимый сброс вещества в водный объект (ПДС)** – масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

**Прибрежная водоохранная зона** – территория, прилегающая к акваториям водных объектов, на которой устанавливается специальный режим для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод.

**Прибрежная защитная полоса** – часть водоохранной зоны, в которой запрещаются распашка земель, рубка и корчевка леса, размещение животноводческих ферм и лагерей, а также другая деятельность, за исключением случаев, предусмотренных водным законодательством Российской Федерации.

**Приемник сточных вод** – водный объект, в который сбрасываются сточные воды.

**Природные воды** – воды Земли с содержащимися в них твердыми, жидкими и газообразными веществами.

**Приток воды** – поступление поверхностной и подземной воды в водный объект.

**Прогнозирование качества воды** – определение качества воды на перспективу с учетом действующих и планируемых факторов воздействия на водный объект.

**Прозрачность воды** – показатель, характеризующий способность воды пропускать световые лучи.

**Радиоактивность воды** – показатель, характеризующий содержание в воде радиоактивных веществ.

**Расход воды** – объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени.

**Расход сточных вод** – объем сточных вод, протекающий в интервал времени для расчета сетей и сооружений канализации.

**Регулирование качества воды** – воздействие на факторы, влияющие на состояние водного объекта, с целью соблюдения норм качества воды.

**Регулирование уровня воды** – регулирование посредством маневрирования затворами (иногда турбинами) водоподъемной плотины, при котором обеспечивается требуемый уровень воды в верхнем или нижнем бьефе при переменных расходах воды в водотоке.

**Режим отпуска (получения) питьевой воды** – гарантированный расход (часовой, секунднй) и свободный напор при заданном характерном водопотреблении на нужды абонента.

**Река** – водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

**Речная система** – совокупность рек, сливающихся вместе и выносящих свои воды в виде общего потока.

**Речной бассейн** – водосборная территория реки.

**Русло водотока** – выработанное водотоком или искусственно созданное ложе, по которому осуществляется сток воды без затопления поймы.

**Русло реки** – выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы.

**Рыбохозяйственный критерий качества воды** – критерий качества воды, учитывающий пригодность ее для обитания и развития промысловых рыб и промысловых водных организмов.

**Самовольное присоединение к системам водоснабжения или канализации** – присоединение, произведенное без разрешительной документации либо с нарушением технических условий.

**Самоочищение вод** – совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водного объекта.

**Сапробность** – способность водных организмов обитать в воде, содержащей различное количество органических веществ.

**Сброс** – это: а) воды или сточные воды, сбрасываемые с водоочистных сооружений промышленного предприятия или отстойника; б) удаление неиспользуемой части стока из водохранилища.

**Сброс городских сточных вод** – сброс очищенных городских сточных вод на очистные сооружения.

**Сверхлимитное водопотребление** – объем воды, потребляемый абонентом на хозяйственно-питьевые и производственные нужды сверх установленного лимита.

**Сверхнормативный сброс сточных вод** – сброс сточных вод и загрязняющих веществ, превышающий установленные нормативы водоотведения по объему и составу.

**Скопление подземных вод** – аккумуляция гравитационных подземных вод, обладающих гидравлической сплошностью в зоне насыщения.

**Скорость фильтрации** – отношение расхода потока подземных вод к площади поперечного сечения пористой среды, через которую протекает вода.

**Скорость фильтрования воды** – объем воды, пропускаемой через единицу площади загрузки фильтра в определенный интервал времени.

**Слой стока** – количество воды, стекающее с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора.

**Смягчение воды** – удаление из воды ионов кальция и магния.

**Состояние водного объекта** – характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования.

**Специальное водопользование** – водопользование с применением сооружений или технических устройств.

**Среднесуточный расход воды продолжительностью в  $n$  дней** – среднесуточный расход, достигаемый или превышаемый в течение  $N$  дней за определенный период времени.

**Средний расход воды** – среднеарифметическая величина расхода воды для определенного створа водотока за рассматриваемый период времени, определяемая путем деления объема стока за период времени на число секунд в данном периоде.

**Средний уровень воды** – среднеарифметическая величина уровня воды для определенного створа гидрологического поста за рассматриваемый период времени.

**Станция очистки сточных вод** – комплекс зданий, сооружений и устройств для очистки сточных вод и обработки осадка.

**Сток** – движение воды по поверхности и под поверхностью земли в процессе круговорота ее в природе.

**Сточные воды** – воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

**Сублимация воды** – непосредственный переход воды из твердого состояния в газообразное или наоборот.

**Суточное регулирование стока** – регулирование стока с периодически повторяющимся суточным циклом пополнения и обработки полезного объема водохранилища.

**Схема комплексного использования и охраны вод** – систематизированные материалы исследований и проектных проработок по современному состоянию и перспективному развитию комплексного использования, охраны водных ресурсов и борьбы с вредным воздействием вод, увязанных с перспективами развития всех отраслей экономики.

**Температурная стратификация** – слоистое распределение температуры по глубине водоема.

**Тепловое загрязнение вод** – загрязнение вод в результате поступления тепла.

**Территориальные воды Российской Федерации** – прибрежные морские воды шириной 12 морских миль, отсчитываемых от линии наибольшего отлива как на материке, так и на островах, принадлежащих Российской Федерации, или от прямых исходных линий, соединяющих точки, географические координаты которых утверждаются Правительством Российской Федерации.

**Течение в водоеме** – перемещение водной массы в определенном направлении, ограничиваемое берегами, дном водоема, неподвижной водной массой или водной массой, перемещающейся в другом направлении.

**Тип подземного питания** – характерное соотношение взаимосвязи речных и подземных вод, определяющее динамику подземного питания.

**Транспирация** – процесс перехода воды из растений в атмосферу.

**Удаление кислорода** – частичное или полное удаление кислорода, растворенного в воде в результате естественной эвазии или в результате физических и химических процессов.

**Удельное водопотребление** – объем воды, подаваемый потребителю в интервал времени или на единицу продукции.

**Умягчение воды** – водоподготовка с целью снижения жесткости воды.

**Уравнение водного баланса** – уравнение, определяющее количественное соотношение между составляющими водного баланса.

**Уровень воды** – высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения, например, над нулем графика гидрологического поста.

**Уровень подземных вод** – превышение свободной или пьезометрической поверхности подземных вод в данной точке над любой плоскостью сравнения.

**Установившийся расход воды** – расход воды водотока, мало изменяющийся в течение продолжительного периода времени.

**Установившийся уровень воды** – уровень воды водотока или водоема, мало изменяющийся в течение продолжительного периода времени.

**Устье водотока** – место впадения водотока в водоем или другой водоток высшего порядка.

**Фильтрация** – удаление взвешенного вещества из массы воды путем прохождения через слой пористого материала или через сетки с подходящим размером отверстий.

**Фильтрация подземных вод** – движение воды в насыщенной среде горных пород под действием гидравлического градиента.

**Химический состав воды** – совокупность находящихся в воде веществ в различных химических и физических состояниях.

**Химическое потребление кислорода** – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей.

**Холостой сброс** – сброс воды из водохранилища, неиспользуемой в полезных целях.

**Централизованная система коммунального водоснабжения** – комплекс инженерных сооружений населенных пунктов для забора, подготовки, транспортировки и передачи абонентам питьевой воды.

**Централизованная система коммунальной канализации** – комплекс инженерных сооружений населенных пунктов для сбора, очистки и отведения сточных вод в водные объекты и обработки осадков сточных вод.

**Шероховатость русла водотока** – характеристика свойств русла, создающего сопротивление перемещению масс воды, определяющая при заданном наполнении и уклоне водной поверхности среднюю скорость течения.

**Экологический критерий качества воды** – критерий качества воды, учитывающий условия нормального во времени функционирования водной экологической системы.

**Экологическое благополучие водного объекта** – нормальное воспроизведение основных звеньев экологической системы водного объекта.

**Ювенильные воды** – подземные воды, образующиеся из кислорода и водорода, выделяющегося из магмы, и впервые вступающие в круговорот воды в природе.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО – ОТРАСЛЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ.....	6
ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ.....	7
ВОДООХРАННЫЕ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ.....	11
ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ЦЕЛЯМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	20
КЛАССИФИКАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	24
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	37
1. Расчет разбавления сточных вод в водотоках .....	37
1.1. Определение кратности начального разбавления.....	37
1.2. Определение кратности основного разбавления.....	41
2. Расчет разбавления сточных вод в водоемах .....	43
2.1. Определение кратности начального разбавления.....	44
2.2. Определение кратности основного разбавления.....	45
3. Расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в выпуске сточных вод.....	45
4. Расчет нормативов допустимых сбросов.....	47
5. Практическое задание .....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	58
ГЛОССАРИЙ .....	59

*Учебное издание*

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

**Предотвращение загрязнения водных объектов**

**Учебно-практическое пособие**

**Авторы-составители:**

**ТРИФОНОВА Татьяна Анатольевна**

**ЧУГАЙ Наталья Валерьевна**

**Редактор А. П. Володина**

**Технический редактор Ш. Ш. Амирсейидов**

**Компьютерная верстка Л. В. Макаровой, А. Н. Герасина**

**Корректор О. В. Балашова**

**Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова**

**Подписано в печать 25.10.24.**

**Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 4,42. Тираж 30 экз.**

**Заказ**

**Издательство**

**Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.**

**600000, г. Владимир, ул. Горького, 87.**