ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ОХРАНЕ ВОД

(ВНИИВО)

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ (ПДС) ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

СРОК ДЕЙСТВИЯ ДО 01.01.92 г.

Харьков - 1990

land sale Russia

Методика разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом по охране вод Государственного комитета СССР по охране природы.

Исполнители:

ВНИИВО Госкомприроды СССР: д.т.н. Сухоруков Г.Л. (введение, разделы I, 2, 3.2, 4.2, 5.2, 6, 7.3, Приложение I),
к.т.н. Цыбульник С.А. (разделы I, 2, 3, 4, 5, Приложение 2),
к.г.н. Пасека И.П. (раздел 7.2, Приложение I), к.т.н. Ситенко Н.А. (раздел 6), к.т.н. Еременко Е.В. (разделы 3.I, 4.I),
к.т.н. Чернявский Г.Г. (раздел 3.I), к.ф.-м.н. Баранник В.А. (разделы 4.I.3, 4.2, 5, Приложение 2), д.т.н. Лозанский В.Р. (разделы I, 2), к.т.н. Лядыженский В.Н. (раздел I), Кресин В.С. (разделы 4.I.3, 5, Прилсжения 2,3), Кенс В.Н. (разделы I,7.I), Дорошко А.И. (Приложение 2), Алесинский А.И. (Приложение 3),

ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР: д.т.н. Родзиллер И.Д., д.т.н. Майрановский Ф.Г. (разделы 3.I, 4.I).

УкрКоммунНИИпроект МЖХ УССР, к.т.н. Абрамович И.А., Горелик И.Н., Грибчук Н.И. (раздел 8).

ВНЕСЕНА: Отделом координации исследований по технологическим аспектам ГУ НТП и ОМ.

ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ: Евдокимовой С.Т.,
Бондаренко Е.В.
(Госкомприроды СССР)

С введением в действие "Методики расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты со сточными водами" утрачивают силу "Методические рекомендации по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами" (Минводхоз СССР, 1982).

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

Введение 4
I. Правовая и организационная основы расчета, установления и пересмотра предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ 7
2. Методическая основа расчета ПДС веществ 18
3. Расчет ПДС для водотоков 20
3.I. Расчет величин ПДС для отдельных выпусков . . . 20
3.2. Расчет величин ПДС для бассейна реки или его участка 28
4. Расчет ПДС для водохранилищ и озер 33
4.I. Расчет величин ПДС для отдельных выпусков . . . 33
4.2. Расчет величин ПДС для совокупности выпусков. . . 37
5. Расчет ПДС для прибрежных зон морей 40
5.I. Расчет величин ПДС для отдельных выпусков . . . 40
5.2. Расчет величин ПДС для совокупности выпусков . . 45
6. Разработка планов и программ поэтапного достижения ПДС 49
7. Информационное обеспечение расчетов ПДС 57
7.I. Нормативы качества вод 57
7.2. Расчетные условия 63
7.3. Технико-экономические характеристики водоохранных мероприятий 68
8. Условия сброса сточных вод на городские очистные сооружения 72
Приложение I. Формы для установления и утверждения ПДС 79
Приложение 2. Пример расчета ПДС веществ для водотока и водоема 86
Приложение 3. Пример расчета ПДС веществ для прибрежной зоны моря 97
Литература 110

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика предназначена для расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты - водотоки, водохранилища, озера, прибрежные зоны морей. Методика предназначена для использования органами системы Госкомприроды СССР, предприятиями-водопользователями, а также другими организациями, выполняющими расчеты ПДС.

Величины ПДС, ограничивающие выбросы (сбросы) вредных веществ в окружающую природную среду устанавливаются в соответствии с постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от I.I2.78 г. № 984 "О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов". Указанные величины являются основой разработки планов мероприятий для поэтапного достижения ПДС.

Большое количество различных подходов к расчету ПДС, используемых на практике, не позволяют гарантировать достижение норм качества воды даже для небольших участков водного объекта, поскольку расчеты ПДС для предприятий, сбрасывающих сточные воды в эти объекты, ведутся изолированно, по различным ведомствам. Поэтому актуальной явилась разработка универсальной методики расчета ПДС, гарантирующей достижение норм качества воды в водном объекте на основе взаимоувязанного развития водоохранного комплекса для предприятий различных ведомств при минимальных суммарных затратах.

Настоящая методика разработана на базе десятилетнего опыта ВНИИВО по расчету проектов ПДС для нескольких тысяч предприятий, сбрасывающих сточные воды в различные водные объекты страны. При подготовке методики изучен также отечественный и зарубежный опыт использования инженерных методов расчета качества воды, а также опыт использования новых моделей формирования качества воды и оптимизации водоохранного комплекса, разработанных во ВНИИВО и других организациях.

Анализ имеющегося опыта по установлению и пересмотру ПДС показал необходимость существенного улучшения методической основы этой работы. Важным элементом здесь явилось создание детальной методики расчета ПДС для совокупности выпусков сточных вод, объединенных единой гидрографической сетью-бассейна реки,

либо единым водохранилищем (озером), прибрежной зоной моря. Вместе с тем, учитывая возможность различных ситуаций, настоящая методика позволяет вести расчеты ПДС как для изолированных выпусков, где это возможно, так и для совокупности выпусков с учетом их взаимного влияния и оптимального распределения ассимилирующей способности водных объектов между водопользователями. При этом методика может быть использована для трех основных типов водных объектов - водотоков (рек, каналов), водохранилищ и озер, прибрежных зон морей. В связи со сложностью расчетов ПДС, в приложении к методике приведены примеры показывающие доступность предлагаемых методов в достаточно сложных случаях.

Опыт показал, что при расчете и установлении ПДС, разработке планов по их достижению существенным является согласованность установленных ПДС с условиями сброса сточных вод на городские (централизованные) очистные сооружения. С учетом этого в настоящую методику введен соответствующий раздел.

Очевидно, что для рассчитанных ПДС необходимо рано или поздно определить совокупность технических и других мероприятий, обеспечивающих их достижение. Поэтому существенное внимание в методике уделено вопросам разработки планов и программ поэтапного достижения ПДС и информационной базе по технико-экономическим характеристикам водоохранных мероприятий для расчета оптимальных величин ПДС, достижение которых требует минимума затрат.

О правовой основе. При расчете, установлении и утверждении ПДС используются разнообразные нормативные документы, образующие правовую основу ПДС. С целью достижения необходимого обоснования проектов ПДС такая правовая основа сформулирована в первом разделе методики. Естественно, ориентация на существующие нормативные акты и нормативы определила и общий принцип установления ПДС - величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды (санитарных и рыбохозяйственных) в водном объекте. В перспективе, с введением экологических норм, изменится и нормативная основа, однако принцип установления останется прежний.

Сложность рассматриваемой водохозяйственной системы, представляющей собой совокупность предприятий и водоохранных комп-

лексов, связанных единством водного объекта, сложность процессов формирования качества воды определяют и сложность расчетных схем и алгоритмов, где подчас требуется применение достаточно мощных ЭВМ. Вместе с тем, учитывая различные возможности исполнителей расчетов, настоящая методика может быть использована как для исполнителей, оснащенных ЭКВМ, так и для исполнителей, имеющих доступ к персональным компьютерам и "большим" ЭВМ. В последнем случае исполнитель может применить специализированные пакеты прикладных программ ОКВОПЛАН, разработанные во ВНИИВО, либо должен самостоятельно создать соответствующие программные комплексы. Однако при этом такие программные комплексы должны быть аттестованы головной организацией - ВНИИВО Госкомприроды СССР. Без такой аттестации использование программного обеспечения недопустимо в связи со сложностью расчетов и необходимостью проверки их нормативной базы.

Об использовании методики. Головная организация - ВНИИВО Госкомприроды СССР ответственна за распространение методики и обучение персонала ее использованию на практике. Перепечатка и распространение методики без контроля со стороны ВНИИВО недопустимы из-за возможных искажений текста и формул.

Авторы будут признательны за замечания и предложения по совершенствованию методики, которые просят направить по адресу: 310888, Харьков, ул. Бакулина, 6 ВНИИВО, лаборатория прогнозирования и водоохранных программ, тел. 45-41-95.

I. ПРАВОВАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ОСНОВЫ РАСЧЕТА, УСТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРЕСМОТРА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ (ПДС) ВЕЩЕСТВ

I.I. Правовые основы установления, достижения и контроля величин предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты, регламентируются следующими документами*):

- Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик;
- Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от I декабря 1978 г. № 984 "О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов";
- Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 7 января 1988 г. № 32 "О коренной перестройке дела охраны природы в стране";
- ГОСТ 17.1.1.01-77 "Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения";
- Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, Москва, 1976;
- Правилами охраны от загрязнения прибрежных вод морей, Москва, 1984;
- Дополнительными перечнями № I-9 предельно допустимых концентраций веществ для воды рыбохозяйственных водных объектов, утвержденными Главрыбводом СССР, № 30-II-II, 1983-1989 гг.;
- Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения, утвержденными Минздравом СССР 4 июля 1988 г., № 4630-88 (приложение 2);
- Типовым положением о бассейновой проектной организации Минводхоза СССР, утвержденным Минводхозом СССР 20 декабря 1986 г., № 462;
- Инструкцией по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты, утвержденной Госкомприродой СССР, 11 сентября 1989 г., № 09-2-8/1573.

По мере утверждения новых законодательных, инструктивных и методических документов, дополняющих или заменяющих вышеуказанное, необходимо руководствоваться новыми документами.

---

*) Библиографические данные по некоторым документам приведены в списке литературы.

I.2. В соответствии с ГОСТ I7.I.I.0I-77 (п.39) под предельно допустимым сбросом (ПДС) вещества в водный объект понимается масса вещества 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.

Нормы качества воды в водных объектах достигаются путем реализации комплекса водоохранных мероприятий. Величины ПДС используются для контроля за соблюдением установленных режимов сброса сточных вод в водные объекты, а также служат основными целевыми показателями для разработки планов и программ развития водоохранных комплексов.

Если нормы качества воды в водных объектах не могут быть достигнуты из-за воздействия природных факторов, не поддающихся регулированию (поступление примесей из атмосферы, в результате склонового- или тальвегового стока и подземного питания реки и т.п.), то величины ПДС должны устанавливаться исходя из условий соблюдения в контрольном пункте сформировавшегося природного фонового качества воды.

I.3. Нормирование качества воды состоит в установлении совокупности допустимых значений показателей состава и свойств воды водных объектов, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта. Нормы качества поверхностных вод устанавливаются для условий хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К коммунально-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, спорта и отдыха населения, а также иное использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Рыбохозяйственные водотоки, водоемы или их отдельные участки, используемые для воспроизводства, промысла и миграции рыб, беспозвоночных и водных млекопитающих, подразделяются на три категории.

К высшей категории относятся места расположения нерестилищ,

массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений.

К первой категории относятся водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода.

Ко второй категории относятся водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

I.4. Виды использования водного объекта в пределах области (края), союзной и автономной республики определяются органами Госкомприроды совместно с органами Минздрава и утверждаются областными (краевыми) исполнительными комитетами Советов народных депутатов или Советами министров союзных или автономных республик.

На пограничных водных объектах между территориально-административными единицами вид водопользования устанавливается совместным решением соответствующих органов.

I.5. Нормы качества поверхностных вод содержатся в приложениях к "Правилам..." /3/ и включают:

- общие требования к составу и свойствам поверхностных вод для различных видов водопользования;

- перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования;

- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях.

I.6. При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых целей, нормы качества поверхностных вод или их природный состав и свойства должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.) вплоть до самого места водопользования, а на водоемах - на акватории в радиусе одного километра от пункта водопользования.

В водохранилищах и в нижнем бьефе плотины гидроэлектростанции, работающей в резко переменном режиме, необходимо учитывать

возможность воздействия на пункты водопользования обратного течения при резкой смене режима работы электростанции или прекращении ее работы.

I.7. При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние рыбохозяйственных водотоков и водоемов, нормы качества поверхностных вод или их природные состав и свойства (в случае природного превышения этих норм) должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, определяемого в каждом конкретном случае органами Госкомприроды, но не далее чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод (мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.).

I.8. Водный объект или его участок считается загрязненным, если в местах водопользования не соблюдаются нормы качества поверхностных вод. В случае одновременного использования водного *объекта или его участка для различных нужд населения и народного* хозяйства к составу и свойствам поверхностных вод предъявляются наиболее жесткие нормы из числа установленных.

I.9. Для всех нормированных веществ при рыбохозяйственном водопользовании и для веществ относящихся к I и 2 классам опасности при хозяйственно-питьевом и коммунально-бытовом водопользовании ПДС устанавливаются так, чтобы для веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ), содержащихся в воде водного объекта, сумма отношений концентраций каждого вещества к соответствующим ПДК не превышала единицы.

При отсутствии установленных ПДК по какому-либо веществу следует при установлении ПДС руководствоваться требованиями "Правил охраны поверхностных вод" (п.6г).

I.10. Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод" /3/ (п. I9) ПДС устанавливаются, исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов к самим сточным водам[x)]. *При этом следует руководствоваться тем*, что использование водных объектов в черте населенных мест относится к категории коммунально-бытового водопользования.

x) при сбросе сточных вод в водный объект через рассеивающие выпуски, гарантирующие необходимое смешение и разбавление сбрасываемых вод, нормативные требования к составу и свойствам воды должны обеспечиваться в створе начального разбавления рассеивающего выпуска.

1.11.Если фоновая загрязненность водного объекта по каким-либо показателям не позволяет обеспечить нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов к самим сточным водам. Вместе с тем, если фоновая загрязненность водного объекта обусловлена естественными причинами, то по согласованию с местными органами Госкомприроды СССР ПДС может устанавливаться, исходя из условий соблюдения в контрольном пункте сформировавшегося фонового качества воды. К естественным причинам, формирующим качество воды, относятся факторы, не входящие в хозяйственное звено круговорота воды, включающее возвратные воды всех видов (сточные, сбросные и дренажные). Для тех веществ, для которых нормируется приращение к природному естественному фону (алюминий, ионы меди, селена, теллура, фтора и др.), ПДС должен устанавливаться с учетом этих допустимых приращений к природному естественному фону.

Для предприятий, расположенных в районах с повышенной минерализацией природных вод (Молдова, ЮГ Украины, Калмыкия, Казахстан, Средняя Азия и др.), в соответствии с ГОСТ 2874-82 *Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством"* (п.1.5.2,примечание I) при расчете ПДС допускается принимать величину 1500 г/м^3 в качестве предельного уровня минерализации поверхностных вод.

Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются водопользователями в местных органах Госкомгидромета СССР.

1.12. При сбросе теплообменных вод ТЭС, АЭС и других подобных объектов требования к составу сбрасываемых вод при назначении ПДС устанавливаются в виде допустимых приращений к концентрациям нормированных веществ в воде водного объекта в месте водозабора (при условии водопользования одним водным объектом). Величина приращения определяется технологически обоснованными потерями воды на испарение и другими технологическими факторами.

1.13. Для производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод,отводимых в городские канализационные сети, ПДС не устанавливаются. Технические условия на сброс этих сточных вод определяются производственными управлениями канализационного хозяйства города в соответствии с требованиями главы 6 СНиП 2.04.03-85.

Для плавсредств водного транспорта установление ЩС не предусмотрено. При установлении сбросов сточных вод водного транспорта следует руководствоваться "Санитарными правилами для судов внутреннего плавания СССР" (Минздрав СССР, 1977 г.) и "Правилами отведения с судов в водные объекты обработанных сточных и нефтесодержащих вод" (утверждены Минводхозом СССР 31.10.86).

I.I4. Величины ЩС разрабатываются и утверждаются для действующих и проектируемых предприятий-водопользователей. При этом, независимо от ассимилирующей способности водного объекта, назначаемые ЩС должны удовлетворять уровню очистки, который может быть достигнут при применении типовой технологии водоохраны для рассматриваемой категории сточных вод.

Для действующих предприятий разработка величин ЩС может осуществляться как самим предприятием-водопользователем, так и по его просьбе проектной или научно-исследовательской организацией, временным творческим коллективом. Если фактический сброс действующего предприятия меньше расчетного ЩС, то в качестве ЩС принимается фактический сброс.*)

Величины ЩС проектируемых строящихся (реконструируемых) предприятий определяются в составе проектов строительства (реконструкции) этих предприятий и утверждаются на стадии согласования проектной документации органами по охране природы системы Госкомприроды СССР. Если при пересмотре или уточнении ранее установленного ЩС окажется, что проектный сброс строящегося (реконструируемого) предприятия меньше расчетного ЩС, то в качестве ЩС принимается проектный сброс.

I.I5. Величины ЩС утверждаются одновременно с выдачей разрешения на специальное водопользование территориальными (республиканскими или областными) органами по охране природы системы Госкомприроды СССР.

Величины ЩС подлежат предварительному согласованию с местными органами государственного санитарного надзора Минздрава СССР в случаях, когда сброс сточных вод производится в водные объекты, являющиеся источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения или используемые в рекреационных целях.

I.I6. Для согласования и утверждения проектов ЩС предприятие-водопользователь (или по его поручению организация-разработчик ЩС) представляет следующие материалы:

- пояснительную записку, содержащую гидрологическую и гидрохимическую характеристику водного объекта на участке существующе-

*) за исключением показателей, значения которых возрастают после биологической очистки (например, нитриты и нитраты).

го или проектируемого выпуска сточных вод, данные о качестве воды в контрольном створе водного объекта после сброса сточных вод, величинах фоновых концентраций, принятых для расчета ПДС, их обоснование, расчет ПДС, заполненные формы ПДС (см. Приложение I).

действующие предприятия-водопользователи вместе с проектом величин ПДС представляют план мероприятий по их достижению, в котором должны быть отражены: расход сточных вод и фактическая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах на момент разработки ПДС; наименование мероприятий, сроки их реализации, планируемые затраты и достигаемый водоохранный эффект (расход и концентрация нормированных веществ в сточных водах после реализации каждого этапа плана).

Представленные на согласование материалы должны быть рассмотрены органами государственного санитарного надзора в 2-х недельный срок. В случае отказа от рассмотрения или необоснованного отклонения представленных материалов органы по охране природы, руководствуясь local законодательством, вправе принять по вопросу утверждения ПДС и плана мероприятий по их достижению самостоятельное решение.

I.I7. Для вновь вводимых (реконструируемых) предприятий соблюдение нормативов ПДС должно быть обеспечено к моменту приемки этих объектов в эксплуатацию.

Действующие предприятия-водопользователи, сбрасывающие сточные воды с превышением установленных ПДС, обязаны в сроки, согласованные с органами системы Госкомприроды СССР, обеспечить разработку и реализацию планов мероприятий по достижению ПДС, которые являются неотъемлемой частью планов социально-экономического развития этих предприятий. Указанные планы в полном объеме должны быть обеспечены финансовыми, материально-техническими, трудовыми и другими ресурсами.

В период реализации указанных планов или их отдельных этапов, соответствующих нормативным срокам продолжительности строительства и ввода в эксплуатацию водоохранных сооружений, предприятия осуществляют сброс сточных вод на основании разрешений, выдаваемых им органами системы Госкомприроды СССР. Лимиты временно согласованного сброса (ВСС) веществ со сточными водами, указываемые в этих разрешениях, устанавливаются по наилучшим результатам, которые могут быть достигнуты на данном предприятии, исходя из наличия систем оборотного водоснабжения, очистных и других водоохранных сооружений.

По мере осуществления отдельных этапов плана водоохранных мероприятий по достижению ПДС лимиты временно согласованного сброса веществ со сточными водами должны быть пересмотрены и скорректированы в сторону уменьшения и назначены в соответствии с проектными результатами, которые должны быть достигнуты за счет ввода в эксплуатацию новых сооружений и устройств, предусмотренных очередным этапом плана. Таким образом, установление ВСС является не способом допускающим сброс нормированных веществ свыше ПДС, а средством поэтапного достижения ПДС.

В период выполнения плана водоохранных мероприятий в нормативные сроки и в установленном объеме при условии соблюдения лимитов временно согласованного сброса сточных вод на предприятие не налагается каких-либо штрафных или иных санкций.

I.18. Установленные ПДС и соответствующие допустимые концентрации веществ в сточных водах, действующие на период, установленный органами по охране природы системы Госкомприроды СССР[к)], являются основой для пятилетнего планирования водоохранных мероприятий. В связи с этим пересмотр и уточнение ПДС осуществляются не реже I-го раза в 5-летие за 2 года до конца текущей пятилетки и является основой для разработки плана водоохранных мероприятий на предстоящую пятидетку.

Кроме того, необходимость пересмотра ранее установленных ПДС возникает по истечении срока их действия или при изменении водохозяйственной обстановки на водном объекте (появление новых и изменение параметров существующих сбросов сточных вод и водозаборов, изменение расчетных расходов водотока, фоновой концентрации и др.).

Во всех случаях пересмотра ранее установленных ПДС следует руководствоваться постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов" от I декабря 1978 г. № 964, которым предусматривается достижение и дальнейшее последовательное уменьшение ПДС, вплоть до полного прекращения в перспективе сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Пересмотр и уточнение ПДС выполняются по указанию органов по охране природы системы Госкомприроды СССР предприятиями- водопользователями или по их поручению проектными или научно-исследовательскими организациями.

к) По инструкции Госкомприроды СССР (Москва 1969) нормативы ПДС устанавливаются на срок до 3 лет.

Материали по пересмотру установленных ПДС представляются в территориальные органы по охране природы системы Госкомприроды СССР предприятиями-водопользователями или по их поручению организациями-разработчиками.

По истечении срока действия установленных ПДС предприятия-водопользователи обращаются с ходатайством в местные органы системы Госкомприроды СССР о продлении срока действия ПДС.

Если по истечении срока действия ПДС предприятия-водопользователи не представляют ходатайства о его продлении, органы по охране природы системы Госкомприроды СССР должны направить им соответствующее предписание.

По получении материалов о продлении срока действия ПДС органы по охране природы системы Госкомприроды СССР в первую очередь проверяют выполнение плана водоохранных мероприятий по достижению установленных ПДС.

Затем в формах в соответствии с приложением I показатели граф "Фактическая концентрация" и "Фактический сброс" корректируются в сторону уменьшения в соответствии с результатами, достигнутыми за счет осуществления водоохранных мероприятий. Одновременно проверяются и при необходимости корректируются остальные сведения, включенные в форму по установлению ПДС.

Если водохозяйственная обстановка на водном объекте со времени установления ПДС не изменилась, действие утвержденных ПДС продлевается на предстоящий пятилетний период или до срока реализации очередного этапа водоохранных мероприятий по достижению ПДС.

Если показатели, определяющие водохозяйственную обстановку, изменились ориентировочно на величину более 20 % (что соответствует точности определения исходных величин для расчета ПДС), то необходимо произвести пересчет установленных ПДС.

I.19. В случае невыполнения в установленный срок плана водоохранных мероприятий или отдельных его этапов, органы по охране природы системы Госкомприроды СССР вправе предъявить иск предприятию-водопользователя за загрязнение водных объектов в соответствии с "Инструкцией о порядке взыскания в доход государства средств в возмещение убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства", утвержденной Минводхозом СССР 23.10.64 г., или применить другие санкции в соответствии с действующим законодательством.

I.20. Пересмотр и уточнение ранее установленных ПДС могут быть произведены как одновременно для совокупности предприятий, расположенных в бассейне реки в пределах водохозяйственного участка, в зоне деятельности местного комитета по охране природы, так и индивидуально, для каждого отдельного предприятия (отдельного выпуска).

I.21. Применительно к условиям сброса сточных вод в прибрежные воды морей ПДС устанавливается дифференцированно на каждом выпуске сточных вод:

а) для сбросов производственных и бытовых сточных вод в границах прибрежных районов водопользования, определенных в пп.3.9, 3.10, 4.7 "Правил" /4/, в моря или прибрежные охраняемые районы, объявленные заповедными в установленном законодательством Союза ССР и союзных республик порядке, а также имеющие особое государственное значение, либо научную или культурную ценность, использование которых запрещено полностью или частично Советом Министров СССР или Советом Министров союзной республики, ПДС устанавливается в соответствии с требованиями п. 5.5 "Правил" /4/, согласно которым водопользователи обязаны ликвидировать такие выпуски *или обеспечить отведение сточных вод за границы указанных районов*;

б) для сбросов сточных вод в прибрежных районах морей со специфическими гидрологическими условиями и неудовлетворительными с гигиенической точки зрения санитарными, гидрофизическими и топографогидрологическими особенностями, обусловливающими застойные явления или концентрацию загрязняющих веществ в прибрежных водах, ПДС определяется на основе отнесения требований и нормативов "Правил" /4/ *для* I-го *пояса зоны санитарной охраны к самим сточным водам* без учета возможного смешения и разбавления их морской водой;

в) для сбросов сточных вод в прибрежные воды моря в границах I-го пояса зоны санитарной охраны в случаях, которые определены п. 5.9 "Правил" /4/, расчеты ПДС для отдельных выпусков сточных вод водопользователей производятся с учетом степени смешения и разбавления биологически очищенных и обеззараженных сточных вод морской водой при условии соблюдения гидрохимических, санитарных и рыбохозяйственных требований и нормативов "Правил" /4/;

г) для сбросов сточных вод за пределами I-го пояса зоны санитарной охраны и прибрежных районов водопользования, оговоренных

в п.п. 3.9, 3.10, 4.7 "Правил" /4/, расчет ПДС для отдельных выпусков сточных вод водопользователей производится с учетом степени смешения и разбавления сточных вод морской водой при условии соблюдения рыбохозяйственных требований и нормативов в соответствии с п. 4.6 "Правил" /4/.

2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ (ПДС) ВЕЩЕСТВ

2.I. Достижение величин предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ требует проведения сложного дорогостоящего комплекса технических, экономических и организационных мероприятий. Поэтому установление величин ПДС должно предусматривать оптимизацию народнохозяйственных затрат на их достижение/36/.

2.2. Одним из важнейших условий оптимизации затрат в водном хозяйстве является применение бассейнового принципа установления ПДС. *При этом величины ПДС устанавливаются с учетом предельно* допустимых концентраций (ПДК) веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды, т.е. в соответствии с Примечанием к определению ПДС по ГОСТ I7.I.I.0I-77.

В связи со сложностью реализации расчета ПДС для совокупности предприятий, расположенных в бассейне реки или ее участка, требуется применение ЭВМ и проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ (ППП), обеспечивающих расчеты ПДС в соответствии с определением ПДС по ГОСТ I7.I.I.0I-77.

2.3. Величины ПДС могут устанавливаться без применения бассейнового принципа для отдельных водопользователей в следующих случа-

а) в водной объекте з районе выпуска сточных вод исчерпана ассимилирующая способность по каким-либо показателям, присутствующим в сбросе (см. п. I.II настоящей методики);

б) выпуск сточных вод расположен в черте населенного пункта (см. п. I.IO настоящей методики);

в) для выпуска сточных вод (как правило расположенного вдалеке от других выпусков) имеется достоверная информация о качестве воды выше сброса (фоновые концентрации).

Следует иметь в виду, что при установлении ПДС без применения бассейнового принципа каждый водопользователь использует всю ассимилирующую способность водного объекта, не оставляя запаса для нижележащих водопользователей, что влечет возрастание их расходов на водоохранные мероприятия.

2.4. Если величины ПДС рассчитываются без применения бассейнового принципа и отсутствует достоверная информация о качестве воды

выше сброса, то соблюдение нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов может быть гарантировано только при установлении ПДС, обеспечивающих выполнение требований к качеству речных вод в самих сточных водах. В этом случае существенно возрастают суммарные затраты водопользователей на водоохранные мероприятия, поскольку не полностью используется ассимилирующая способность водного объекта и исключается возможность оптимального распределения величин сбросов нормированных веществ между водопользователями речного бассейна.

2.5. Достижение ПДС должно гармонично сочетаться с общим экономическим развитием народного хозяйства на основе замены устаревших производственных процессов прогрессивными экологически безопасными технологиями, развитием оборотных систем водоснабжения, созданием малоотходных и безотходных производств, обеспечивая согласованное развитие производства и природопользования. Поэтому при расчете ПДС необходимо учитывать технико-экономические характеристики производства, системы очистки, а также оборотного или повторного использования воды каждого конкретного предприятия. В противном случае достижение рассчитанных величин ПДС будет технически неосуществимо либо экономически не эффективно. Следует обратить внимание на тот факт, что в большом количестве случаев создание оборотных систем влечет значительно меньшие затраты, чем очистка сточных вод до уровня ПДК, т.к. требования технического водоснабжения менее жесткие.

2.6. При расчете ПДС желательно учитывать совокупность всех основных факторов, влияющих на качество воды, с целью определения полного водомассобаланса водотока и водоема с учетом влияния сбросов и природных факторов.

2.7. Комплекс мероприятий, обеспечивающий достижение ПДС, должен обладать свойством поэтапной реализуемости (возможностью ввода водоохранных сооружений очередями), что позволяет последовательно улучшать качество воды в водных объектах при ограниченности наличных ресурсов на каждом этапе планирования.

3. РАСЧЕТ ПДС ДЛЯ ВОДОТОКОВ

3.1. Расчет величин ПДС для отдельных выпусков

3.1.1. Величины ПДС определяются для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных вод q' ($м^3$/час) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества $C_{пдс}$ (г/$м^3$). При расчете условий сброса сточных вод сначала определяется значение $C_{пдс}$, обеспечивающее нормативное качество воды в контрольных створах с учетом требований п. 1.14 настоящей методики, а затем определяется ПДС согласно формуле

$$ПДС = q' C_{пдс}. \qquad (3.1.1)$$

Необходимо подчеркнуть обязательность требования увязки сброса массы вещества, соответствующей ПДС, с расходом сточной воды, т.к., например, уменьшение расхода при сохранении величины ПДС будет приводить к концентрации вещества в водном объекте, превышающей ПДК.

Если фоновая концентрация загрязняющего вещества в водном объекте превышает ПДК, то $C_{пдс}$ определяется в соответствии с п. 1.11 настоящей методики, в противном случае для определения $C_{пдс}$ в зависимости от типа водного объекта используются расчетные формулы приведенные в разделах 3, 4, 5.

3.1.2 Основная расчетная формула для определения $C_{пдс}$ без учета неконсервативности вещества имеет вид

$$C_{пдс} = n (C_{пдк} - C_ф) + C_ф, \qquad (3.1.2)$$

где $C_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, г/$м^3$; $C_ф$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, определяемая в соответствии с / 8 /, г/$м^3$; n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке, равная произведению кратности начального разбавления $n_н$ на кратность основного разбавления n_o, т.е.

$$n = n_н \cdot n_o, \qquad (3.1.3)$$

С учетом неконсервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид

$$C_{пдс} = n\cdot(C_{пдк}\,e^{-kt} - C_y) + C_ф, \qquad (3.1.4)$$

где k – коэффициент неконсервативности, 1/сут; t – время добегания от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут. Значения коэффициента неконсервативности k принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры и скорости течения воды реки / 14 /.

При установлении ПДС по БПК расчетная формула имеет вид

$$C_{пдс} = n((C_{пдк} - C_{см})e^{-k_ср t} - C_ф) + C_ф, \qquad (3.1.4а)$$

где $k_ср$ – осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обусловливающих $БП_{полн.}$ фона и сточных вод, 1/сут; $C_{см}$ – $БПК_{полн.}$, обусловленная метаболитами и органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега / 14 /. Величина $C_{см}$ принимается: для горных рек – 0,5 + 0,6 г/м^3; для равнинных рек, протекающих по территории, почва которой не слишком богата органическими веществами – 1,7 + 2 г/м^3; для рек болотного питания или протекающих по территории, с которой смывается повышенное количество органических веществ – 2,3 + 2,5 г/м^3. Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то $C_{см}$ принимается равной нулю / 14 /.

При установлении ПДС по БПК с учетом требований к содержанию растворенного кислорода, а также при установлении ПДС по взвешенным веществам или при сбросе кислых, щелочных или термально загрязненных сточных вод рекомендуется использовать формулы, приведенные в / 14 /.

3.1.3. По методу Н.Н. Лапшева/11/кратность начального разбавления $n_н$ учитывается при выпуске сточных вод в водотоки в следующих случаях:

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

$$v_{ст} \geq 4\,v_р; \qquad (3.1.5)$$

– при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска, больших

2 м/с При меньших скоростях расчет начального разбавления не производится

Для единичного напорного выпуска кратность начального разбавления рассчитывается следующим образом вычисляются отношения

$$\frac{v_0}{v_p} - 1 = \frac{v_p + 0{,}15}{v_p} - 1, \quad m = \frac{v_p}{v_{ст}}, \qquad (3.1.6)$$

где v_0 - скорость на оси струи По номограмме (рис. 3.1) находится отношение $\frac{d}{d_0}$, где d - диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления, d_0 - диаметр выпуска Затем по номограмме (рис. 3.2) находится кратность начального разбавления n_N по известным величинам m и $\frac{d}{d_0}$.

Для рассеивающего напорного выпуска расчет осуществляется следующим образом Задавшись числом выпускных отверстий оголовка выпуска N_0 и скоростью истечения сточных вод из них $v_{ст} \geq 2{,}0$ м/с, определяют диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q}{\pi v_{ст} N_0}}, \qquad (3.1.7)$$

где q - суммарный расход сточных вод, $м^3/с$. Затем по номограмме (рис. 3.1) определяется отношение $\frac{d}{d_0}$ и найденное значение d, сравнивается с глубиной реки H. Если $d < H$, то по номограмме (рис 3.2) находят кратность начального разбавления n_N. Для случая сечения струи ($d > H$) соответствующая ему кратность разбавления n_{Nc} находится умножением найденной величины n_N на поправочный коэффициент $f(\frac{H}{d})$, который определяется из графика, приведенного на рис 3.3. Расстояние до граничного сечения зоны начального разбавления определяется по формуле

$$l_N = \frac{d}{0{,}48(1 - 3{,}12m)} \qquad (3.1.8)$$

Расход смеси сточных вод и воды водотока в том же сечении находится по формуле

$$q_{см} = n_N q, \qquad (3.1.9)$$

где q - расход сточных вод на выходе из отверстий или оголовков рассеивающего выпуска, $м^3/с$.

Средняя концентрация вещества в граничном сечении определяется по формуле

$$C_{ср} = C_ф - \frac{C_{ст} - C_ф}{n_N}, \qquad (3.1.10)$$

где $C_{ст}$ - концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, $г/м^3$.

Максимальная концентрация в центре пятна примеси в этом сечении равна

$$C_{max} = \frac{C_{ср}}{C_{нач}}. \qquad (3.1.11)$$

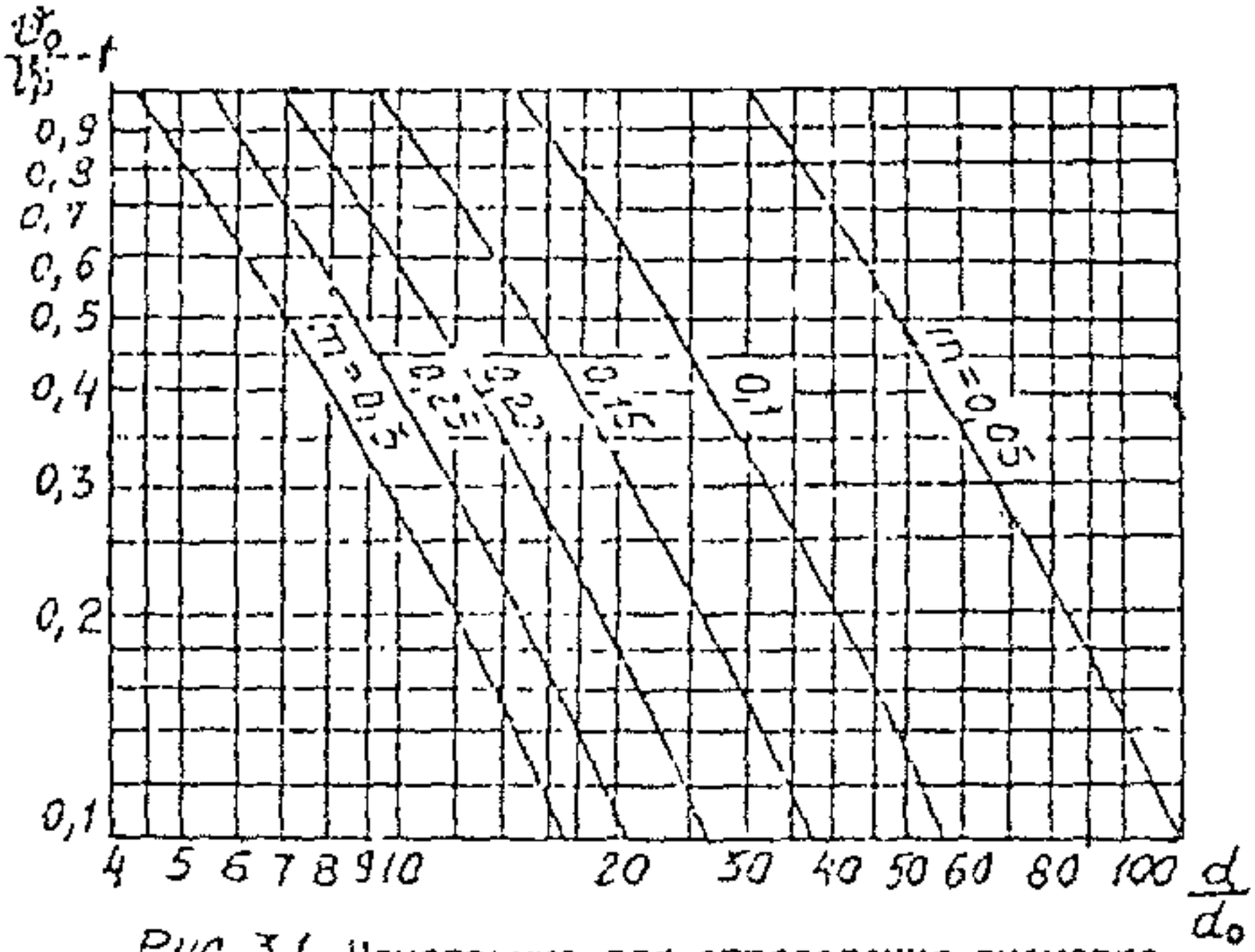

Рис. 3.1. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

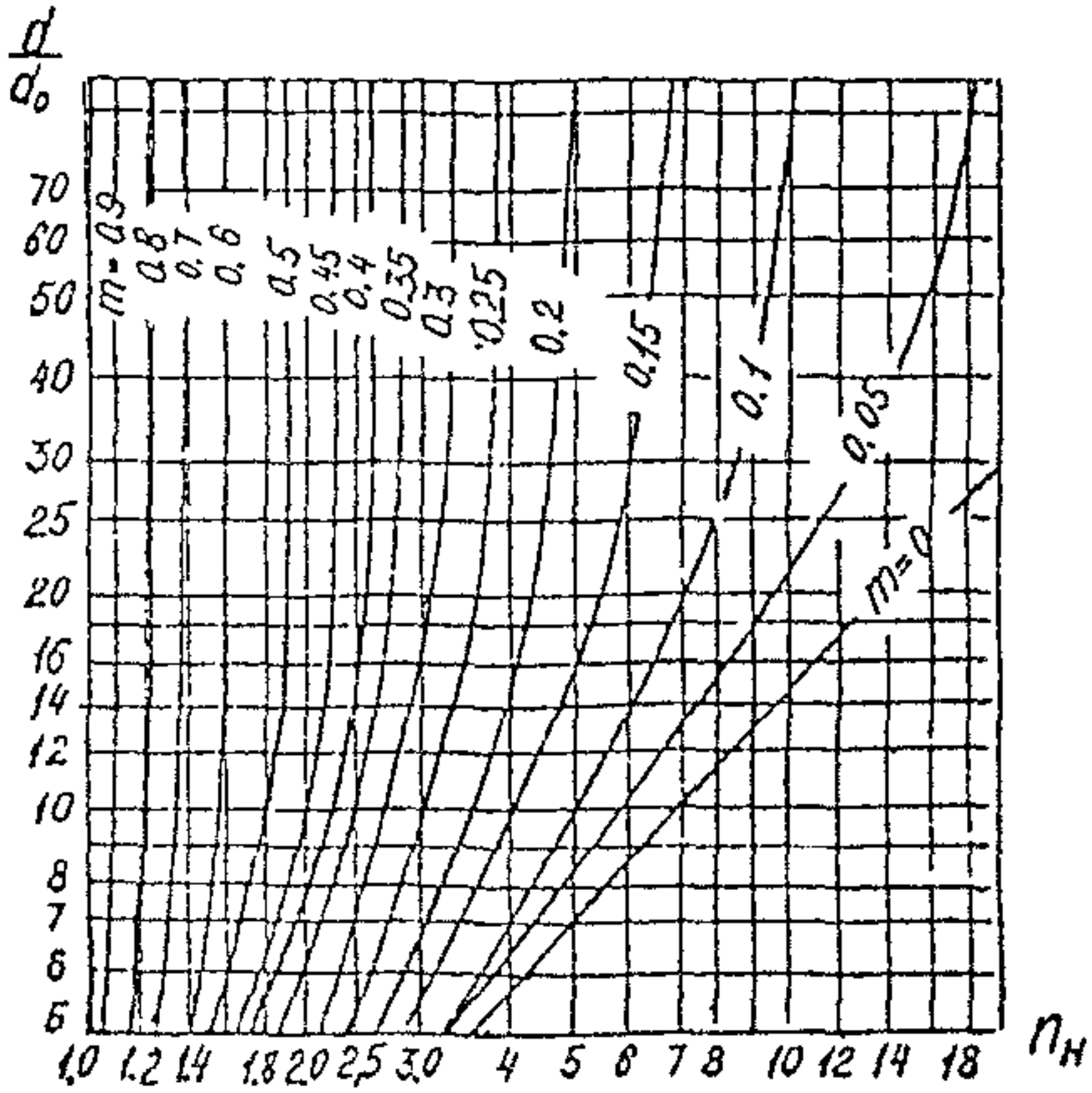

Рис. 3.2. Номограмма для определения начального разбавления в потоке

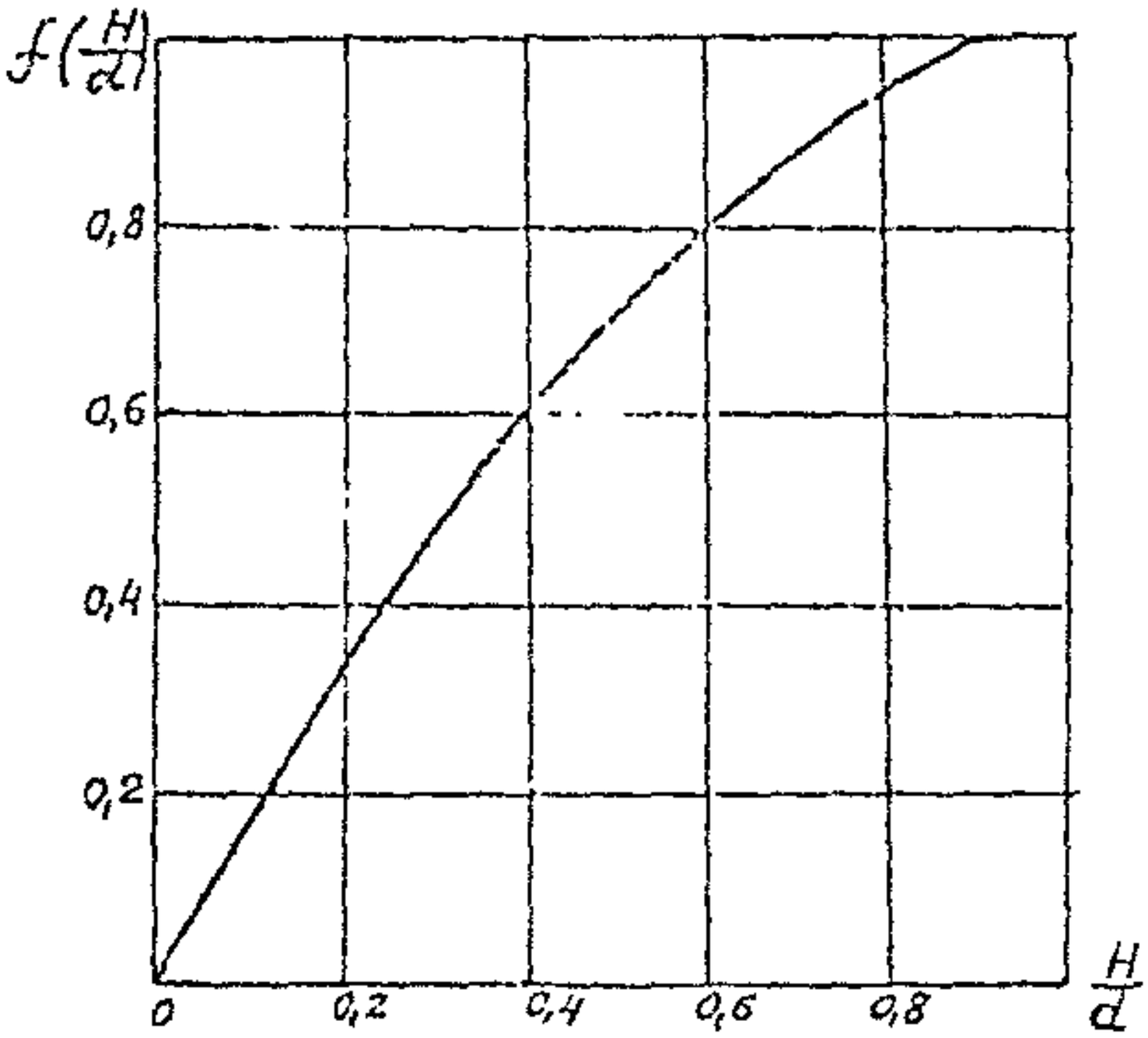

Рис. 3.3. Номограмма для определения поправочного коэффициента

3.I.4. Кратность основного разбавления n_o определяется по методу В.А. Фролова - И.Д.Родзиллера / I4 /

$$n_o = \frac{q + \gamma Q}{q}, \qquad (3.I.I2)$$

где Q - расчетный расход водотока, $м^3/с$; γ - коэффициент смешения, показывающий какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа

$$\gamma = \frac{1 - exp(-\alpha \sqrt[3]{l})}{1 + \frac{Q}{q} exp(-\alpha \sqrt[3]{l})} \qquad (3.I.I3)$$

где l - расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м; α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке

$$\alpha = \varphi \xi \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \qquad (3.I.I4)$$

где φ - коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = I$, при выпуске в стрежень реки: $\xi = I,5$); D - коэффициент турбулентной диффузии, $м^2/с$.

Для летнего времени

$$D = g\, v H / 37\, n_ш\, C^2, \qquad (3.I.I5)$$

где g - ускорение свободного падения, $g = 9,8I\ м/с^2$;
v - средняя скорость течения реки, м/с; H - средняя глубина реки, м; $n_ш$ - коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по таблице М.Ф.Срибного / I3 /; C - коэффициент Шези, $м^{I/2}/С$, определяемый по формуле Н.Н.Павловского (при $H \leq 5$ м)

$$C = R^y / n_ш, \qquad (3.I.I6)$$

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

$$y = 2,5\sqrt{n_ш} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_ш} - 0,1). \qquad (3.I.I7)$$

Для зимнего времени (периода ледостава)

$$D = g\, v R_{пр} / 37\, n_{пр} C^2_{пр}, \qquad (3.I.I8)$$

где $R_{пр}$, $n_{пр}$, $C_{пр}$ - приведенные значения гидравлического радиуса, коэффициента шероховатости и коэффициента Шези;

$$R_{пр} = 0,5H, \qquad (3.I.I9)$$

$$n_{пр} = n_э \left[1 + \left(\frac{n_л}{n_ш}\right)^{1,5}\right]^{0,67}, \qquad (3.I.20)$$

где $n_л$ - коэффициент шероховатости нижней поверхности льда по П.И.Белоконю / I4 /

$$C_{пр} = R_{пр}^{y_{пр}} / n_{пр} \quad , \qquad (3.1.21)$$

где $$y_{пр} = 2{,}5\sqrt{n_{пр}} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R_{пр}}(\sqrt{n_{пр}} - 0{,}1) . \qquad (3.1.22)$$

Для повышения точности расчетов вместо средних значений δ , H , $n_ш$ и C рекомендуется брать их значения в зоне непосредственного смешения сточной жидкости с речной водой.

Рассмотренный метод может применяться при соблюдении следующего неравенства:

$$0{,}025 \leq q / Q \leq 0{,}1 \qquad (3.1.23)$$

Если сточные воды и притоки могут поступать с обеих берегов реки, обеспечивая практически постоянную струйность речных вод вдоль каждого берега, то для расчетов концентраций веществ в максимально загрязненной струе рекомендуется использовать метод В.А. Фролова - И.Д.Родзиллера для случая впадения сточных вод с обеих берегов реки / 14 /.

3.1.5 Если не соблюдаются условия применимости метода В.А. Фролова - И.Д. Годзиллера, или в расчете необходимо учесть данные о накопленных загрязняющих веществ в донных отложениях, то рекомендуется использовать методы разработанные А.В. Караушевым,/ 15 /.

3.2. Расчет величин ПДС для бассейна реки или его участка

3.2.1. При сбросе сточных вод в водотоки ПДС веществ определяются из решения задачи математического программирования.

Критерий оптимальности – минимум суммарных приведенных затрат на достижение ПДС

$$\left\{ F(X) = \sum_{i=1}^{N} f_i(X_i) \right\} \longrightarrow \min_{X} , \qquad (3.2.1)$$

где $f_i(X_i)$ – приведенные затраты водопользователя на достижение ПДС, тыс.руб./год; $X_i = (X_{i1}, \ldots, X_{iR})$ – вектор оптимизируемых переменных, определяющий доли расхода сточных вод – $X_{i\tau}$, проходящие по различным технологическим маршрутам их очистки и использования, $\tau = 1, \ldots, R$; R – число технологических маршрутов очистки и использования сточных вод; N – число водопользователей.

3.2.2. Для формирования модели водного объекта водоток разбивается на секции с постоянным расходом, в пределах которых все параметры модели можно принять постоянными, границы секций совмещаются с местами сброса сточных вод, водозаборами, устьями притоков, створами, в которых контролируется качество воды, и местами резкого изменения гидрометрических характеристик водотока. При совпадении места водозабора с местом сброса сточных вод или устьем притока для этого водозабора вводится отдельная секция нулевой протяженности. Для каждого притока и основной реки помимо створов контроля качества воды необходимо указать расчетный створ в устье и начальный створ и качество воды в истоке реки. Все створы нумеруются последовательно от истока к устью для каждого притока и основной реки. Аналогично нумеруются расчетные секции.

3.2.3. Модель водного объекта

$$Y_k = A_{k,k-1} Y_{k-1} + \sum_{v \in V_k} A_{kv} Y_v + \sum_{i \in I_k} B_{ki} \frac{q_i}{Q_\ell} C_i , \quad \ell = \ell(l), \; k \in K , \qquad (3.2.2)$$

где K – множество номеров расчетных створов, в которых моделиру-

ется качество воды; Y_k – вектор показателей (концентраций веществ), характеризующих качество воды в створе k, г/м^3; Y_{k-1} – то же для предшествующего по течению створа $k-1$ (если $(k-1) \notin K$, то створ $k-1$ является начальным створом (истоком) реки и $Y_{k-1} = (C\varphi)_{k-1}$, где $(C\varphi)_{k-1}$ – вектор фоновых концентраций веществ в воде водотока в створа $k-1$, г/м^3); Y_v – то же для створа v, расположенного в устье притока, впадающего на участке $(k, k-1)$; C_i – вектор максимальных среднечасовых концентраций веществ в сточных водах выпуска i, г/м^3; q_i – расход сточных вод выпуска i, м^3/с; Q_α – расход воды реки в расчетной секции α, м^3/с; $\alpha(i)$ – номер расчетной секции, в начале которой расположен выпуск сточных вод водопользователя i, м^3/с; V_k – множество номеров створов, расположенных в устьях притоков, впадающих на участка $(k, k-1)$; I_k – множество номеров выпусков сточных вод, поступающих в водный объект на участке $(k, k-1)$; $A_{k,k-1}$, A_{kv} и B_{ki} – матрицы, характеризующие разбавление и трансформацию качества речных и сточных вод;

$$A_{km} = \prod_{j \in J_{km}} \zeta_j S_j, \; m \in K; \; B_{ki} = \prod_{j \in J_{k\alpha}} \zeta_j S_j, \; \alpha = \alpha(i), \; i \in I_k; \quad (3.2.3)$$

J_{km} – множество номеров расчетных секций с постоянными характеристиками потока, соединяющих створ m со створом k; $J_{k\alpha}$ – то же для сброса i; ζ_j – разбавление речных вод при переходе от секции j к следующей по течению данной реки секции $j+1$

$$\zeta_j = \begin{cases} 1, \text{ если секция } j \text{ последняя или } Q_{j+1} \le Q_j, \\ Q_j / Q_{j+1}, \text{ если } Q_{j+1} > Q_j; \end{cases} \quad (3.2.4)$$

$S_j = (s_j^{\gamma,\delta})$ – нижняя треугольная матрица, характеризующая самоочищение и трансформации веществ в водотоке на протяжении секции j. Диагональные элементы матрицы S_j определяются как / 12,13 /

$$s_j^{\gamma,\gamma} = e^{-k_\gamma t_j}, \quad (3.2.5)$$

где γ – индекс вещества (показателя); k_γ – коэффициент неконсервативности вещества γ, 1/сут; t_j – время перемещения воды в водотоке на протяжении секции j, сут. Внедиагональные элементы матрицы характеризуют переход одних соединений в другие или потребление веществ при химических реакциях / 24 /. В простейшем случае

внедиагональные элементы матрицы равны нулю для всех показателей, кроме растворенного кислорода, для которого внедиагональный элемент имеет вид

$$S_j^{\tau,\xi'} = -\frac{k}{k_\tau - k_{\xi'}}\left(S_j^{\tau',\tau'} - S_j^{\tau,\tau'}\right), \qquad (3.2.6)$$

где ξ' – индекс $БПК_{полн.}$; τ' – индекс растворенного кислорода. При расчете концентрации растворенного кислорода в соответствующее ему уравнение в системе (3.2.2) также добавляется член, характеризующий насыщение речной воды атмосферным кислородом

$$k_{\kappa,\kappa-1} = H_a \sum_{\rho \in J_{\kappa,\kappa-1}} \zeta_\rho \left(1 - S_\rho^{\tau',\tau'}\right) \prod_{j \in J^*_{\kappa\rho}} \zeta_j S_j^{\tau',\tau'}, \qquad (3.2.7)$$

где H_a – растворимость кислорода в 1 $м^3$ воды при расчетной температуре, $г/м^3$; $J^*_{\kappa\rho}$ – множество номеров расчетных секций, соединяющих секцию ρ со створом κ.

3.2.4. Модель водного объекта (3.2.2)–(3.2.7) предполагает полное и мгновенное смешение речных и сточных вод и предназначена для расчета водоохранных мероприятий на перспективу, когда учет степени смешения речных и сточных вод затруднителен из-за отсутствия исходных данных. При расчетах на ближайший период, а также при наличии необходимых данных при перспективных расчетах, для учета степени смешения речных и сточных вод может быть применен описанный выше (п.3.1.4) метод В.А. Фролова – И.Д.Родзиллера либо другие упрощенные методы расчета разбавления / 14,15/.

3.2.5. Требования к качеству воды:

$$\begin{cases} y_{\kappa\xi} \le ПДК_{\kappa\xi}, \ \kappa \in K_1 & \text{для БПК, минерализации и других показателей, не оказывающих аддитивного воздействия,} \\ y_{\kappa\xi} \ge ПДК_{\kappa\xi}, \ \kappa \in K_1 & \text{для растворенного кислорода,} \\ \sum\limits_{\xi \in \Xi_\rho} \dfrac{y_{\kappa\xi}}{ПДК_{\kappa\xi}} \le 1, \ \rho \in P_\kappa, \ \kappa \in K_1 & \text{для показателей нормируемых по лимитирующим признакам вредности (ЛПВ),} \end{cases} \qquad (3.2.8)$$

где $ПДК_{\kappa\xi}$ – предельно допустимая концентрация вещества ξ в створе κ; Ξ_ρ – множество номеров показателей, нормируемых по лимитирующему признаку вредности ρ; P_κ – множество ЛПВ, определяемых нормативными требованиями к качеству воды в створе κ;

K_i – множество номеров створов, в которых контролируется качество воды.

3.2.6. Модель комплекса водоохранных мероприятий

$$f_i(x_i) = \varphi_i^r \sum_{\gamma=1}^{R} d_{i\gamma}^{o} x_{i\gamma}, \qquad (3.2.9)$$

$$c_i = \sum_{\gamma=1}^{R} c_{i\gamma}^{o} \cdot x_{i\gamma}, \qquad (3.2.10)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{R} x_{i\gamma} = 1, \qquad (3.2.11)$$

где $d_{i\gamma}$ – приведенные затраты, соответствующие технологическому маршруту γ очистки или использования сточных вод, руб./м^3;
φ_i^r – расход сточных вод выпуска i, тыс.м^3/год;
$c_{i\gamma}^{o}$ – вектор концентраций веществ в сточных водах выпуске i с расходом φ_i после прохождения технологического маршрута γ по очистке сточных вод.

3.2.7. В качестве альтернативных технологических маршрутов обработки сточных вод в модели (3.2.9) – (3.2.11) могут рассматриваться как обобщенные варианты водоохранных мероприятий для различных категорий сточных вод по отраслям народного хозяйства, так и специальные варианты водоохранных мероприятий для конкретных водопользователей. Необходимые для проведения расчетов усредненные технико-экономические характеристики типовых водоохранных мероприятий могут быть приняты по справочной литературе /23-32/, либо по материалам научных, проектных и конструкторско-технологических институтов.

3.2.8. При наличии данных о зависимости затрат на водоохранные мероприятия от расхода обрабатываемых сточных вод для расчетов может быть использована более сложная модель, отличающаяся формой записи затрат на водоохранные мероприятия, – выражение (3.2.9) заменяется следующим

$$f_i(x_i) = \sum_{\gamma=1}^{R} \sum_{j \in J_{i\gamma}} D_{ij}^{o} \left(\varphi_i^c \sum_{\mu \in M_{ij}} x_{i\mu} \right)^{\alpha_{ij}^{o}} x_{i\gamma}, \qquad (3.2.12)$$

где $J_{i\gamma}$ – множество входящих в технологический маршрут γ агрегатов (очистных сооружений) обработки сточных вод; M_{ij} – множество технологических маршрутов, включающих агрегат j; φ_i^c – расход сточных вод выпуска i, тыс.м^3/сут; D_{ij}, α_{ij}^{o} – коэффици-

енты аппроксимации. Модель (3.2.10) – (3.2.12) реализована в системе ОКЮПЛАН / 23 /. Для решения задачи используется специальный итеративный алгоритм.

3.2.9. В результате решения задачи оптимизации (3.2.1.) – (3.2.11) определяются оптимальные доли расхода сточных вод, проходящие по различным технологическим маршрутам очистки и использования x_i^*, $i = 1, \ldots, N$ и соответствующие им величины расходов обрабатываемых сточных вод.

$$q_{ir}^* = q_i x_{ir}^*, \quad r = 1, \ldots, R, \quad i = 1, \ldots, N, \qquad (3.2.13)$$

где r – номер технологического маршрута очистки или использования сточных вод; R – число технологических маршрутов.

3.2.10. Концентрации веществ в сточных водах выпуска i рассчитываются по формуле

$$c_{пдс,i} = \sum_{r=1}^{R} c_{ir}^{o} x_{ir}^{*}, \quad i = 1, \ldots, N, \qquad (3.2.14)$$

где c_{ir}^{o} – концентрации веществ в сточных водах выпуска i с расходом $q_i x_{ir}^{o}$ после прохождения технологического маршрута r по очистке сточных вод, г/м^3.

3.2.11. ПДС веществ на выпуске сточных вод, обеспечивающие соблюдение нормативного качества воды в контрольных створах при оптимальном распределении массы сбрасываемых веществ между отдельными водопользователями определяются как

$$ПДС_i = q_i' c_{пдс,i}, \quad i = 1, \ldots, N, \qquad (3.2.15)$$

где q_i' – расход сточных вод выпуска i, м^3/час.

4. РАСЧЕТ ЦДС ДЛЯ ВОДОХРАНИЛИЩ И ОЗЕР

4.1. Расчет величин ЦДС для отдельных выпусков

4.1.1. Величины ЦДС для выпусков сточных вод в водохранилища и озера определяются в соответствии с п. 3.1.1. по приведенным ниже расчетным формулам, аналогичным формулам п. 3.1.2.

Основная расчетная формула для определения $C_{ндс}$ без учета неконсервативности вещества имеет вид

$$C_{ндс} = n(C_{ндк} - C_ф) + C_ф. \qquad (4.1.1)$$

где $C_{ндк}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема, г/м^3; $C_ф$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема в месте выпуска сточных вод, определяемая в соответствии с / 8 /, г/м^3; n – кратность общего разбавления сточных вод в водоеме, определяемая по формуле (3.1.3)

С учетом неконсервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид

$$C_{ндс} = n(C_{ндк} e^{kt} - C_ф) + C_ф \qquad (4.1.2)$$

где k – коэффициент неконсервативности, 1/сут; t – время перемещения сточных вод под влиянием течения от места их выпуска до расчетного створа, сут. Значения коэффициента неконсервативности k принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры воды и скорости течения в водоеме / 14 /.

При установлении ЦДС по БПК расчетная формула имеет вид

$$C_{ндс} = n((C_{ндк} - C_{см})e^{k_0 t} - C_ф) + C_ф \qquad (4.1.2а)$$

где k_0 – осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обусловливающих $БПК_{полн.}$ фона и сточных вод, 1/сут; $C_{см}$ – $БПК_{полн.}$, обусловленная метаболитами и органическими веществами, смываемыми в водоем атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега / 14 /. Величина $C_{см}$ принимается: для горных водоемов – 0,6 ÷ 0,8 г/м^3; для равнинных водоемов, расположенных на территории, почва которой не слишком богата органическими веществами – 1,7 ÷ 2 г/м^3; для водоемов, расположенных на

болотистой территории, или территории с которой смывается повышенное количество органических веществ – 2,3 + 2,5 г/м^3. Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то $C_{ст}$ принимается равной нулю / I4 /.

При установлении ПДС по БПК с учетом требования к содержанию растворенного кислорода, а также при установлении ПДС по взвешенным веществам или при сбросе кислых щелочных или термально загрязненных сточных вод рекомендуется использовать формулы, приведенные в / I4 /.

4.I.2. При наличии в водоеме устойчивых ветровых течений для расчета кратности общего разбавления n может быть использован метод И.А.Руффеля / I4 /. В расчетах по этому методу рассматриваются два случая:

а) 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;

б) 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 И.А. Руффеля имеет следующие ограничения: глубина зоны смешения не превышает I0 м, расстояние от выпуска до контрольного створа вдоль берега в первом случае не превышет 20 км, расстояние от выхода сточных вод до берега против выпускного оголовка во втором случае не превышает 0,5 км.

Кратность общего разбавления определяется по формуле (3.I.3). Кратность начального разбавления вычисляется следующим образом:

– при выпуске в мелководье, или в верхнюю треть глубины

$$n_н = \frac{q + 0{,}00215 \cdot v \cdot H_{ср}^2}{q + 0{,}000215 \cdot v \cdot H_{ср}^2}, \qquad (4.I.3)$$

где q – расход сточных вод выпуска, м^3/с; v – скорость ветра над водой в месте выпуска сточных вод, м/с; $H_{ср}$ – средняя глубина водоема вблизи выпуска, м; значение $H_{ср}$ определяется в зависимости от средней глубины водоема H_0 следующим образом: при H_0 =3 + 4м на участке протяженностью I00 м; при H_0 =5 + 6 м на участке протяженностью I50 м; при H_0 =7 + 8 м на участке протяженностью 200м; при H_0 =9 + I0 м на участке протяженностью 250 м;

– при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_к = \frac{q + 0{,}00159 \cdot V \cdot H_{ср}^{2}}{q + 0{,}000079 \cdot V \cdot H_{ср}^{2}} . \qquad (4.I.4)$$

Кратность основного разбавления вычисляется следующим образом:

– при выпуске в волководье или в верхнюю треть глубины

$$n_o = 1 + 0{,}412 (l/\Delta x)^{0{,}627 + 0{,}0021 l/\Delta x}, \qquad (4.I.5)$$

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

$$\Delta x = 6{,}53 H_{ср}^{1{,}17}; \qquad (4.I.6)$$

– при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_o = 1{,}85 + 2{,}32 (l/\Delta x)^{0{,}41 + 0{,}0064 l/\Delta x}, \qquad (4.I.7)$$

$$\Delta x = 4{,}41 H_{ср}^{1{,}17}. \qquad (4.I.8)$$

4.I.3. Если не выполняется условия применимости метода М.А.Грффеля, то расчет кратности начального разбавления $n_н$ выполняется согласно п. 3.I.3. Расчет кратности основного разбавления может быть выполнен численным методом А.В.Караушева / I4 /.

При наличии в водоеме устойчивых течений расчет кратности основного разбавления может быть проведен с использованием аналитического решения уравнения турбулентной диффузии для сосредоточенного выпуска сточных вод / I7 /;

$$n_o = \frac{\varphi(z_1)}{\beta_0 z_2}, \qquad (4.I.9)$$

где

$$z_1 = \frac{l + x_0}{x^* + x_0}, \qquad (4.I.10)$$

$$z_2 = \frac{q \cdot n_н}{l L_н H_{ср}^{2}}, \qquad (4.I.11)$$

$$\varphi(z_1) = \begin{cases} z_1 & \text{при } z_1 \le 1, \\ \sqrt{z_1} & \text{при } z_1 > 1, \end{cases} \qquad (4.1.12)$$

$$x^* = \frac{u_м H_{ср}^2}{4\pi D} - x_0, \qquad (4.1.13)$$

$$x_0 = \begin{cases} \dfrac{q^2 n_н^2}{4\pi D u_м H_{ср}^2} - l_н, & \text{если } z_1 \le 1, \\ \dfrac{q n_н}{4\pi D} - l_н, & \text{если } z_1 > 1, \end{cases} \qquad (4.1.14)$$

$$\gamma_0 = [1 + exp(-\frac{u_м l_0^2}{D(l+x_0)})], \qquad (4.1.15)$$

где x^* – параметр сопряжения участка 2-х мерной диффузии с участком 3-х мерной диффузии, H , x_0 – пареметр сопряжения начального участка разбавления с основным участком; γ_0 – параметр, учитывающий влияние ближайшего берега на кратность основного разбавления; $u_м$ – характерная минимальная скорость течения в водоеме в месте сброса, соответствующая неблагоприятной гидрологической ситуации, м/с; l_0 – расстояние выпуска от ближайшего берега, H ; $l_н$ – длина начального участка разбавления, рассчитываемая по формуле (3.1.8), м; D – коэффициент турбулентной диффузии, $м^2/с$, определяемый по формулам (3.1.15), (3.1.18) в которых вместо средней скорости течения, глубины и коэффициента шероховатости ложа реки принимаются, соответственно, характерная минимальная скорость течения в водоеме $u_м$, средняя глубина водоема вблизи выпуска. $H_{ср}$ и коэффициент шероховатости ложа водоема в зоне течения.

4.1.4. Если ветровые течения в водоеме имеют регулярно попеременное направление либо берега водоемов имеют неспокойную линию, а выпуск осуществляется в заливную или мысовую часть, либо зимой после ледостава отсутствуют ветровые течения, то описанные выше методы неприменимы. В этих случаях необходимо разрабатывать с участием специализированных научно-исследовательских институтов методы расчета ориентированные на решение конкретных задач.

4.2. Расчет величин ПДС для совокупности выпусков

4.2.1. Совокупность выпусков сточных вод для водоема составляют выпуски, сточные воды которых сбрасываются непосредственно в водоем.

4.2.2. Реки впадающие в водоем следует рассматривать как береговые выпуски сточных вод. При этом концентрации веществ в устьях рек определяются заранее или описываются уравнением вида (3.2.2).

4.2.3. ПДС для всех выпусков из рассматриваемой совокупности определяются из решения задачи математического программирования. Критерий оптимальности - минимум суммарных приведенных затрат на достижение ПДС вида (3.2.1).

4.2.4. Модель водного объекта

$$Y_к = Y_ф + \sum_{i \in I_к} (C_i - Y_ф) \frac{1}{n_{i,к}} , \qquad (4.2.1)$$

где $Y_к$ - вектор показателей (концентраций веществ), характеризующих качество воды в створе к , $г/м^3$; $Y_ф$ - вектор фоновых концентраций веществ в водоеме, $г/м^3$; C_i - вектор максимальных среднечасовых концентраций веществ в сточных водах выпуска i , $г/м^3$; $n_{i,к}$ - кратность разбавления сточных вод выпуска i на пути до створа к ; $I_к$ - множество номеров выпусков, оказывающих влияние на качество воды в створе к .

4.2.5. Для расчета фоновых концентраций веществ в водоеме принимается, что они формируются в результате поступления нормированных веществ от всех источников и влияния внутриводоемных факторов, *одинаковы в любом створе водоема (приближение полного перемешивания)* и описываются системой уравнений

$$AY_ф = \sum_{i \in I} C_i q_i , \qquad (4.2.2)$$

где A - матрица, коэффициенты которой отражают процессы трансформации веществ в водоеме; I - множество номеров всех источников поступления нормированных веществ; q_i - расход сточных вод выпуска i , $м^3/с$.

4.2.6. Матрица коэффициентов трансформации имеет следующую структуру

$$A = \begin{bmatrix} A_I & 0 \\ 0 & A_I \end{bmatrix}, \qquad (4.2.3)$$

где

$$A_I = \begin{bmatrix} a_1 & -\alpha_0'(a_4-a_0) & -\alpha_0'(a_4-a_0) & -\alpha_0'(a_4-a_0) & 0 \\ -\alpha_0(a_1-a_0) & a_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -(a_2-a_4) & a_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -(a_3-a_4) & a_4 & 0 \\ \gamma_1(a_1-a_0) & \gamma_2(a_2-a_4) & \gamma_3(a_3-a_4) & 0 & a_5 \end{bmatrix}, \qquad (4.2.4)$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_6 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & a_m \end{bmatrix}, \qquad (4.2.5)$$

где a_ξ – коэффициенты трансформации веществ в водохранилище, $м^3/с$; значениям ξ соответствуют следующие показатели: $\xi = 0$ – азот общий, $\xi = 1$ – $БПК_{полн.}$, $\xi = 2$ – азот аммонийный, $\xi = 3$ – азот нитритов, $\xi = 4$ – азот нитратов, $\xi = 5$ – растворенный кислород, $\xi = 6, \dots, m$ – остальные показатели; α_0 – коэффициент характеризующий соотношение между $БПК_{полн.}$ и органическим азотом в воде водоема; γ_1 – коэффициент пересчета $БПК_{полн.}$ в $БПК_5$ в воде водоема; γ_2, γ_3 – соответственно коэффициенты стехиометрической эквивалентности аммонийный азот – кислород и нитритный азот – кислород, $\gamma_2 = 3,43$, $\gamma_3 = 1,14$. Коэффициенты α_0 и γ_1, не являются универсальными и должны оцениваться для каждого конкретного водоема на основе калибрации модели по данным наблюдений.

4.2.7. Матрица A_I описывает внутренний круговорот биогенных элементов в водном объекте. Поскольку для водоемов время водообмена, как правило, превышает характерное время обращения биогенных элементов по указанному циклу, то моделируемая в нем группа показателей – $БПК_{полн.}$, азот аммонийный, азот нитритов и азот нитратов должна рассчитываться только совместно. Изолированный расчет этих показателей или расчет для неполной группы могут привести к значительному занижению расчетных концентраций и, следовательно, к установлению недостаточно жестких ПДС.

4.2.8. Коэффициенты трансформации вычисляются по формуле

$$a_\xi = W_в k_\xi / \kappa_c - \sum_{j \in J} Q_j ; \qquad (4.2.6)$$

где k_j – коэффициент неконсервативности (для растворенного кислорода вместо коэффициента неконсервативности используется константа реаэрации), 1/сут; $W_в$ – объем заполнения водоема (водохранилища), км^3; κ_c – коэффициент приведения размерности в м^3/с, $\kappa_c \approx 0{,}64 \cdot 10^{-5}$; Q_j – расход водозабора или вытекающей из водоема реки, м^3/с; J – множество номеров мест изъятия воды из водоема, включая водозаборы и вытекающие из водоема реки.

4.2.9. При расчете концентрации растворенного кислорода в правую часть соответствующего уравнения системы (4.2.2) добавляется член

$$W_в k_5 H_a / \kappa_c , \qquad (4.2.7)$$

где H_a – растворимость кислорода в 1 м^3 воды при расчетной температуре, г/м^3.

4.2.10. Кратность разбавления $n_{j,k}$ определяется по формуле (3.1.3) как произведение кратности начального разбавления $n_н^{j,k}$ и кратности основного разбавления $n_o^{j,k}$. Величины $n_н^{j,k}$ определяются по формулам (4.1.3), (4.1.4) или, если не выполняются условия применимости метода М.А.Грифеля, согласно п. 3.1.3. Величины $n_o^{j,k}$ определяются по формулам (4.1.9) – (4.1.15) или численным методом А.В.Караушева / 14 /.

4.2.11. Модель комплекса водоохранных мероприятий при расчете ПДС веществ в водоемы полностью совпадает с описанной ранее моделью (3.2.9) – (3.2.11) комплекса водоохранных мероприятий для случая расчета ПДС веществ в водотоки.

4.2.12. В результате решения задачи оптимизации (3.2.1), (4.2.1), (4.2.2), (3.2.8) – (3.2.11) определяются оптимальные доли расхода сточных вод, проходящие по различным технологическим маршрутам очистки и использования $x_i^*, i = 1, \ldots, N$. После этого по формулам (3.2.13) – (3.2.15) определяются величины расходов сбрасываемых сточных вод – q_{iz}^*, концентрации веществ в сточных водах – $C_{ПДС}$ и ПДС веществ на выпусках сточных вод – ПДС $_i$, $i = 1, \ldots, N$.

5. Расчет ПДС для прибрежных зон морей

5.1. Расчет величин ПДС для отдельных выпусков

5.1.1. Расчет ПДС веществ для выпусков сточных вод в море производится в тех случаях, когда Правилами /3/ допускается отведение сточных вод в морскую среду, при этом величины ПДС определяются в соответствии с п.3.1.1 по приведенным ниже формулам.

5.1.2. Выпуск, удаленный от других выпусков на расстояние более 5 км вдоль линии берега, может рассматриваться как отдельный (изолированный выпуск).

5.1.3. С учетом разбавления сточных вод в морских водах концентрация вещества в сточных водах $C_{пдс}$ определяется по формуле:

$$C_{пдс} = n(C_{пдк} - C_{ф}) + C_{ф} \quad , \qquad (5.1.1)$$

где $C_{пдс}$ – предельно допустимая концентрация вещества в морской воде, отвечающая лимитирующему виду водопользования, г/м^3; n – кратность общего разбавления сточных вод в море при их переносе течением от места выпуска до ближайшей границы морских районов водопользования, определяемых пп. 3.9, 3.10 и 4.6 Правил /4/; $C_{ф}$ – фоновая концентрация вещества, характеризующая степень загрязнения морской воды данным веществом вне зоны влияния выпуска сточных вод (на расстоянии более 5 км от выпуска), г/м^3.

5.1.4. Кратность общего разбавления n определяется по формуле (3.1.3) и зависит от гидрологических условий района размещения выпуска сточных вод и его конструктивных характеристик. Поэтому при установлении ПДС следует учитывать возможность оптимизации конструкции оголовка и места выпуска сточных вод для уменьшения затрат на очистку сточных вод.

5.1.5. Известные методики определения кратности начального разбавления позволяют производить расчет ее величины независимо от типа выпуска (сосредоточенный или рассеивающий), так как конструкции выпусков обеспечивают отсутствие взаимного влияния струй сточных вод в зоне начального разбавления.

На процесс перемешивания сточных вод в этой зоне существенное влияние оказывают силы плавучести, если плотность сточных вод существенно отличается от плотности морской воды. По этой причине применяют разные методы расчета кратности начального разбавления в зависимости от величины числа Фруда:

$$F_r = \frac{v_{ст}}{\sqrt{\frac{g d_0}{\rho_м} |\rho_м - \rho_{ст}|}}, \qquad (5.1.2)$$

где d_0 - диаметр выпускного отверстия, м; g - ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с^2; $\rho_м$ - плотность морской воды в месте сброса сточных вод, т/м^3; $\rho_{ст}$ - плотность сточной воды, т/м^3; $v_{ст}$ скорость истечения сточной воды из выпускного отверстия, м/с, вычисляемая по расходу сточных вод:

$$v_{ст} = \frac{4 \cdot q}{N_0 \cdot \pi d_0^2}, \qquad 5.1.3)$$

где q - расход сточных вод, м^3/с; N_0 - число выпускных отверстий оголовка выпуска; $\pi = 3,14$.

5.1.6. Если сточная вода легче морской ($\rho_{ст} < \rho_м$) и расчетная величина F_r удовлетворяет условию:

$$F_r \leq 1,12 \frac{H_в}{d_0}, \qquad (5.1.4)$$

где $H_в$ - расстояние (по вертикали) от выпуска до поверхности моря, и, то кратность начального разбавления, можно определить по формуле Рама-Цодерсала:

$$n_н = 0,54 F_r \left(\frac{0,31 H_в}{d_0 \cdot F_r} + 0,66\right)^{1,67}. \qquad (5.1.5)$$

5.1.7. Если сточная вода тяжелее морской ($\rho_{ст} > \rho_м$) и расчетная величина F_r удовлетворяет условию

$$F_r \leq \frac{0,434 \cdot H_в}{d_0 (\sin\varphi)^{1,3}}, \qquad (5.1.6)$$

где φ - угол истечения струи сточных вод из выпускного отверстия относительно горизонта, расчет кратности начального разбавления выполняется по методике Н.Н.Жилова /10/:

$$n_н = 0,524 \cdot \cos\varphi \sqrt{\sin\varphi} \cdot F_r \cdot F. \qquad (5.1.7)$$

Здесь F - параметр, зависящий от угла φ и определяемый по табл. 5.1.

Таблица 5.I

Значения функции F при различных углах наклона φ оголовка выпуска

φ	F	φ	F	φ	F
5°	I,00	35°	I,I7	65°	2,0I
I0°	I,0I	40°	I,23	70°	2,42
I5°	I,03	45°	I,3I	75°	3,I2
20°	I,05	50°	I,42	80°	4,55
25°	I,08	55°	I,55	85°	8,9I
30°	I,I2	60°	I,74		

5.I.8. Если сточная вода легче морской, но не выполняется условие (5.I.4), или сточная вода тяжелее морской, но не выполняется условие (5.I.6), или же плотность сточной воды равна плотности морской воды в месте сброса, расчет кратности начального разбавления выполняется методом Н.Н.Лапшова

$$n_н = \frac{0{,}425 \cdot U_{ст} \cdot f}{0{,}05 I + U_м}, \qquad (5.I.8)$$

где $U_м$ – характерная минимальная скорость течения морских вод в месте сброса, м/с; f – параметр, учитывающий стеснение струи сточных вод при их сбросе на мелководье.

Параметр f определяется следующим способом. Вычисляется сначала диаметр струи сточных вод d в конце зоны начального разбавления по формуле

$$d = U_{ст} \cdot d_0 \sqrt{\frac{38.6\left(1 - \frac{U_м}{U_{ст}}\right)}{0{,}05 I + U_м}}. \qquad (5.I.9).$$

Если величина d не превышает глубины моря в месте сброса H, то $f = I$, в противном случае

$$f = 1{,}125\frac{H}{d} - 0{,}781\frac{H^2}{d^2} - 0{,}0038 \qquad (5.I.I0)$$

5.I.9. При наличии устойчивой стратификации морской среды по плотности для расчета кратности начального разбавления могут использоваться модели, описывающие поведение струи в стратифицированной среде /I6,25/.

5.I.I0. В любом случае, если расчетная кратность начального разбавления n_N окажется меньше единицы, то для дальнейших вычислений следует принять $n_N = I$.

5.I.II. Расчеты кратности основного разбавления основаны на решении уравнения турбулентной диффузии и могут выполняться численным или аналитическим методами.

Численный метод решения уравнения турбулентной диффузии подробно рассмотрен в работе А.В.Караушева /I4I5/. Расчет кратности основного разбавления может также быть проведен с использованием аналитического решения уравнения турбулентной диффузии для сосредоточенного выпуска сточных вод в море /I7/

$$n_0 = \frac{\varphi(Z_1)}{\gamma_0 Z_2}, \qquad (5.I.II)$$

где

$$Z_1 = \frac{\ell + \gamma_0}{\chi^* + \gamma_0}, \qquad (5.I.I2)$$

$$Z_2 = \frac{g \cdot n_N \sqrt{D_B}}{U_M \cdot H_{cp}^2 \sqrt{D_r}}, \qquad (5.I.I3)$$

$$\varphi(Z_1) = \begin{cases} Z_1, & \text{при } Z_1 \le 1, \\ \sqrt{Z_1}, & \text{при } Z_1 > 1, \end{cases} \qquad (5.I.I4)$$

$$\chi^* = \frac{U_M \cdot H_{cp}^2}{4\pi \cdot D_B} - \gamma_0, \qquad (5.I.I5)$$

$$\gamma_0 = \begin{cases} \dfrac{g^2 n_N^2}{4\pi D_r U_M H_{cp}^2} - \ell_N, & \text{если } Z_2 \le 1, \\ \dfrac{g n_N}{4\pi \sqrt{D_r D_B}} - \ell_N, & \text{если } Z_2 > 1, \end{cases} \qquad (5.I.I6)$$

$$\gamma_0 = \left[1 + \exp\left(-\frac{U_M \ell_0^2}{D_r(\ell + \gamma_0)}\right)\right], \qquad (5.I.I7)$$

где ℓ – расстояние от выпуска до ближайшей границы района водопользования (контрольного створа), м; X_0 – параметр сопряжения начального участка разбавления с основным участком, м; $U_м$ – скорость морского течения, соответствующая неблагоприятной гидрологической ситуации, м/с; X^* – параметр сопряжения участка 2-х мерной диффузии с участком 3-х мерной диффузии, м; $D_в$ и $D_г$ – соответственно коэффициенты вертикальной и горизонтальной турбулентной диффузии, $м^2/с$; $H_{ср}$ – средняя глубина моря в месте выпуска, м ; $\ell_н$ – длина начального участка разбавления, м; γ_0 – параметр, учитывающий влияние берега на кратность основного разбавления; ℓ_0 – расстояние выпуска от берега, м.

Отличие формул (5.I.II) – (5.I.I7) от аналогичных формул (4.I.9) – (4.I.I5) связано с тем, что для прибрежной зоны моря по сравнению с водоемами характерна анизотропия коэффициентов турбулентной диффузии. При этом коэффициент горизонтальной диффузии, как правило, существенно больше, чем коэффициент вертикальной турбулентной диффузии.

В расчетах кратности основного разбавления при отсутствии данных о коэффициентах диффузии для конкретного района расположения выпуска следует использовать значение коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии $D_г$, определяемое по формуле Л.Д.Пухтяра и Ю.С.Осипова /I8/:

$$Dr = 0{,}032 + 2{,}1\,\ell\,U_м^2. \qquad (5.I.I8)$$

Значение коэффициента вертикальной турбулентной диффузии можно принимать равным $D_в = 5 \cdot 10^{-4}$ $м^2$ /I9/.

Величина $\ell_н$ в зависимости от условий п.5.I.6 – 8 определяется как

$$\ell_н = \begin{cases} H_{ср}, & \text{для условий п.5.I.6,} \\ 5{,}36\cos\varphi\sqrt{\sin\varphi}\;F_r \cdot d_0, & \text{для услови. п.5.I.7, (5.I.I9)} \\ \dfrac{d-d_0}{0{,}48\left(1-3{,}12\dfrac{U_м}{U_{кр}}\right)}; & \text{для условий п.5.I.8.} \end{cases}$$

Формулы (5.I.I2 – 5.I.I7) применяются, когда перенос сточных вод течением от места сброса до границы района водопользования происходит вдоль берега.

Для расчета кратности основного разбавления при произвольном направлении течения используются формулы (5.I.II – 5.I.I7).

в которых полагается $f_0 = 1$.

5.1.12. В отличие от водотоков и водоемов для прибрежной зоны моря эффект самоочищения эквивалентен дополнительному разбавлению сточных вод. Поэтому при расчете неконсервативного вещества самоочищение учитывается непосредственно в формуле (5.1.11) для основного разбавления, в правую часть которой добавляется множитель

$$\exp\left(\frac{k(l+x_0)}{k_c U_H}\right), \qquad (5.1.20)$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества, 1/сут; k_c – коэффициент перевода секунд в сутки, $k_c = 86400$; x_0 – параметр, определяемый по формуле (5.1.16).

5.1.13. В расчетах кратности основного разбавления сточных вод для рассеивающих выпусков необходимо учитывать, что при рассеивающем выпуске соседние струи влияют друг на друга в зоне основного разбавления, ослабляя эффект перемешивания /20/. Согласно исследованиям Н.Й.Лапшева /10/, кратность основного разбавления при сбросе сточных вод через линейный рассеивающий выпуск в море при направлении течения перпендикулярно к оси оголовка выпуска можно вычислить по формуле:

$$n_0 = \frac{\gamma \cdot 28}{l_в} \cdot \sqrt{\frac{D_г l}{U_H}}, \qquad (5.1.21)$$

где $l_в$ – длина рассеивающего оголовка выпуска, м.

Если величина n_0, полученная из формулы (5.1.21), окажется меньше 2, кратность основного разбавления при рассеивающем выпуске сточных вод для определения ПДС можно не учитывать, полагая $n_0 = 1$.

5.1.14. Расчет кратности основного разбавления для выпусков сложной конфигурации, например, У-образной, либо при направлении течения под произвольным углом к оси оголовка выпуска подробно рассмотрен в работе /21/.

5.2. Расчет величин ПДС для совокупности выпусков.

5.2.1. Совокупность выпусков сточных вод можно считать выпуски, расположенные на расстоянии не более 5 км друг от друга вдоль береговой линии. С учетом конкретных гидрологических условий, расходов сбрасываемых сточных вод необходимость включения конкретного выпуска в совокупность может уточняться на основе расчетов их совместного влияния на качество воды в контрольных створах.

5.2.2. Реки, впадающие в море, следует рассматривать как береговые выпуски сточных вод. При этом концентрации веществ в устьях рек определяются заранее или описываются уравнением вида (3.2.2), начальное разбавление $n_н$ принимается равным I и длине начального участка разбавления - равной 0.

5.2.3. ПДС для всех выпусков из рассматриваемой совокупности определяется из решения задачи математического программирования. Критерий оптимальности - минимум суммарных приведенных затрат на достижение ПДС вида (3.2.I).

5.2.4. Если удаления выпусков сточных вод от берега моря существенно отличаются друг от друга в сравнении с расстояниями между ними, то в качестве неблагоприятных гидрологических ситуаций принимаются направления морского течения от одного выпуска к другому (перенос сточных вод осуществляется по кратчайшему расстоянию от одного выпуска к другому). В качестве контрольных створов рассматриваются створы на расстоянии ℓ от места выпуска до границы водопользования в направлении течений (от одного выпуска к другому). Концентрации веществ в контрольном створе определяются по формуле (5.2.I).

$$Y_к = Y_ф + \sum_{i \in I_к} (c_i - Y_ф) \frac{1}{n_{i,к}} ; \qquad (5.2.1)$$

где $Y_к$ - вектор показателей (концентраций веществ), характеризующих качество воды в контрольном створе к , г/м^3; $Y_ф$ - вектор фоновых концентраций веществ, определяемых вне зоны влияния выпусков сточных вод (на расстоянии 5 км влево и вправо от района совокупности выпусков вдоль береговой линии), г/м^3; c_i - вектор максимальных среднечасовых концентраций веществ в сточных водах выпуска i , г/м^3; $n_{i,к}$ - кратность разбавления сточных вод при их переносе от выпуска i до створа к, определяется согласно разделу 5.I; $I_к$ - множество номеров выпусков, оказывающих влияние на качество воды в створе к .

5.2.5. Если удаления выпусков сточных вод от берега моря мало отличаются друг от друга по сравнению с расстояниями между ними, то совокупность выпусков можно рассматривать как ряд выпусков (линейное расположение выпусков), расположенных вдоль береговой линии на среднем расстоянии от берега моря, равном

$$\ell_0 = \sum_{i=1}^{N} \ell_i / N, \qquad (5.2.2)$$

где ℓ_i - удаление выпуска i от берега моря, м; N - число выпусков сточных вод.

Для этого случая в качестве наиболее неблагоприятной гидрологической ситуации принимается направление морского течения вдоль берега (справа-налево и слева-направо вдоль береговой линии). В качестве контрольных створов рассматриваются створы, расположенные слева и справа от выпусков на расстоянии ℓ от места выпуска до ближайшей границы района водопользования (ℓ = 250 м для водоемов рыбохозяйственного водопользования). Контрольные створы, расположенные правее выпусков, обозначим, как $M_п$, где M - номер выпуска. Контрольные створы, расположенные левее выпуска, обозначим, как $M_л$, где M - номер выпуска. Концентрации в контрольных створах с индексами $M_п$, $M_л$ определяются по формулам:

$$Y_{M_п} = Y_ф + \sum_{i=1}^{M} (C_i - Y_ф) \frac{1}{n_{i,M_п}}, \quad M = 1, \ldots, N, \qquad (5.2.3)$$

$$Y_{M_л} = Y'_ф + \sum_{i=M}^{N} (C_i - Y'_ф) \frac{1}{n_{i,M_л}}, \quad M = 1, \ldots, N, \qquad (5.2.4)$$

где $Y_ф$, $Y'_ф$ - вектора фоновых концентраций веществ, определяемых вне зоны влияния выпусков сточных вод на расстоянии 5 км левее первого выпуска сточных вод и на расстоянии 5 км правее выпуска N сточных вод, соответственно (нумерация выпусков слева направо), $г/м^3$; $n_{i,M_п}$ - кратность разбавления сточных вод при их переносе от выпуска i до контрольного створа $M_п$ (для выпусков, расположенных левее контрольного створа $M_п$); $n_{i,M_л}$ кратность разбавления сточных вод при их переносе от выпуска i до контрольного створа $M_л$ (для выпусков, расположенных левее контрольного створа $M_л$). Величины $n_{i,M_п}$, $n_{i,M_л}$ рассчитываются как кратности разбавления отдельных выпусков согласно разделу 5.I.

5.2.6. Ко дель комплекса водоохранных мероприятий при расчете ПДС веществ в прибрежные зоны морей полностью совпадает с описанной ранее моделью (3.2.9) - (3.2.II) комплекса водоохранных мероприятий для случая расчета ПДС веществ в водотоки.

5.2.7. В результате решения задачи оптимизации (3.2.I), (5.2.I), (3.2.8) - (3.2.II) определяются оптимальные доли расхода сточных вод, проходящие по различным технологическим марш-

там очистки и использования x^{*}_{ir}, $i = 1,\dots,N$. После этого по формулам (3.2.13) – (3.2.15) определяются величины расходов сбрабатываемых сточных вод – q^{*}_{ir}, концентрации веществ в сточных водах – $C_{пдс,i}$ и ПДС веществ на выпусках сточных вод – $ПДС_i$, $i = 1,\dots,N$.

6. РАЗРАБОТКА ПЛАНОВ И ПРОГРАММ ПОЭТАПНОГО ДОСТИЖЕНИЯ ПДС

6.1. Задача разработки планов и программ поэтапного достижения ПДС и осуществления соответствующих водоохранных мероприятий возникает для каждого предприятия-водопользователя, для совокупности предприятий, объединенных по региональному, (территориальному) признаку (район, город, область и т.д.) либо по отраслевому (водохозяйственному) признаку. Особое значение имеет правильная постановка и решение такой задачи для выбора первоочередных мероприятий, распределения капитальных вложений при формировании годовых и пятилетних планов для предприятий, регионов (районов, городов, областей), отраслей народного хозяйства.

6.2. Формирование планов мероприятий по поэтапному достижению величин ПДС (т. *следовательно, и норм качества вод в водном* объекте) связано с решением задачи поэтапной реализации водоохранных мероприятий. Сущность такой задачи заключается в выборе такой очередности ввода водоохранных сооружений и реализации других мероприятий, при которой вначале снимаются наибольшие превышения над установленными ранее величинами ПДС. Естественно, что при этом будут снижаться и наибольшие превышения над величинами ПДК в водном объекте, т.е. первые этапы реализации программ связаны с улучшением санитарно-экологического состояния наиболее загрязненных участков водных объектов. Одновременно, при выборе очередности реализации мероприятий учитываются ограничения на капитальные затраты по этапам и затраты на реализацию каждого мероприятия /36/.

6.3. Постановка задачи поэтапной реализации водоохранных мероприятий по достижению ПДС формулируется следующим образом. Задано множество предприятий-водопользователей и совокупность целей развития водоохранных мероприятий на каждом предприятии - предельно допустимых сбросов, обеспечивающих соблюдение нормативных требований к качеству воды водных объектов. Для каждого предприятия определен набор (последовательность) водоохранных мероприятий, обеспечивающих достижение ПДС, причем известны как капитальные затраты, так и величины, характеризующие эффективность мероприятий (вектор выноса примесей после реализации мероприятий). Заданы величины капитальных затрат, выделенных для

реализации водоохранных мероприятий на всех предприятиях для нескольких временных периодов, например, пятилеток. Необходимо определить: а) распределение капиталовложений по предприятиям и периодам планирования; б) набор и очередность реализации водоохранных мероприятий по предприятиям и периодам планирования. При этом на каждом этапе требуется минимизировать критерий, определяющий близость сбросов нормированных веществ к заданным величинам ПДС. Такая постановка задачи эквивалентна постановке задачи определения первоочередных мероприятий на каждом временном интервале.

6.4. Реально осуществимые траектории развития обусловливаются следующими ограничениями и условиями:

1) достижением целей программы - величин ПДС, которые рассчитаны и установлены для каждого предприятия и выпуска сточных вод;

2) реализацией планирования в разрезе отрасли и (или)территории;

3) рассмотрением процесса развития в динамике;

4) ограниченными на каждом этапе ресурсами;

5) учетом качества сточных вод на выходе каждого объекта на каждом этапе планирования.

Эти условия являются довольно жесткими и их учет в полном объеме затрудняет поиск решения. Поэтому при поэтапном планировании используются следующие допущения:

1) весь интервал планирования $[0,T]$ разбит на множество плановых этапов $t = 1,...T$, длительность этапов определяется принятой системой планирования;

2) достижение установленных ПДС планируется на конец интервала планирования $[0,T]$, на промежуточных этапах допускается отклонение от ПДС, при этом уровень достигаемого сброса оптимизируется в рамках отраслей или территориальной структуры комплексных водоохранных мероприятий;

3) для каждого предприятия существует конечное множество водоохранных мероприятий, обеспечивающее достижение величин ПДС;

4) ввод очистных сооружений и других водоохранных мероприятий может осуществляться блоками или ступенями очистки.

6.5. Для поэтапного достижения величин ПДС производится разработка водоохранных программ, представляющих собой увязанные

по ресурсам, исполнителям и срокам осуществления комплексы водоохранных мероприятий, направленных на наиболее эффективное решение проблемы обеспечения нормативного состояния качества вод в водных объектах путем достижения величин ПДС.

6.6. Для характеристики качества водоохранных программ используются два класса критериев оптимальности - экономических, характеризующих минимум приведенных затрат при безусловном достижении водоохранных целей, и натуральных, характеризующих степень близости массы выносимых в водный объект примесей к заданным величинам ПДС при ограниченных ресурсах, выделенных на развитие водоохранных мероприятий.

В основе конструирования критерия оптимальности лежит определение метрики, характеризующей расстояние в n-мерном пространстве между двумя точками - решениями задачи. Например, расстояние между ПДС - W^* и достигаемыми значениями сброса - W. При разработке водоохранных программ могут быть использованы следующие критерии:

- приведенный сброс загрязняющих веществ в водный объект, определяемый следующим образом

$$F_1 = \sum_m \sum_j \sum_\xi \frac{W_{mj\xi}}{\text{ПДК}_\xi}, \qquad (6.1)$$

где $j = 1, \ldots J$ - номер выпуска; $m = 1, \ldots M$ - номер предприятия; $\xi = 1, \ldots, E$ - номер вещества (показателя); $W_{mj\xi}$ - величина сброса вещества ξ;

- приведенный сброс с учетом превышений ПДС, имеющий вид

$$F_2 = \sum_m \sum_j \sum_\xi \frac{W_{mj\xi} - W^*_{mj\xi}}{\text{ПДК}_\xi} \sigma_m \qquad (6.2)$$

где $W^*_{mj\xi}$ - предельно допустимый сброс вещества ξ на выпуске j предприятия m; σ_m - константа (безразмерная, характеризующая водохозяйственный участок /26/);

– относительное превышение ПДС по всем предприятиям, выпускам, веществам и показателям

$$F_3 = \sum_m \sum_j \sum_\xi \frac{W_{mj\xi} - W^*_{mj\xi}}{W^*_{mj\xi}}; \qquad (6.3)$$

– взвешенное относительное превышение ПДС

$$F_4 = \sum_m \sum_j \sum_\xi \frac{W_{mj\xi} - W^*_{mj\xi}}{W^*_{mj\xi}} q_{mj}, \qquad (6.4)$$

где q_{mj} – расход сточных вод выпуска j на предприятии m;

– удельная эффективность водоохранных мероприятий

$$F_5 = Э/К, \qquad (6.5)$$

где $Э$ – эффект от реализации водоохранных мероприятий; $К$ капиталовложения в рассматриваемое водоохранное мероприятие.

Рекомендуется осуществлять выбор очередности реализации водоохранных мероприятий по критериям F_2, F_5. Естественно, что при этом могут быть привлечены другие неформальные факторы для выбора очередности, однако рекомендуемая методика определяет водоохранную программу, базирующуюся на достаточно очевидных экологических и экономических критериях.

6.7. Расчетная схема. Расчет основных показателей водоохранных программ включает в себя несколько последовательных этапов.

1) подготовка исходных данных о современных объемах водопотребления и водоотведения, а также составе сточных вод по каждому предприятию и выпуску;

2) подготовка данных об установленных ПДС и технико-экономических характеристиках водоохранных мероприятий по их достижению по каждому выпуску сточных вод;

3) расчет эффективности водоохранных мероприятий по одному из критериев ($F_1 + F_4$);

4) определение последовательности ввода водоохранных мероприятий по критерию F_5 ;

5) выбор первоочередных водоохранных мероприятий и определение основных технических показателей ввода мощностей водоохранных мероприятий отрасли по этапам планирования.

6.8. Пример расчета основных показателей водоохранных программ. Имеется два предприятия, каждое из которых имеет по два выпуска сточных вод. По каждому выпуску заданы ПДС и технико-экономические характеристики водоохранных мероприятий, обеспечивающие их достижение (табл. 6.I, 6.2). Период планирования, в течение которого должны быть достигнуты установленные ПДС, разбит на два этапа. Задано распределение по этапам суммарных капитальных вложений на водоохранные мероприятия. Необходимо определить совокупность водоохранных мероприятий, вводимых на каждом этапе планирования.

Как видно из табл. 6.I., 6.2. суммарные капиталовложения в водоохранные мероприятия составляют 6,7 млн.руб. Пусть из них на I этап выделено 3,5 млн.руб. и на 2 этап – 3,2 млн.руб.

Эффективность водоохранных мероприятий будем оценивать по снижению значения критерия F2, который рассчитывается по формуле

$$F_2 = \sum_{\xi} \sigma_k \frac{m_\xi - ПДС_\xi}{ПДК_\xi}, \qquad (6.6)$$

где m_ξ и $ПДС_\xi$ – фактическая масса и предельно допустимый сброс примеси ξ для рассматриваемого выпуска сточных вод, г/с;
$ПДК_\xi$ – предельно допустимая концентрация примеси ξ в ближайшем к выпуску сточных вод контрольном створе, г/м^3; σ_k – безразмерная константа, характеризующая водохозяйственный участок к , на котором расположено предприятие.

Величина снижения значения критерия F 2 в результате реализации водоохранного мероприятия, а также удельная эффективность на рубль затрат каждого водоохранного мероприятия (F 5) приведены в табл 6.3. При расчете значений критерия F 2 константа σ_k не учитывалась, т.к. обл предприятия расположены на одном и том же водохозяйственном участке. Предельно допустимые концентрации взвешенных веществ, минерализации и $ПДК_{полн}$ в ближайшем контрольном створе составляли 3,25; I000 и 3 г/м^3, соответственно.

Таблица 6.I

Технико-экономические характеристики водоохранных мероприятий по предприятию I

Характеристики	I выпуск			II выпуск		
	при фактическом сбросе	при ПДС	после реализации оборотных циклов	при фактическом сбросе	при ПДС	после реализации оборотных циклов
Расход сточных вод, м³/с	I200	I200	0	4000	4000	0
Затраты, млн.руб.	-	-	2,I	-	-	2,5
Массовые расходы примесей, г/с						
I. Взвешенные вещества	24000	I8000	0	I94850	70800	0
2. Минерализация	400000	400000	0	5000000	4000000	0

Таблица 6.2

Технико-экономические характеристики по предприятию II

Характеристики	I выпуск			II выпуск		
	при фактическом сбросе	при ПДС	после реализации системы оборотного водоснабжения	при фактическом сбросе	при ПДС	после реализации системы очистки сточных вод
Расход сточных вод, м³/с	2000	2000	2000	400	400	300
Затраты, млн.руб.	-	-	0,7	-	-	I,4
Массовые расходы примесей, г/с						
I. Взвешенные вещества	I60000	37000	37000	20000	6000	5000
2. $БПК_{полн}$	I900(	I4000	I4000	3000	2000	2000

Таблица 6.3

Эффективность водоохранных мероприятий по критериям F 2 и F5

№ предприятия	№ выпуска	Значение критерия F2 до реализации мероприятия	Значение критерия F2 после реализации мероприятия	Снижение значения критерия F 2	Удельная эффективность мероприятия (F 5)
I	I	I846	0	I846	879
I	2	39I69	0	39I69	I5668
II	I	39515	0	39515	56450
II	2	5000	0	5000	357I

В табл. 6.4 представлены результаты ранжирования водоохранных мероприятий по критерию F 5 для рассматриваемых предприятий. Нарастающим итогом показаны суммарные капиталовложения на реализацию водоохранных мероприятий.

Таблица 6.4

Рекомендуемая последовательность ввода водоохранных мероприятий по критерию удельной эффективности F 5

№ предприятия	Водоохранное мероприятие	Удельная эффективность мероприятия (F5)	Снижение значения критерия F2 после реализации водоохранного мероприятия		Затраты, млн.руб.	
			по водоохранному мероприятию	нарастающим итогом	на водоохранное мероприятие	нарастающим итогом
II	Оборотное водоснабжение	56450	39515	39515	0,7	0,7
I	Оборотный цикл охлаждения доменных цехов	15668	39668	79183	2,6	3,2
II	Система доочистки сточных вод прокатного цеха	357I	5000	84183	I,4	4,6
I	Оборотные циклы прокатных и мартеновских цехов	879	I846	86029	2,I	6,7

Таким образом, 3,5 млн. руб., выделенных на I-м этапе, должны быть использованы для реализации 2-го мероприятия на I-м предприятии (затраты 0,7 млн. руб.) и I-го мероприятия на 2-м предприятии (затраты 2,3 млн. руб.). Остальные мероприятия реализуются на 2-м этапе планирования.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТОВ ПДС

7.I. Нормативы качества вод

Нормативы качества вод установлены для следующих видов водопользования.

А. Использование вод для хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования (поверхностные водные объекты). Общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов в местах хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования приведены в приложении № I "Правил охраны поверхностных вод" /3/.

Требования к концентрациям нормированных веществ в створе водопользования приведены в приложении № 2 "Правил" /3/.

Некоторые общие требования к составу воды и предельно допустимые концентрации наиболее часто встречающихся нормированных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования приведены в табл. 7.I.

Требования к составу и свойствам морской воды района водопользования и первого пояса зоны санитарной охраны и перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и санитарно-бытового водопользования для морской воды приведены в приложениях № I, 2 "Правил охраны от загрязнения прибрежных вод морей" /4/.

Б. Использование вод для рыбохозяйственных целей (поверхностные водные объекты). Общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов в местах рыбохозяйственного водопользования приведены в приложении № I "Правил" /3/, предельно допустимые концентрации загрязняющих воду веществ приведены в приложении № 3 "Правил" /3/, а также в "Дополнительных перечнях предельно допустимых концентраций вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов" /6/ к приложению № 3 "Правил" /3/. Дополнительные перечни № I-9 за 1983-1989 гг. утверждены Главрыбводом СССР №№ 30-11-11).

Некоторые общие требования к составу воды и предельно допустимые концентрации наиболее часто встречающихся нормированных веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.I

Некоторые общие требования к составу воды и предельно допустимые концентрации (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования

Показатель качества воды (наименование вещества)	Допустимое значение показателя (ПДК), г/м³	Лимитирующий признак вредности			Класс опасности
		общесанитарный	санитарно-токсикологический	органолептический	
1	2	3	4	5	6
I. Взвешенные вещества					
- хозяйственно-питьевое	+0,25	(приращение к естественному содержанию)			
- коммунально-бытовое	+0,75	(приращение к естественному содержанию)			
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 г/м³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью осаждения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются.				
2. Растворенный кислород - РД (не менее)	4	-	-	-	-
3. Биохимическое потребление кислорода (полное при 20°С), $БПК_{полн.}$					
- хозяйственно-питьевое	3	-	-	-	-
- коммунально-бытовое	6	-	-	-	-
4. Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК					
-хозяйственно-питьевое	I5	-	-	-	-
- коммунально-бытовое	30	-	-	-	-

I	2	3	4	5	6
5. Аммиак(по азоту)	2,0	-	+	-	3
6. Нитрит - ион (NO_2^-)	3,3 (I,0)*)	-	+	-	2
7. Нитрат - ион (NO_3^-)	45,0 (I0,2)*)	-	+	-	3
8. Нефть					
- многосернистая	0,I	-	-	+	4
- прочая	0,3	-	-	+	4
9. Фенол	0,00I	-	-	+	4
I0. Алкилсульфаты (группа СПАВ)	0,5	-	-	+	4
II. Алкилсульфонаты (группа СПАВ)	0,5	-	-	+	4
I2. Минерализация	I000**)	-	-	-	-
I3. Хлориды (по Cl^-)	350**)	-	-	+	4
I4. Сульфаты (по SO_4^{2-})	500**)	-	-	+	4
I5. Хром (Cr^{6+})	0,05	-	-	+	3
I6. Никель	0,I	-	+	-	3
I7. Медь	I,0	-	-	+	3
I8. Цинк	I,0	+	-	-	3
I9. Железо (включая хлорное железо) по Fe	0,3	-	-	+	3
20. Свинец (Pb^{2+})	0,03	-	+	-	2
2I. Ртуть	0,0005	-	+	-	I

*) в пересчете на азот

**) для коммунально-бытового водопользования нормируется по отсутствию в воде водного объекта привкусов интенсивностью более I балла

Таблица 7.2

Некоторые общие требования к составу воды и предельно допустимые концентрации (ПДК) нормированных веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов высшей, первой и второй категорий

Показатель качества воды (наименование вещества)	Допустимое значение показателя (ПДК), г/м³	Лимитирующий признак вредности				
		общесанитарный	токсикологический	санитарно-токсикологический	органолептический	рыбохозяйственный
I	2	3	4	5	6	7
I. Взвешенные вещества						
– высшая и I категории	+0,25 (прибавление к естественному содержанию)					
– II категория	+0,75 (прибавление к естественному содержанию)					
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 г/м³ природных взвешенных веществ допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью осаждения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются.					
2. Растворенный кислород						
– высшая и I категории						
летом не менее	6	–	–	–	–	–
зимой не менее	6	–	–	–	–	–
– II категория						
летом не менее	6	–	–	–	–	–
зимой не менее	4	–	–	–	–	–
3. Биохимическое потребление кислорода (полное при 20°С) $БПК_{полн.}$	3	–	–	–	–	–
4. Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	не установлено					

I	2	3	4	5	6	7
5. Аммоний солевой (NH_4^+)	0,5 (0,39)*	-	+	-	-	-
6. Нитрит - ион (NO_2^-)	0,08 (0,02)*	-	+	-	-	-
7. Нитрат - ион (NO_3^-);	40,0 (9,0)*	-	-	+	-	-
8. Нефтепродукты	0,05	-	-	-	-	+
9. Фенол	0,001	-	-	-	-	+
I0. Алкилсульфат первичный группа С(Ал)	0,2	-	-	+	-	-
II. Алкилсульфонат (группа СПАВ)	0,5	-	-	+	-	-
I2. Минерализация	I000	-	-	-	-	-
I3. Хлориды	300,0	-	-	+	-	-
I4. Сульфаты	I00,0	-	-	+	-	-
I5. Хром (Cr^{6+})	0,001	-	-	+	-	-
I6. Никель (Ni^{2+})	0,0I	-	+	-	-	-
I7. Медь (Cu^{2+})	+0,00I (приращение к природному естественному фону)	-	+	-	-	-
I8. Цинк (Zn^{2+})	0,0I	-	+	-	-	-
I9. Железо (Fe^{3+})	0,006	-	+	-	-	-
20. Свинец (Pb^{2+})	0,I	-	+	-	-	-
2I. Ртуть (Hg^{2+})	отс.	-	+	-	-	-

*) в пересчете на азот

Общие требования к составу и свойствам прибрежных вод морей, используемых для рыбохозяйственных целей, перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов, перечень веществ, вредных для здоровья людей или живых ресурсов моря, сброс которых запрещается, и предельно допустимые концентрации этих веществ в сбрасываемых смесях приведены в приложениях № 3, 4, 5 "Правил охраны от загрязнения прибрежных вод морей" /4/.

7.2. *Расчетные условия*

7.2.1. Расчетные условия для определения величин ПДС веществ и реализующих их водоохранных мероприятий в речном бассейне включают:

- гидрографические и морфометрические характеристики рек, расчетные гидрологические, гидравлические и гидрохимические характеристики речного стока в контрольных и расчетных (фоновых, устьевых и *т.п.*) створах, характеристики самоочищения рек бассейна;

- расчетные количественные и качественные характеристики основных генетических составляющих речного стока, формирующихся на участках между смежными по течению створами: подземного питания (стока) рек, поверхностного стока с промышленно-селитебных (застроенных), сельскохозяйственных (пахотных) и естественных (непахотных) территорий водосбора;

- *заданные или расчетные значения характеристик водозаборов*, расходов и состава сбрасываемых сточных вод, сработки водохранилищ, переброски стока, отключки подземных вод и т.п.;

- характеристики размещения пунктов водопользования и других хозяйственных воздействий на сток по гидрографической сети, требования водопользователей к качеству воды;

-технико-экономические характеристики реализованных и возможных *водоохранных мероприятий*.

7.2.2. Основные требования при выборе расчетных условий:

- расчетные условия должны назначаться исходя из требований реальных водопользователей к состоянию рек (расходам, качеству воды и их режиму) в контрольных створах или на участках между ними;

- расчетные характеристики речного стока, его генетических составляющих и влияющей на реки хозяйственной деятельности ввиду асинхронности их изменений должны рассматриваться совместно во времени и по условиям водности года;

- расчетные величины речного стока, его генетических составляющих и влияния хозяйственной деятельности должны быть сбалансированы по течению реки, что достигается при максимальной детализации их рассмотрения;

- расчетное качество воды в фоновых и контрольных створах должно определяться для условий нормализованных (т.е. достигнутых на типовых или уже реализованных перспективных водоохранных сооружениях) характеристик сбрасываемых сточных вод, чтобы исключить произвольное использование ассимилирующей способности рек из-за

отсутствия или неудовлетворительной работы водоохранных сооружений;

– лимитирующие расчетные условия рек должны соответствовать совмещенным во времени значениям их количественных и качественных характеристик с учетом влияния хозяйственной деятельности, формирующим лимитирующие величины ассимилирующей способности рек по отдельным нормированным веществам или их группам на участках между контрольными створами; допускается, при надлежащем обосновании, определять лимитирующие расчетные условия рек бассейна по результатам расчетов для наиболее неблагоприятных сезонов (зимнего, летнего и, в ряде случаев, осеннего) маловодного года с учетом рассмотрения, при необходимости, лет более высокой расчетной водности;

– расчетные условия для проектирования водоохранного сооружения должны соответствовать наиболее неблагоприятным значениям прогнозных характеристик реки, принимающей сточные воды, за период эксплуатации данного сооружения.

7.2.3. Для стандартизации процедуры выбора расчетных условий, формирующих лимитирующие величины ассимилирующей способности рек бассейна, необходимо применять следующие регламенты определения отдельных характеристик рек и хозяйственных факторов:

а) расходы забираемой воды и сбрасываемых сточных вод – максимальные часовые по лимитирующим сезонам года за период действия устанавливаемых ПДС веществ;

б) составы сбрасываемых сточных вод – соответствующие достижимым на типовых или уже реализованных передовых водоохранных сооружениях;

в) расходы воды рек на незарегулированных (необводняемых) участках – расчетные среднемесячные года 95%-ной обеспеченности с учетом влияния хозяйственной деятельности (допускается, при надлежащем обосновании, ограничиваться рассмотрением расчетных минимальных среднемесячных расходов по лимитирующим сезонам года 95%-ной обеспеченности);

г) расходы воды рек на зарегулированных (обводняемых) участках – равные установленным гарантированным попускам (переброскам) воды с учетом влияния хозяйственной деятельности (не ниже расчетных минимальных среднемесячных расходов по лимитирующим сезонам года 95%-ной обеспеченности);

д) фоновое качество воды рек – расчетное для условий принятых расчетных расходов воды по лимитирующим сезонам года, соот-

ветствующих им расчетных характеристик подземного и поверхностного стока, водозаборов, гидротехнических мероприятий, а также расходов и составов сточных вод, достижимых на типовых или уже реализованных передовых водоохранных сооружениях;

е) расстояния до створов - по фарватеру в км;

ж) скорости течения, морфометрические характеристики, коэффициенты смешения и неконсервативности - осредненные для участков рек между смежными по течению створами при принятых расчетных расходах воды по лимитирующим сезонам года; при отсутствии данных о значениях коэффициентов неконсервативности для рассматриваемых рек, их значения могут быть приняты по справочной литературе /14/, для некоторых наиболее часто встречающихся расчетных показателей значения коэффициентов неконсервативности приведены в табл. 7.3;

з) величины поверхностного стока - соответствующие расчетным приращениям поверхностной составляющей стока рек на участках между смежными по течению створами при принятых расчетных расходах воды по лимитирующим сезонам года;

и) величины (количество) атмосферных осадков - наблюденные месячные на участках водосборов между смежными створами гидропостов, совмещенные во времени с наблюденными среднемесячными расходами рек, близкими к принятым расчетным по лимитирующим сезонам года;

к) величины поверхностного стока с застроенных территорий - расчетные с учетом их площадей, принятых величин осадков и коэффициентов стока;

л) величины поверхностного стока с сельскохозяйственных (пахотных)и естественных (непахотных) территорий - соответствующие приращениям поверхностной составляющей стока рек (за вычетом расходов поверхностного стока с застроенных территорий) на участках между смежными по течению створами с учетом соотношений коэффициентов стока с данных типов территорий и их площадей;

м) составы поверхностного дождевого стока с застроенных территорий - расчетные в стоке дождевых вод при значениях периода однократного превышения расчетной интенсивности дождя в пределах от 0,05 до 0,1 года;

н) составы поверхностного дождевого стока с сельскохозяйственных и естественных территорий - расчетные по сезонам года в жидком и твердом стоке максимальных дождевых паводков 25%-ной обеспеченности;

Таблица 7.3

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

Вещество (показатель)	Значение коэффициента, I/сут.		
	по С.Н.Черкинскому	по "Справочнику проектировщика канализации населенных мест и промышленных предприятий"	по данным ВНИИВО
I. $БПК_{20}$	0,23	-	-
2. Азот аммонийный	-	0,069	0,069-0,207
3. Азот нитритов	-	I0,8	0,I90-I0,8
4. Азот нитратов [I)]	-	-	0,II2-0,I73
5. Растворенный кислород [2)]	0,46	0,35-I,3	0,27-0,46
6. Нефтепродукты	-	0,044	-
7. Фенол	-	0,320	-
8. СПАВ	-	0,046	-

Примечания: I. Приведен коэффициент интенсивности потребления азота нитратов фитопланктоном.
2. Приведен коэффициент реаэрации атмосферного кислорода.

о) величина подземного стока – соответствующие расчетным при-
ращениям подземной составляющей стока рек на участках между смеж-
ными по течению створами при принятых расчетных расходах водно-
лимитирующим сезонам года;

п) величина дренажного стока – расчетные максимальные средне-
месячные по лимитирующим сезонам года 90%-ной обеспеченности;

р) концентрации веществ в дренажных водах – максимальные
среднемесячные по лимитирующим сезонам года при расчетных величи-
нах дренажного стока.

7.2.4. Выбор расчетных условий для водоемов производится с
применением регламентов, аналогичных применяемым для рек и специ-
фичных для водоемов.

К специфичным относятся:

а) объемы и уровни воды в водоеме – расчетные минимальные сред-
немесячные по лимитирующим сезонам года 90%-ной обеспеченности;

б) величины поверхностного и подземного стока с водосбора –
соответствующие расчетным модулям составляющих стока рек, впадаю-
щих в водоем, или рек-аналогов при минимальных среднемесячных рас-
ходах воды по лимитирующим сезонам года 90%-ной обеспеченности;

в) скорость водообмена водоема – расчетная для условий лет
90%-ной обеспеченности;

г) частоты и скорости ветров вдольберегового и нормального к
берегу направлений, характеристики подледного течения воды;

д) время добегания до контрольного створа – расчетное по крат-
чайшему расстоянию при максимальной скорости переноса водных масс
(с учетом влияния ветра);

е) ассимилирующая способность водоема – расчетная при макси-
мально стратификации водных масс, минимальных коэффициентах смеше-
ния и коэффициентах неконсервативности веществ по лимитирующим
сезонам года 90%-ной обеспеченности.

7.2.5. В качестве расчетных условий для прибрежных зон морей
принимают:

а) гидрологические и гидрохимические данные водного объекта
для наиболее благоприятного периода;

б) санитарные показатели состава и свойств воды в период ее
наиболее интенсивного использования;

в) фоновую концентрацию нормированного вещества, определяемую
вне зоны влияния выпуска (на расстоянии более 5 км от выпуска) как
среднестатистическое значение концентрации нормированного вещества
для наиболее благоприятного периода;

г) характерную минимальную скорость морского течения, соответ-
ствующую среднемесячной 95%-ной обеспеченности.

7.3. Технико-экономические характеристики водоохранных мероприятий

7.3.I. Технико-экономические характеристики водоохранных мероприятий представляют собой совокупность данных, определяющих соотношение между производительностью водоохранных сооружений, снижением величин сброса нормированных веществ, поступающих в водные объекты и затратами - капитальными, эксплуатационными, приведенными. Такие данные могут быть представлены в виде таблиц, графиков, аналитических зависимостей и т.п.

В качестве аргумента для определения эффективности водоохранных мероприятий выбираются характерные показатели: расход сточных вод, объем выпускаемой продукции и т.п.

7.3.2. С целью упорядочения совокупности технико-экономических характеристик водоохранных мероприятий целесообразно сгруппировать их по трем уровням:

- *типовая технология водоохраны* (ТТВ) - *широко применяемая в настоящее время технология в соответствии с типовыми проектами* и их реальным воплощением. Для систем "Обработка и утилизация отходов" ТТВ - *это современная технология очистки сточных вод*, технология оборотного и повторного использования воды для технического водоснабжения;

- наилучшая возможная технология водоохраны (НТВ) - это технология, ведущая к кардинальному решению проблемы охраны вод, т.е. ведущая к полному прекращению сбросов, либо такая, при которой состав сбрасываемых сточных вод соответствует нормам ПДК.

Для систем "Обработка и утилизация отходов" уровень НТВ - это беспродувочные системы оборотного водоснабжения с полной утилизацией осадка; системы многоступенчатой доочистки сточных вод с использованием процессов адсорбции на угольных фильтрах и т.п.;

- передовая технология водоохраны (ПТВ) - занимает промежуточный этап между ТТВ и НТВ, представляет собой новый шаг в развитии техники и технологии охраны вод по сравнению с ТТВ.

Совокупность параметров *технических средств и технологий производства*, включающих технико-экономические показатели эффективности *производства, обработки и утилизации* отходов составляет информационную основу выбора оптимальной программы развития техники и технологии для достижения ПДС.

7.3.3. Конкретные данные о технико-экономических характеристиках водоохранных мероприятий могут быть определены путем анализа существующих водоохранных сооружений, либо их проектов в привязке к типам производств, отраслям. Наряду с этим такие характеристики могут быть получены из специальных разработок ВНИИВО по созданию информационной базы технико-экономических характеристик водоохранных мероприятий (ТЭХ ВМ), для различных отраслей народного хозяйства /29-32/.

7.3.4. Ниже рассматривается пример ТЭХ ВМ для сооружений по очистке городских сточных вод.

При подготовке ТЭХ ВМ определены следующие характеристики ТТВ, ПТВ и НТВ.

К т и п о в о й технологии водоохраны (ТТВ) отнесены три способа очистки сточных вод: полная биологическая очистка – ПБО (101); полная биологическая очистка с симультанным осаждением для улучшения очистки по фосфору – ПБОС (102); полная биологическая очистка с нитрификацией-денитрификацией для улучшения очистки по примесям азотной группы – ПБОН (103).

П е р е д о в а я технология водоохраны (ПТВ) предусматривает следующие варианты обработки (дополнительно к типовой): фильтрование на зернистых фильтрах (201); фильтрование на зернистых фильтрах с обработкой в аэрируемых биопрудах (202); флотацию (203); флотацию с обработкой в биопрудах (204); коагуляцию, отдувку аммиака в градирнях десорбции с фильтрованием на зернистых фильтрах (205); фильтрование на зернистых фильтрах и обработку в ионообменных колоннах с клиноптилолитом (206).

Н а и л у ч ш а я технология водоохраны (НТВ) предусматривает два способа обработки сточных вод: адсорбцию на угольных фильтрах после очистки по варианту 205 (301); адсорбцию после очистки по варианту 206 (302).

Приведем фрагменты данных только по трем технологиям 101, 201, 202 (см. таблицы 7.4, 7.5). Совокупность подобных данных позволяет осуществлять расчет ПДС, определяя одновременно главные технико-экономические характеристики водоохранных сооружений, обеспечивающих достижение ПДС.

Таблица 7.4

Показатели эффективности очистки по ТТВ (фрагмент)

Показатели состава сточных вод	C_o	Технологическая схема очистки						
		101		201		202		
		C	б	C	б	C	б	
Взвешенные вещества	250	12	0,95	6	0,976	6	0,976	
$БПК_{полн.}$	250	15	0,94	7,5	0,97	5	0,98	
Растворенный кислород	0	4	-	6	-	8	-	
Азот аммонийный	16	8	0,50	7,2	0,55	2,14	0,866	
Азот нитритный	0	0,1	-	0,1	-	0,1	-	
Азот нитратный	0	1	-	1,5	-	7,5	-	
Фосфор	15	7,5	0,5	7	0,533	1,0	0,933	
Нефтепродукты	25	2,5	0,90	1,75	0,93	1,0	0,96	
СПАВ	20	4	0,80	4	0,80	1,5	0,925	
Минерализация	1000	1000	0	1000	0	1000	0	
Хлориды	300	300	0	300	0	300	0	
Сульфаты	100	100	0	100	0	100	0	
Хром трехвалентный	2,5	0,5	0,80	0,5	0,80	0,4	0,84	
Никель	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,2	0,60	
Медь	0,5	0,1	0,8	0,1	0,8	0,08	0,84	
Цинк	1,0	0,3	0,70	0,3	0,70	0,24	0,76	
Свинец	0,1	0,05	0,50	0,05	0,50	0,04	0,60	

Условные обозначения: C_o – значение показателя состава сточных вод на входе в комплекс очистных сооружений, $г/м^3$;

C – то же на выходе, $г/м^3$;

$б$ – степень очистки.

Таблица 7.5

Производительность очистных сооружений и величины удельных капитальных и эксплуатационных затрат на очистку сточных вод по ГТЗ и ПТЗ (фрагмент)

Производительность очистных сооружений, тыс.м³/сут		Технологическая схема очистки					
		101		201		202	
от	до	Удельные капитал. затраты, руб./м³ в год	Удельные эксплуат. затраты, руб/м³	Удельные капитал. затраты, руб./м³ в год	Удельные эксплуат. затраты, руб/м³	Удельные капитал. затраты, руб./м³ в год	Удельные эксплуат. затраты, руб./м³
25	32	0,353	0,04996	0,325	0,0546	0,466	0,0668
32	40	0,310	0,04614	0,284	0,0605	0,411	0,0525
40	50	0,268	0,0425	0,322	0,0466	0,353	0,0465
50	64	0,252	0,03905	0,299	0,0429	0,329	0,0445
64	80	0,230	0,03607	0,255	0,0397	0,296	0,0412
80	100	0,197	0,0333	0,237	0,0367	0,260	0,0381
100	130	0,173	0,03035	0,205	0,0335	0,227	0,0347
130	150	0,164	0,02683	0,197	0,0319	0,216	0,033
150	160	0,159	0,02319	0,189	0,0312	0,208	0,0323
160	220	0,144	0,02517	0,173	0,0279	0,189	0,0289

Примечание. Для приведения к ценам 1984 г. необходимо величину удельных капитальных затрат умножить на 1,21.

8. УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРОДСКИЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

8.1. С целью достижения величин ПДС, обеспечения надежной работы городских очистных сооружений и сетей канализации производственные управления водопроводно-канализационного хозяйства (ПУВКХ) обязаны разрабатывать "Условия приема сточных вод промпредприятий в городскую канализационную сеть". Общие подходы и требования к разработке условий сброса и приема сточных вод содержатся в специализированных нормативных документах /27, 28/. Однако эти документы не содержат рекомендаций по увязке расчетов ограничений на сброс сточных вод на городские очистные сооружения с расчетами ПДС. Аналогичная проблема возникает при расчете ПДС и разработке планов мероприятий по их достижению на промышленных предприятиях, где имеются локальные и централизованные очистные сооружения. Ниже излагаются рекомендации по расчету условий сброса сточных вод на городские (централизованные) очистные сооружения с учетом /27, 28/.

8.2. В соответствии с /27, 28/ "Условия..." определяют порядок пользования промышленными предприятиями услугами городской канализации, устанавливают взаимные права и обязанности промпредприятий и ПУВКХ, регламентируют допустимые величины показателей (ДВП) состава сточных вод, поступающих в городскую канализацию от промпредприятий и порядок расчета долевого участия промпредприятий в эксплуатационных затратах канализационных хозяйств и в капитальных вложениях на их восстановление и развитие.

8.3. Все положения "Условий..." должны учитываться при разработке проектов новых и реконструкции действующих промпредприятий и систем канализации населенных пунктов, а также при проектировании и строительстве городов и поселков городского типа.

8.4. "Условия..." разрабатываются ПУВКХ города самостоятельно или по его заказу научно-исследовательской или проектной организацией, временным творческим коллективом и согласовываются с соответствующими природоохранными органами.

"Условия..." утверждаются исполкомом местного Совета народных депутатов.

8.5. Сточные воды промышленных предприятий могут быть приняты в городскую канализацию, если показатели их состава и свойств, а также режим сброса удовлетворяют "Условиям приема сточных вод промпредприятий в городскую канализационную сеть".

8.6. "Условия приема..." состоят из следующих разделов:

1) исходные положения;
2) общие положения;
3) допустимые величины показателей (ДВП) состава и свойств, а также режима сброса сточных вод;
4) экономические обязательства промпредприятий по отношению к предприятию канализационного хозяйства.

8.7. Раздел I "Исходные положения" включает всю исходную информацию, на основании которой разрабатываются "Условия..."
К этой информации относятся:

- наименования и адреса предприятий, а также министерств (ведомств), которым они подчинены;
- схема сети канализации города с указанием мест подключения выпусков сточных вод промпредприятий;
- информация о параметрах водоотведения промпредприятий (собирается с помощью анкеты форма которой представлена в приложении I).

Кроме этого, в исходной информации отражаются:

- величины ПДС в водные объекты после городских очистных сооружений;
- общий объем водоотведения (с разделением на хозбытовой и промышленный);
- места расположения сливных станций и их пропускная способность;
- расположение жилых массивов и расчетный расход сточных вод от них.

На схеме сети канализации указываются насосные станции и длины напорных трубопроводов и дюкеров.

Если промпредприятия планируют изменить состав и свойства сточных вод, их общее количество или режим сброса, то приводится анкета планируемых показателей с указанием периода, в течение которого ожидается их неизменность.

В "Исходных положениях... "указывается и период действия "Условий...", который устанавливается равным периоду прогнозирования показателей состава и свойств сточных вод промпредприятия и режима их сброса. Если при заполнении анкеты о составе

и свойствах своих сточных вод промпредприятие не показало наличия какого-либо вещества, то соответствующий допустимый показатель устанавливается равным его величине для воды хозяйственно-питьевого водопровода.

Для разработки "Условий..." промпредприятия передают ПУВКХ всю указанную информацию, подписанную руководителем предприятия, который несет ответственность за ее достоверность.

Анализ проб сточных вод проводится химической лабораторией промпредприятия либо природоохранными или санитарными органами при обязательном лабораторном контроле со стороны ПУВКХ.

8.8. Раздел 2 - "Общие положения" - описывает общие для всех населенных мест ограничения на состав и свойства сточных вод промпредприятий. В этом разделе в обязательном порядке должны быть учтены ограничения на сброс горючих примесей, веществ, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК), опасных бактериальных, токсических и радиоактивных примесей. концентрированных маточных и кубовых растворов, нормативно чистых, дренажных, поливо-моечных, дождевых вод (при полной раздельной системе канализации), а также другие ограничения, указанные в /27,28/.

8.9. Раздел 3 - "Допустимые величины показателей (ДВП) состава и свойств сточных вод и режима их сброса" - устанавливает ограничения на величины качественных характеристик промышленных сточных вод при их сбросе в канализационную сеть.

К показателям состава и свойств сточных вод, ограничиваемым "Условиями приема сточных вод ...", относятся: величины $БПК_5$, температуры, pH, а также концентрации веществ, которые загрязняют водные объекты, разрушающе действуют на сети и сооружения канализации, ухудшают условия очистки сточных вод на городских очистных сооружениях.

Перечень этих ДВП состава и свойств сточных вод в канализационных сетях и водных объектах приведен в /27/.

8.10. Методика расчета допустимых величин показателей (ДВП) состава и свойств промышленных сточных вод, отводимых в канализацию, состоит в следующем *).

В первую очередь определяется ограничение концентрации загрязняющих веществ при поступлении на очистные сооружения,

---

*) В настоящем документе приведен вариант простой методики расчета, без использования оптимизационных моделей и учета затрат на предочистку.

исходя из требований ПДС, по формуле:

$$[C_i]_o^{пдс} = \frac{C_{пдс_i}}{1-\alpha_i}, \qquad (8.1)$$

где $[C_i]_o^{пдс}$ – ограничение на концентрацию вещества i перед городскими очистными сооружениями, исходя из требований ПДС в водный объект, г/м^3; $C_{пдс_i}$ – допустимая концентрация вещества i в воде, сбрасываемой после очистки в водный объект, г/м^3; α_i – степень очистки по веществу i на городских очистных сооружениях.

Затем выбирается минимальное ограничение из двух величин: $[C_i]_o^{пдс}$ и $[C_i]_o$ – ограничение на концентрацию вещества i, выбираемое исходя из требований бесперебойной работы городских очистных сооружений по данным /27/. Минимальная из этих двух величин принимается за допустимую величину концентрации вещества i при поступлении на очистные сооружения $([C_i]_o^{доп})$, т.е.

$$[C_i]_o^{доп} = \min\left\{[C_i]_o^{пдс}, [C_i]_o\right\}. \qquad (8.2)$$

После вычисления указанного ограничения проводится расчет фактической концентрации вещества i перед очистными сооружениями (C_i^o):

$$C_i^o = \frac{\sum C_{ij}^n \cdot q_j^n + C_i^r \cdot q^r}{\sum q_j^n + q^r}, \qquad (8.3)$$

где C_{ij}^n – концентрация вещества i в сточных водах предприятия j, г/м^3 (выбирается из анкеты предприятий);

q_j^n – объем сточных вод, сбрасываемый предприятием j, м^3/сут.; C_i^r – концентрация вещества i в бытовых сточных водах, г/м^3 (принимается либо по результатам анализа бытовых сточных вод, либо по данным АКХ им.Памфилова К.Д., отраженных в табл. 8.1, 8.2);

q^r – объем бытовых сточных вод в городе.

Если окажется, что

$$C_i^o \leq [C_i]_o^{доп} \qquad (8.4)$$

то можно принимать в качестве допустимых те концентрации вещества i, которые фактически существуют в сбрасываемых предприятиями сточных водах.

Таблица 8.I

Наиболее вероятные показатели концентраций примесей в бытовых сточных водах (по данным НИИКВиОВ АКХ им.Панфилова)

Наименование вещества (i)	Возможные концентрации, г/м³ (c_i^{δ})	Примечание
Алюминий	0,5	
Азот аммонийный	I8÷20	
Железо	I÷2	
Кирпы	30÷50	
Медь	0.0I÷0,03	
СПАВ	5÷8	
Сульфаты	80÷I00	Исходя из состава водопроводной воды
Хлориды	40÷60	
Цинк	0,02÷0,03	

Таблица 8.2

Содержание примесей в бытовых сточных водах на I жителя (по данным СНиП 2.04.03-85 п. 6.4)

Наименование показателей (i)	Величина показателя, г/сут.чел. (d_i)	Примечание
$БПК_5$	54	Расчет показателя ведется по формуле
$БПК_{полн.}$	75	
Взвешенные вещества	65	$c_i^{\delta} = \frac{d_i}{H}$,
Азот аммонийных солей	8	
Фосфаты (P_2O_5)	3,3	
Хлориды	9	где H - норма водоотведения, м³/сут.чел.
ПАВ	2,5	

Если окажется, что:

$$C_i^{\circ} > [C_i]_o^{доп}, \qquad (8.5)$$

то производятся следующие действия:

– все предприятия ранжируются по мере убывания концентрации вещества i в сточных водах так, что первый номер получает то предприятие, где C_i максимально;

– затем с заданным шагом ΔC_i снижают концентрацию вещества i, каждый раз рассчитывая C_i° по формуле (8.3) и проверяя выполнение неравенства (8.4);

– если неравенство (8.4) не выполнется, а концентрация вещества i в сточных водах первого в ранжированном ряду предприятия снижена до концентрации в сточных водах следующего предприятия, тем же шагом ΔC_i снижается концентрация вещества i для сточных вод первого и второго в ранжированном ряду предприятий и т.д. до тех пор, пока неравенство (8.4) не будет выполнено.

Установленные при этом концентрации вещества i принимаются за допустимые ограничения.

8.11. На следующем этапе выполняется расчет для показателей, ограничивающих не только в водном объекте и перед очистными сооружениями, но и в канализационной сети.

В настоящее время известно, что пять показателей сточных вод должны быть ограничены в любой точке сети канализации, поскольку они характеризуют степень воздействия воды на коллекторы и сооружения. К этим показателям относятся: величина $БПК_5$, концентрации сульфатов, сульфидов, жиров и нефтепродуктов. Для этих показателей процедура установления ограничений усложняется.

Рассматривается граф, отражающий канализационную сеть. Затем в каждом узле графа сети, начиная с его вершин, проводится расчет средневзвешенной концентрации вещества i по формуле (8.3).

Затем проверяется выполнение неравенства

$$C_i \leq [C_i]_c, \qquad (8.6)$$

где $[C_i]_c$ – величина ограничения показателя i в сети канализации, $г/м^3$.

Если неравенство (8.6) не выполняется, то аналогично описанной выше процедуре осуществляется ранжирование и снижение концентраций вещества i в сточных водах тех предприятий, которые сбрасывают их в анализируемый узел сети.

После достижения выполнения неравенства (8.6) осуществляется процедура снижения концентрации с целью выполнения неравенства (8.4).

8.12. Расчет допустимого уровня концентрации сульфидов в сточных водах промпредприятий.

Концентрация сульфидов в сточных водах определяет интенсивность газовой коррозии бетона коллекторов, поэтому она не должна превышать 3 г/м^3 в любой точке канализационной сети. Однако известно, что концентрация сульфидов возрастает при прохождении воды через напорные трубопроводы и дюкеры. При наличии указанных элементов сети в первую очередь следует определить ограничения на концентрацию сульфидов перед напорным трубопроводом (дюкером) с тем, чтобы в конце его концентрация не превышала 3 г/м^3.

Увеличение концентрации сульфидов в напорных элементах, описывается уравнением:

$$C_к^S = C_н^S (1{,}08)^{L_н}, \qquad (8.7)$$

где $C_н^S$ – концентрация сульфидов в начале напорного элемента, г/м^3; $C_к^S$ – концентрация сульфидов в конце напорного элемента, г/м^3; $L_н$ – длина напорного трубопровода (дюкера), км.

Отсюда ограничение на концентрацию сульфидов в городских сточных водах перед напорным элементом сети рассчитывается по формуле:

$$\left[C_н^S\right]_с = \frac{\left[C_к^S\right]_с}{(1{,}08)^{L_н}} \qquad (8.8)$$

После определения ограничений концентрации сульфидов в городских сточных водах в различных точках сети повторяется процедура снижения концентрации, описанная выше.

8.13. Приведенная выше схема расчетов может быть реализована с использованием ЭКВМ, либо программы на ЭВМ, разработанной в институте "УкркоммунНИИпроект". Язык программирования – ПЛ/I, ЭВМ ЕС-1022, операционная среда – ОС ЕС.

Приложение I

ФОРМЫ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ
П Д С

Приложение I.I

Лист I Всего листов _____

УТВЕРЖДАЮ _____
(должностное лицо органов по охране природы системы Госкомприроды СССР)

м.п. "___"_____ 19 __г. _____
(подпись)

СОГЛАСОВАНО _____
(должностное лицо органов санитарно-эпидемиологической службы Минздрава СССР)

м.п. "___"_____ 19___г. _____
(подпись)

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ СБРОСЫ (ПДС) ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ УЧРЕЖДЕНИЯ

I. _____
(наименование органа, утвердившего ПДС)

2. ПДС утверждены "___"_____19___г. на срок до "___"_____

_____ 19___г.

Реквизиты водопользователя:

3. Наименование _____

4. Главное управление, объединение _____

5. Министерство, ведомство _____

6. Республика, область, район _____

7. Почтовый адрес водопользователя, Ф.И.О. и телефон должностного лица, ответственного за водопользование, его должность

_____

_____

8. ПДС утверждены и согласованы для _____ (количество) выпусков сточных вод
(схема выпусков прилагается)

9. Наименование и адрес организации, разработавшей проект ПДС

_____

_____

Лист 2 Приложение I.2

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ СБРОС (ПДС) ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОДНЫЙ ОБЬЕКТ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПО ВЫПУСКАМ

I. Предприятие, организация, учреждение _____

2. Выпуск _____ Категория сточных вод _____

3. Наименование водного объекта, принимающего сточные воды _____

4. Категория водопользования _____

5. Фактический расход сточных вод _____тыс.м^3/год, _____ м^3/час

6. Утвержденный расход сточных вод для установления ПДС _____ м^3/час

7. Утвержденный предельно допустимый сброс и состав сточных вод (сброс веществ, не указанных ниже, запрещен)

Показатели состава сточных вод	Фактическая концентрация, г/м^3	Фактический сброс, г/час	Допустимая концентрация, г/м^3	Утвержденный предельно допустимый сброс, г/час
I. Взвешенные вещества				
2. Органические вещества (БПК$_{полн.}$)				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
I0.				
II.				
I2.				

8. Утвержденные свойства сточных вод:

I) плавающие примеси (вещества) _____;

2) окраска _____; 3) запахи, привкусы _____;

4) температура (^{o}C) _____; 5) реакция (pH) _____;

6) коли-индекс _____; 7) растворенный кислород _____

_____ _____ _____

(должностное лицо, ответственное за водопользование) (подпись) (ф.и.о.)

"___"_____I99_г.

Приложение I.3
СОГЛАСОВАНО

(руководитель органа Госкомприроды СС

(подпись) (Ф.И.О.)
"__" _____ I99 _ г.

ЛИМИТЫ ВРЕМЕННО СОГЛАСОВАННОГО СБРОСА ВЕЩЕСТВ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Показатели	Лимит до					
	I99_г.	I99_г	I99_г.	I99_г.	I99_г.	I99_г..
Реализуемые этапы плана мероприятий по поэтапному достижению ПДС веществ*)						
Расход сточных вод, $м^3$/час						
Концентрации веществ, $г/м^3$						
I. Взвешенные вещества						
2. Органические вещества (БПКполн.)						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
I0.						
II.						
I2.						

(должностное лицо, ответственное за водопользование) _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)
"__" _____ I99_ г.

*) указываются номера этапов плана мероприятий по поэтапному достижению ПДС веществ.

Приложение I.4

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОЭТАПНОМУ ДОСТИЖЕНИЮ ПДС ВЕЩЕСТВ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Наименования мероприятий по этапам	Характеристика (производительность, объем и т.п.)	Ориентировочная стоимость, тыс.руб.	Нормативные сроки реализации (месяц, год)	Исполнители (организация и ответственный)	Достигаемый водоохранный результат (эффект)

Руководитель предприятия
(организации, учреждения) _____ (Ф.И.О.)
(подпись)

Председатель СТК _____ (Ф.И.О.)
(подпись)

Приложение I.5

АНКЕТА ОБСЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ КАНАЛИЗАЦИИ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ _____

I. Наименование, адрес предприятия _____

_____

2. Адрес точки подключения канализационной сети промпредприятия и городской канализационной сети _____

_____

3. Состав и производительность имеющихся локальных очистных сооружений _____ _____

_____ _____ _____

4. Количество трудящихся на предприятии:

а) всего _____

б) в т.ч. в максимальную смену _____

5. Среднесуточное количество сточных вод, сбрасываемых в городскую канализацию _____

в т.ч. производственных _____

6. Годовое количество сточных вод, отводимых промпредприятием в городскую канализационную сеть _____

7. Оплата за пользование городской канализацией, руб/год

_____

Показатели состава и свойств сточной воды предприятия

I. Водородный показатель (pH)_____

2. Концентрация взвешенных веществ (мг/л)_____

3. Минерализация (мг/л) _____

4. Биохимическое потребление кислорода: $БПК_{полн.}$ _____

5. $БПК_5$ _____

Содержание специфических веществ:

I. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

I0. _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пример расчета ПДС веществ для водотока и водоема

Рассмотрим участок бассейна реки (рис.П.2.I), включающий 3 створа контроля качества вод, 2 выпуска сточных вод, 2 водозабора и I водохранилище. Объем заполнения водохранилища составляет I км^3. Качество воды оценивается по 6 показателям - $БПК_{полн.}$, азоту аммонийному, азоту нитритов, азоту нитратов, растворенному кислороду и нефтепродуктам. Исходные данные для расчета ПДС приведены в табл. П.2.I - П.2.5.

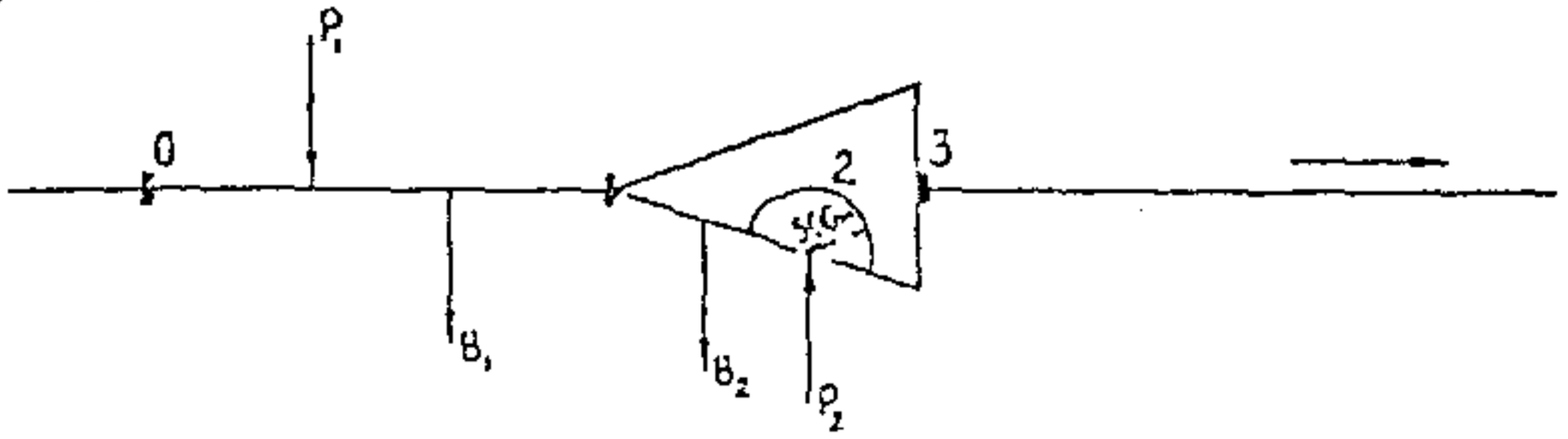

Рис. П.2.I. Линейная схема участка бассейна реки:
I, 2, 3 - контрольные створы; P_I, P_2 - выпуски сточных вод, B_I, B_2 - водозаборы

Значения коэффициентов неконсервативности (скорости превращения) веществ приняты по справочным данным с пересчетом на основание натуральных логарифмов (табл. П.2.4).

Технико-экономические характеристики возможных водоохранных мероприятий по достижению ПДС (табл. П.2.5) были выбраны в соответствии с Рекомендациями по выбору характеристик сооружений очистки городских сточных вод /30/. При этом для выпуска P_1 предполагалось, что его сточные воды уже очищены по технологической схеме IOI или аналогичной схеме, обеспечивающей заданный состав сточных вод этого выпуска (табл. П.2.2).

Приведенные затраты (руб./м^3) определялись по формуле

$$\mathcal{L} = E + 0{,}12 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K \quad ,$$

где E - удельные эксплуатационные затраты, руб./м^3; K - удельные капитальные затраты руб/м^{3}в год; K_1 - коэффициент приведения к ценам 1984 г., K_1 = I,2I; K_2 - коэффициент приведения удельных капитальных затрат от годовой пропускной способности очистных сооружений к фактически обрабатываемому годовому расходу сточных вод $K_2 = 365/Г$; $Г$ - число рабочих дней в году.

Таблица П.2.I

Характеристики водного объекта

Шифр створа	Створ привязки	Расстояние до створа привязки, км	Расход воды, м³/с	Скорость течения, м/с	Температура, °С	ПДК, г/м³					
						$БПК_{полн.}$	NH_4^+ (по азоту)	NO_2^- (по азоту)	NO_3^- (по азоту)	Растворенный кислород	Нефтепродукты
0	I	30,0	53	0,20	20	2,6	0,43	0,I2	3,2	7,5	0,04
I	3	3I,2	50	0,22	20	6	2,0	-	I0,0	4,0	0,3
2	3	-	-	-	20	3	0,39	0,02	9,I	6,0	0,05
3	-	-	50	-	20	3	0,39	0,02	9,I	6,0	0,05

Примечание. Для створа 0 вместо ПДК приведено качество воды в створе.

Таблица П.2.2

Характеристики водоотведения и условий сброса сточных вод

Выпуск	Створы влияния расстояния, км	Расход сточных вод, м³/с	Глубина в месте выпуска, м	Скорость ветра над водой, м/с	Состав сточных вод, г/м³					
					$БПК_{полн.}$	NH_4^+ (по азоту)	NO_2^- (по азоту)	NO_3^- (по азоту)	Растворенный кислород	Нефтепродукты
P_I	I/25,0	3,0	-	-	240	I7	0	0	0	7,0
P_2	2/0,5; 3/I5,7	I,0	3	0	20	8	0,I	I,5	3	2,5

Таблица П.2.3

Характеристики водопотребления

Водозабор	Створ привязки	Расстояние до створа привязки, км	Расход забираемой воды, м³/с
$В_I$	I	I0,0	5,0
$В_2$	3	I7,0	I,0

Таблица П.2.4

Значения коэффициентов неконсервативности веществ при температуре 20°С для основания натуральных логарифмов, I/сут

Вещество	Значение коэффициента		
	по С.Н.Черкинскому/I3/	по "Справочнику проектировщика..." /I4/	по данным ВНИИВО
$БПК_{полн.}$	0,23	-	-
азот аммонийный	-	-	0,207
азот нитритов	-	I0,8	-
азот нитратов[1]	-	-	0,II2
растворенный кислород[2]	0,46	-	-
Нефтепродукты	-	0,044	-

Примечание:

I) указан коэффициент интенсивности потребления азота нитратов фитопланктоном;

2) указан коэффициент реаэрации атмосферного кислорода.

Таблица П.2.5

Технико-экономические характеристики возможных водоохранных мероприятий при сбросе сточных вод

Сброс	Число рабочих часов в сутках	Число рабочих дней в году	Расход ст.вод, $\frac{тыс.м^3}{сут}$	Шифр водоохранного мероприятия	Шифр предшествующего мероприятия	Приведенные затраты, руб/м³	Состав сточных вод после очистки, г/м³					
							$БПК_{полн.}$	NH_4^+ (по азоту)	NO_2^- (по азоту)	NO_3^- (по азоту)	растворенный кислород	Нефтепродукты
P_1	16	325	172,8	101	-	0,0485	15,0	8,0	0,1	1,0	4,0	1,75
				202	101	0,0598	5,0	2,14	0,1	7,5	8,0	0,28
				206	101	0,0697	3,0	0,48	0	0,1	8,0	0,08
P_2	24	365	86,4	206	101	0,0555	3,0	0,48	0	0,1	8,0	0,3
				302	206	0,0620	1,0	0,16	0	0,08	8,0	0

Примечание. Для выпуска P_2 приведенные затраты учитывают только дополнительные затраты на очистку сточных вод по схемам 206 и 302 без учета уже реализованной схемы 101.

Рассмотрим формирование задачи расчета ПДС веществ (3.2.I), (3.2.2), (3.2.8) - (3.2.II), (4.2.I), (4.2.2) в соответствии с разделами 3 и 4.

Критерий оптимальности (3.2.I) имеет вид

$$f_1 + f_2 \longrightarrow min ,$$

где f_i - приведенные затраты водопользователя i на достижение ПДС, тыс.руб./год.

Уравнения, описывающие качество воды в створе I, определим в соответствии с системой (3.2.2). Так как предприятие P_1 работает неполные сутки, то расход его сточных вод после очистных сооружений необходимо пересчитать на среднесуточный

$$Q_{1} = \frac{3 \cdot 16}{24} = 2 \ (м^3/с).$$

Участок реки между створами 0 и I разобьем на три секции с расходами Q_1, Q_2 и Q_3 равными 53, 55 и 50 $м^3/с$, соответственно. Скорость течения реки на участке примем равной средней из скоростей в начале и конце участка, т.е. 0,2I $м^3/с$.

Система (3.2.2) имеет вид

$$Y_1 = A_{10} Y_0 + B_{11} \frac{q_1 C_1}{Q_2}$$

Для определения A_0 и B_{11} вычислим разбавление речных вод между секциями. Имеем $\zeta_1 = 51/55$, $\zeta_2 = \zeta_3 = 1$. При этом

$$A_{10} = \prod_{j=1}^{3} \zeta_j \cdot S_i = \frac{51}{55} \cdot \prod_{j=1}^{3} S_j$$

$$B_{11} = \prod_{j=2}^{3} \zeta_j \cdot S_i = \prod_{j=2}^{3} S_j$$

Для матриц S_i диагональные элементы определяются по формуле (3.2.5), а все внедиагональные элементы, кроме S_j^{51}, равны нулю. Элемент S_j^{51}, характеризующий потребление кислорода, определим по формуле (3.2.6). Имеем

$$S_j^{51} = - \frac{0,23}{0,46 - 0,23} (S_j^{11} - S_j^{55}) = S_j^{55} - S_j^{11} .$$

Найдем времена перемещения воды в пределах секций I,2 и 3 имеющих длину 5, I5 и I0 км, соответственно.
Имеем $t_1 = 5/(0{,}21 \cdot 86{,}4) = 0{,}1757$ (сут) Аналогично $t_2 = 0{,}8267$ сут, $t_3 = 0{,}5511$ сут.

В соответствии с правилами перемножения матриц ненулевые элементы матриц A_{11} и B_{11} имеют вид

$$\alpha_{10}^{11} = \frac{53}{55}\prod_{i=1}^{3} e^{-k_\xi t_i} = \frac{53}{55}\, e^{-k_\xi (t_1+t_2+t_3)} = \frac{53}{55}\, e^{-k_\xi \cdot 1{,}6535}, \quad \xi = 1,\dots,6;$$

$$b_{11}^{\xi,\xi} = \prod_{i=2}^{3} e^{-k_\xi t_i} = e^{-k_\xi (t_2+t_3)} = e^{-k_\xi \cdot 1{,}3778}, \quad \xi = 1,\dots,6;$$

$$\alpha_{10}^{51} = \frac{53}{55}\left(S_1^{11} S_2^{13} S_3^{15} - S_1'' S_2'' S_3''\right) = \frac{53}{55}\left(\alpha_{10}^{55} - \alpha_{10}''\right);$$

$$b_{11}^{51} = S_2^{55} \cdot S_3^{55} - S_2'' \cdot S_3'' = b_{11}^{55} - b_{11}''$$

Запишем уравнения системы (3.2.2) используя полученные формулы.
Для БПК$_{полн.}$ имеем

$$Y_{11} = \alpha_{10}'' Y_{01} + b_{11}'' \frac{Q_1 C_{11}}{Q_2} = \frac{53}{55} e^{-0{,}23\cdot 1{,}6535} \cdot 2{,}8 + e^{-0{,}23\cdot 1{,}3778} \cdot \frac{2}{55} C_{11} =$$

$$= 0{,}0265\, C_{11} + 1{,}845$$

Аналогично

$$\begin{cases} Y_{12} = 0{,}0273\, C_{12} + 0{,}294, \\ Y_{13} = 0, \\ Y_{14} = 0{,}0312\, C_{14} + 2{,}542, \\ Y_{16} = 0{,}0342\, C_{16} + 0{,}056, \end{cases}$$

где Y_{1i} и C_{1i} – концентрации нефтепродуктов в створе I и сточных водах сброса P_1, соответственно.
Для записи Y_{15} определим по формуле (3.2.7) член, характеризующий насыщение речной воды атмосферным кислородом с учетом того, что растворимость кислорода в I м^3 воды при 20^{0}С составляет /14/

$$H_a = 9{,}17\ г/м^3, \qquad 2$$

$$h_{10}=H_2[\zeta_1(1-S_1^{55})\zeta_2 S_2^{55}\zeta_3 S_3^{55}+\zeta_2(1-S_2^{55})S_3 S_3^{55}+\zeta_3(1-S_3^{55})]=$$
$$=4,863\ (г/м^3)$$

Таким образом

$$Y_{15}=a_{10}^{51}Y_{01}+a_{10}^{55}Y_{05}+\frac{a_1}{Q_2}\left(b_{11}^{51}C_{11}+b_{11}^{55}C_{15}\right)+h_{10}=$$

$$=-0,00719C_{11}+0,01929C_{15}+7,657.$$

Качество воды в створах 2–3 определим в соответствии с системой (4 2 I). Вычислим по формуле (4 2 6) коэффициенты трансформации веществ, при этом для водохранилища коэффициент неконсервативности для $БПк_{полн}$ возьмем равным 0,0834 I/сут, по данным /33/ и /34/, для азота общего 0,0I I/сут /35/. Константа реаэрации для водохранилища – 0,345 I/сут /I4/ Имеем

$$Q_0 = I\ 0,0I/8,64\ I0^{-5} + I + 50 = I66,7\ (м^3/с).$$

Аналогично $Q_1 = I0I6,3\ м^3/с$, $Q_2 = 24Iс,3\ м^3/с$, $Q_3 = I2505I\ м^3/с$, $Q_4 = I347,3\ м^3/с$, $Q_5 = 4044,I\ м^3/с$, $Q_6 = 560,3\ м^3/с$, где Q_6 – коэффициент трансформации нефтепродуктов.

Фоновые концентрации веществ в водохранилище $Y_{ф}$ найдем из системы (4 2 2) При вычислении матрицы A этой системы по формулам (4.2 3)–(4.2 5) положим по данным /34/ $\gamma_1 = 0,42$; $\alpha_0 = -0,I9I$. Свободный член (4.2.7), равен I 0,I5 9,I7/8,64 I0^{-5} = =Iэ920,I, система (4 2 2) имеет вид

$$I0I6,3\,Y_ф^1 - 6I80,9\,Y_ф^2 - 6I80,9\,Y_ф^3 - 6I80,9\,Y_ф^4 = 50\,Y_{11} + I\,C_{21}$$
$$- I62,3\,Y_ф^1 + 2446,8\,Y_ф^2 = 50\,Y_{12} + I\,C_{22};$$
$$- I099,5\,Y_ф^2 + I25051,0\,Y_ф^3 = 50\,Y_{13} + I\,C_{23},$$
$$- I23703,7\,Y_ф^3 + I347,3\,Y_ф^4 = 50\,Y_{14} + I\,C_{24},$$
$$357,0\,Y_ф^1 + 377I,4\,Y_ф^2 + I4I022,2\,Y_ф^3 + 4044,I\,Y_ф^5 = 50\,Y_{15} + I\cdot C_{25} +$$
$$+ I5920,I,$$
$$560,3\,Y_ф^6 = 50\,Y_{16} + I\,C_{26}.$$

Решение системы имеет вид

$$Y_ф^1 = 0,I839\,Y_{11} + 0,\ 003678\,C_{21} + 0,8437\,Y_{21} + 0,0I687\,C_{22} +$$
$$+ 0,8437\,Y_{13} + 0,0I687\,C_{23} + 0,8437\,Y_{14} + 0,0I687\,C_{24};$$

$$Y_{\varphi}^{2} = 0,01220\,Y_{11} + 0,0002439\,C_{11} + 0,07638\,Y_{12} + 0,001528\,C_{12} + 0,05595\,Y_{13} + 0,001119\,C_{13} + 0,05595\,Y_{14} + 0,001119\,C_{14};$$

$$Y_{\varphi}^{3} = 0,0001072\,Y_{11} + 0,0000021\,C_{11} + 0,0005716\,Y_{12} + 0,0000134\,C_{12} + 0,000891\,Y_{13} + 0,0000178\,C_{13} + 0,000491\,Y_{14} + 0,0000098\,C_{14};$$

$$Y_{\varphi}^{4} = 0,009846\,Y_{11} + 0,0001969\,C_{11} + 0,0617\,Y_{12} + 0,001233\,C_{12} + 0,08188\,Y_{13} + 0,001638\,C_{13} + 0,08228\,Y_{14} + 0,001646\,C_{14};$$

$$Y_{\varphi}^{5} = -0,03135\,Y_{11} - 0,000627\,C_{11} - 0,1691\,Y_{12} - 0,003383\,C_{12} - 0,1578\,Y_{13} - 0,003155\,C_{13} - 0,1438\,Y_{14} - 0,002876\,C_{14} + 0,01236\,Y_{15} + 0,0002473\,C_{15} + 9,0544;$$

$$Y_{\varphi}^{6} = 0,08924\,Y_{16} + 0,001785\,C_{16};$$

Рассмотрим створ 2. Локальное влияние на качество воды в створе оказывает только сброс P_2, т.к. створ I расположен на достаточном удалении. Пусть выпуск сточных вод сброса P_2 осуществляется в верхнюю треть глубины. Вычислим начальное $N_{21}^{н}$ и основное $N_{21}^{о}$ разбавление сточных вод сброса P_2 по формулам (4.1.3), (4.1.5)-(4.1.6):

$$N_{21}^{н} = \frac{1+0,00215\cdot 0\cdot 3^{2}}{1+0,00215\cdot 0\cdot 3^{2}} = 1,$$

$$N_{21}^{о} = 1+0,112\left(\frac{500}{6,53\cdot 3^{1,17}}\right)^{0,617+0,0001\cdot\frac{500}{6,53\cdot 3^{1,17}}} = 3,83$$

Кратность разбавления для створа 2 вод сброса P_2 равна (3.1.3)

$$N_{21} = 1\cdot 3,83 = 3,83$$

Показатели качества воды в створе 2 в соответствии с (4.2.1) определяются как

$$Y_{21} = Y_{\varphi}^{1} + \frac{1}{3,83}\left(C_{21} - Y_{\varphi}^{1}\right) = 0,7389\,Y_{\varphi}^{1} + 0,2611\,C_{21} =$$

$= 0,1359\,Y_{11} + 0,2638\,C_{11} + 0,6234\,Y_{12} + 0,01247\,C_{12} + 0,6234\,Y_{13} +$
$+0,01247\,C_{13} + 0,6234\,Y_{14} + 0,01247\,C_{14}$;

Аналогично

$Y_{12} = 0,009011\,Y_{11} + 0,0001802\,C_{11} + 0,05644\,Y_{12} + 0,2622\,C_{12} +$
$+ 0,04134\,Y_{13} + 0,0008268\,C_{13} + 0,04134\,Y_{14} + 0,0008268\,C_{14}$;

$Y_{13} = 0,0000792\,Y_{11} + 0,00000016\,C_{11} + 0,0004963\,Y_{12} + 0,0000099\,C_{12} +$
$+ 0,0006589\,Y_{13} + 0,2611\,C_{13} + 0,0003635\,Y_{14} + 0,0000073\,C_{14}$;

$Y_{14} = 0,007275\,Y_{11} + 0,0001455\,C_{11} + 0,04557\,Y_{12} + 0,0009113\,C_{12} +$
$+ 0,06050\,Y_{13} + 0,001210\,C_{13} + 0,06080\,Y_{14} + 0,2623\,C_{14}$;

$Y_{15} = -0,02316\,Y_{11} - 0,0004633\,C_{11} - 0,1250\,Y_{12} - 0,0025\,C_{12} -$
$- 0,1166\,Y_{13} - 0,002331\,C_{13} - 0,1063\,Y_{14} - 0,002125\,C_{14} + 0,009136\,Y_{6} +$
$+ 0,2613\,C_{15} + 6,6903$;

$Y_{16} = 0,06594\,Y_{16} + 0,2624\,C_{16}$.

Рассмотрим створ 3. Он расположен на достаточном удалении как от створа I, так и от створа P_2, следовательно, показатели качества вод.в створе 3 определяются только фоновыми концентрациями, т.е.

$$Y_{3i} = Y_{\phi}^{i},\ i = 1, \ldots, 6$$

В соответствии с (3.2.8), установленные для створа I требования к качеству воды для коммунально-бытового водопользования имеют вид $Y_{11} \le 6,\ Y_{12} \le 2,\ Y_{14} \le 10,\ Y_{15} \ge 4,\ Y_{16} \le 0,3$

В створах 2-3 ПДК соответствуют требованиям к качеству воды для рыбохозяйственного водопользования. При этом азот аммонийный и нитритный входят в токсикологический ЛЛВ. Согласно (3.2.8) имеем $Y_{11} \le 3,\ Y_{12}/0,39 + Y_{13}/0,01 \le 1\ Y_{14} \le 9,1\ \ Y_{15} \ge 6,\ Y_{16} \le 0,05,\ i = \overline{1,3}$.

Водоохранные мероприятия в соответствии с формулами (3.2.9)-(3.2,11) описываются следующим образом:

$f_1 = 172,8 \cdot 325 \cdot (0,0485\,x_{11} + 0,0598\,x_{12} + 0,0897\,x_{13}) =$
$= 2723,76\,x_{11} + 3358,37\,x_{12} + 5037,55\,x_{13}$;

$f_2 = 86,4 \cdot 365 \cdot (0,0555\,x_{21} + 0,0820\,x_{22}) = 1750,26\,x_{21} + 2585,95\,x_{22}$;

$C_{11} = 240\,x_{10} + 15\,x_{11} + 5\,x_{12} + 3\,x_{13}$;

$C_{12} = 17\,x_{10} + 8\,x_{11} + 2,14\,x_{12} + 0,48\,x_{13}$;

$C_{13} = 0,1\,x_{11} + 0,1\,x_{12}$;

$C_{14} = 1\cdot x_{11} + 7,5\,x_{12} + 0,1\,x_{13}$;

$C_{15} = 4\,x_{11} + 8\,x_{12} + 8\,x_{13}$;

$C_{16} = 7\,x_{10} + 1,75\,x_{11} + 0,28\,x_{12} + 0,08\,x_{13}$;

$C_{17} = 20\,x_{10} + 3\,x_{11} + x_{12}$;

$C_{18} = 8\,x_{10} + 0,48\,x_{11} + 0,16\,x_{12}$;

$C_{19} = 0,1\,x_{10}$;

$C_{24} = 1,6\,x_{10} + 0,1\,x_{21} + 0,08\,x_{22}$;

$C_{25} = 3\,x_{10} + 8\,x_{21} + 8\,x_{22}$;

$C_{26} = 2,5\,x_{20} + 0,3\,x_{21}$;

$x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1$;

$x_{10} + x_{11} + x_{12} = 1$,

где x_{ij} – доля расхода сточных вод сброса i, отводимая в водный объект после прохождения водоохранного мероприятия j; x_{i0} – доля расхода сточных вод сброса i, отводимая в водный объект без очистки или без прохождения дополнительных водоохранных мероприятий.

Результаты решения сформированной задачи расчета ПДС веществ и оптимальных водоохранных мероприятий по их достижению, полученные с помощью ППП "ЛП в ЛЗУ", приведены в табл. П.2.6 – – П.2.6.

Табл. П.2.6

ПДС веществ и состав сточных вод после очистки

Сброс	ПДС, г/час/ состав сточных вод после очистки, г/м³				
	$ПДС_{полн.}$	азот NH_4	азот NO_2	азот NO_3	нефтепродукты
P_1	91700	47600	561	5980	10000
	12,7	6,58	0,001	0,83	1,39
P_2	16,0	1230	0	329	610
	2,15	0,341	0	0,091	0,170

Табл. П.2.7

2. Оптимальные водоохранные мероприятия для достижения ПДС

Сброс	Шифр мероприятия	Расход сточных вод, тыс.м³/сут	Расход сточных вод, в %	Приведенные затраты, тыс.руб./год
P_1	без очистки	-	-	-
	101/-	140,1	81	2208,5
	202/101	-	-	-
	206/101	32,7	19	953,1
			итого:	3161,6
P_2	101	-	-	-
	206/101	48,8	56,5	989,2
	302/206	37,6	43,5	1124,4
			итого:	2113,6
			Итого по участку бассейна :	5275,2

Табл. П.2.8

3 *Качество воды в створах участка бассейна реки*

Шифр створа	Показатели качества вод, г/м³ при существующем составе сточных вод/при реализации ПДС					
	$БПК_{полн.}$	азот NH_4^-	азот NO_2^-	азот NO_3^-	кислород	нефтепродукты
1	8,20	0,759	0	2,56	5,93	0,275
	2,18	0,474	0	2,59	7,66	0,084
2	8,58	2,33	0,028	0,68	6,94	0,674
	2,77	0,243	0,0014	0,219	8,46	0,05
3	4,55	0,32	0,0028	0,355	8,33	0,029
	3,0	0,209	0,0018	0,265	8,63	0,0078

Как следует из табл. П.2.8, лимитирующими показателями, определяющими степень очистки сточных вод, являются нефтепродукты в створе 2 и $БПК_{полн.}$ в створе 3.

Приложение 3

П Р И М Е Р

расчета ПДС загрязняющих веществ в прибрежную зону моря

Рассмотрим совокупность трех выпусков сточных вод в прибрежную зону моря. Схема участка приведена на рис. П.3.I, характеристики сбросов в табл. П.3.I.

В табл. П.3.2 приведены данные по химическому составу сточных вод выпусков I-3, фоновому качеству морской воды, нормативным требованиям к качеству воды в контрольных створах (ПДК).

В табл. П.3.3 приведены технико-экономические характеристики возможных водоохранных мероприятий, выбранные в соответствии с Рекомендациями по выбору характеристик сооружений очистки городских сточных вод /30/.

Вначале рассчитаем начальное разбавление для каждого из выпусков.

Выпуск I. Рассчитаем скорость истечения сточных вод по формуле (5.I.3)

$$v_{ст1} = \frac{4 \cdot q_1}{N_{o1} \pi d_{o1}^2} = \frac{4 \cdot I}{I \cdot 3,I4 \cdot (0,70)^2} = 2,60 \text{ м/сек.}$$

Теперь рассчитаем число Фруда по формуле (5.I.2):

$$F_{r_1} = \frac{v_{ст1}}{\sqrt{\frac{2d_{o1}}{g}\left|\rho_м - \rho_{ст1}\right|}} = \frac{2,60}{\sqrt{\frac{2,8I \cdot 0,72}{I,0I4 \cdot I}}} = 8,44.$$

Так как $\rho_{ст1} < \rho_м$ проверим согласно п.5.I.6 выполнение соотношения (5.I.4)

$$8,4I = F_{r_1} < I,I2 \frac{H_{o1}}{d_{o1}} = I,I2 \frac{5}{0,7} = 8,0 .$$

Соотношение не выполняется, следовательно для расчета начального разбавления необходимо применить формулу (5.I.6)

$$n_{н1} = \frac{0,425 \cdot v_{ст1} \cdot \ell_1}{0,05I + n_м} .$$

Для расчета параметра ℓ_1 *вначале рассчитаем диаметр струи* сточных вод в конце зоны начального разбавления по (5.I.9)

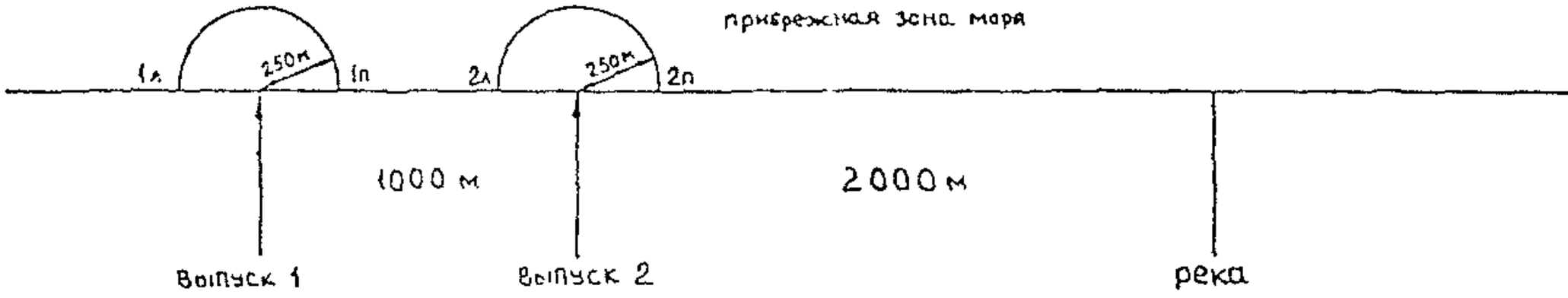

Рис. П. 3.1. Схема расположения выпусков сточных вод и контрольных створов

Таблица П.3.1

Характеристики условий сброса сточных вод

Выпуск	Расход сточных вод, $м^3/с$	Диаметр выпускного отверстия, м	Число выпускных отверстий	Угол истечения струи, град.	Расстояние по вертикали от выпуска до поверхности моря, м	Расстояние выпуска от берега, м	Плотность, $т/м^3$		Средняя глубина моря в месте выпуска, м	Минимальная скорость течения морских вод, м/с
							сточной воды	морской воды в месте выпуска		
I	I,0	0,7	I	25	5,0	40,0	I,0	I,0I4	5,0	0,05
2	I,5	I,0	I	20	5,0	35,0	I,22	I,0I4	5,0	0,05
3 (река)	I0,0	I5,0 (ширина устья)	I	0	0	0	I,0	I,0I4	5,0	0,05

Таблица П.3.2

Химический состав сточных вод, фоновое качество морской воды, нормативные требования к качеству воды (ПДК) в контрольных створах, значения коэффициентов неконсервативности веществ при температуре 20°С для основания натуральных логарифмов

Показатель	Состав сточных вод выпуска, $г/м^3$			Фоновое качество морской воды, $г/м^3$		ПДК, $г/м^3$		Значения коэффициентов неконсервативности, I/сут.
	I	2	3	створ I	створ 2	створI	створ2	
I. Аммонийный азот	7,5	6,0	0,25	0,33	0,33	0,39	0,39	0,207
2. Нитритный азот	0,3	0,7	0,0I5	0,005	0,005	0,02	0,02	I0,8
3. Медь	0,05	0,02	0,0002	0,0004	0,0004	0,00I	0,00I	0

Таблица II.3.3

Технико-экономические характеристики возможных водоохранных мероприятий при сбросе сточных вод

Выпуск	Число рабочих часов в сутках	Число рабочих дней в году	Расход сточных вод, тыс.м³/сут.	Шифр водоохранного мероприятия	Шифр предшествующего мероприятия	Приведенные затраты, руб./м³	Степень очистки сточных вод		Выходная концентрация, г/м³
							Аммонийный азот	Медь	Нитритный азот
I	24	365	85,4	201	101	0,0092	0,55	0,8	0,1
				206	101	0,0555	0,97	0,92	0
2	24	365	129,6	201	101	0,0078	0,55	0,8	0,1
				206	101	0,05	0,97	0,92	0

Примечание. Приведенные затраты учитывают только дополнительные затраты на очистку сточных вод по схемам 201 и 206 без учета уже реализованной схемы 101.

$$d_1 = v_{ст1} \cdot d_{01} \cdot \sqrt{\frac{38,6 \cdot \left(1 - \frac{u_м}{v_{ст1}}\right)}{0,051 + u_м}} = 2,60 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{\frac{38,6 \cdot \left(1 - \frac{0,05}{2,60}\right)}{0,051 + 0,05}} =$$

$$= 3 \cdot 5,24 м.$$

и сравним его с глубиной морл H в месте сброса.

Так как $35,24 = d_1 > H - 5$, то ℓ_1 определяется согласно п.5.I.8 по формуле (5.I.I0):

$$\ell_1 = I,825 \frac{H}{d_1} - 0,78I \frac{H^2}{d_1^2} - 0,038 =$$

$$= I,825 \frac{5}{35,24} - 0,78I \frac{5^2}{35,24^2} - 0,036 = 0,239.$$

Тогда

$$n_{н1} = \frac{0,425 \quad 2,60 \quad 0,239}{0,05I + 0,05} = 2,6I$$

Выпуск 2. Скорость истечения сточных вод

$$v_{ст2} = I,9I,$$

число Фруда

$$F_{r_2} = 6,87.$$

Так как $\rho_{ст2} > \rho_м$ проверяем соотношение (5.I.6)

$$6,87 = F_{r_2} \leq \frac{0,434 \cdot H_{02}}{d_{02} \cdot (\sin \varphi_2)^{1,5}} = \frac{0,434 \cdot 5}{1 - (\sin 20°)^{1,5}} = I0,85.$$

Соотношение выполняется, следовательно применяем формулу (5.I.7), выбирая F_2 из табл. 5.I равным I,06:

$$n_{н2} = 0,524 \cdot \cos \varphi_2 \sqrt{\sin \varphi_2} \cdot F_{r_2} \cdot F_2 =$$

$$= 0,524 \cdot \cos 20° \sqrt{\sin 20°} \cdot 6,87 \cdot 1,05 = 2,08$$

Выпуск 3. Так как выпуск № 3 является рекой с небольшой шириной устья, то согласно п.5.2.2 принимаем $n_{н3} = I$.

Теперь рассчитаем основное разбавление для каждой пары выпуск-контрольный створ. Расчеты производятся по формуле (5.I.II).

Выпуск I. Вначале вычислим входящие в формулы (5.I.II) – (5.I.20) параметры, не зависящие от вещества и расстояния между выпуском и створом, для которых рассчитывается разбавление. Это параметры вертикальной и горизонтальной диффузии D_{o1} и D_{r1} параметры сопряжения участков двумерной и трехмерной диффузии x_{o1}, x_1^*, ℓ_{H1} и параметр $z_{2,1}$;

$$\ell_{H1} = \frac{d_1 - d_{o1}}{0,48 \cdot \left(1 - 3,12 \frac{u_m}{\sigma_{ст1}}\right)} = \frac{35,215 - 0,7}{1,48 \cdot \left(1 - 3,12 \cdot \frac{0,05}{2,60}\right)} = 76,50,$$

$$D_{B1} = 0,0005,$$

$$D_{r1} = 0,032 + 21,8 u_m^2 = 0,032 + 21,8 \cdot (0,05)^2 = 0,0865,$$

Так как $z_{2,1} < 1$, то (см. (5.I.16))

$$x_{o1} = \frac{\pi^2 \cdot n_{r1}^2}{4\pi D_{r1} u_m H^2} - \ell_{H1} = \frac{1^2 \cdot (2,62)^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,0865 \cdot 0,05 \cdot 5^2} - 76,5 = -71,45 ,$$

$$x_1^* = \frac{u_m \cdot H_{cp}^2}{4\pi D_{B1}} - x_{o1} = \frac{0,05 \cdot 5}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,0005} - (-71,45) = 270,40.$$

Теперь для каждого из створов вычисляем входящие в формулы (5.I.II)–(5.I.20) зависящие от расстояния между створом и сбросами параметры z_1, γ_o и $\varphi(z_1)$.

Для створов $I_д$ и $I_п$ (первый правый и левый створы) имеем (так как $\ell_{1,1_л} = \ell_{1,1_п} = 250$ м)

$$z_{1,1,1_л} = z_{1,1,1_п} = \frac{250 + (-71,45)}{270,40 + (-71,45)} = 0,897,$$

$$\gamma_{o1,1_л} = \gamma_{o1,1_п} = 1 + \exp\left(-\frac{u_m \cdot \ell_{o1}^2}{D_{r1} \cdot (\ell_{1,1_л} + x_{o1})}\right) =$$

$$= 1 + \exp\left(-\frac{0,05 \cdot 40^2}{0,0865 \cdot (250 + (-71,45))}\right) = 1,006$$

Так как $Z_{1,1,1_л} < 1$, то $\varphi(Z_{1,1,1_л}) = Z_{1,1,1_л}$ (см. (5.I.I4)):

$$\varphi(Z_{1,1,1_л}) = \varphi(Z_{1,1,1_п}) = 0,897$$

и для аммонийного азота

$$n_{01,1_л,1} = n_{01,1_п,1} = \frac{\varphi(Z_{1,1,1_л})}{\gamma_{01,1} \cdot Z_{21}} \cdot exp\left(\frac{e_{1,1_л} + x_{01}}{86400\,u_м} \cdot \frac{\ell}{k_1}\right) =$$

$$= \frac{0,897}{1,006 \cdot 0,159} \cdot exp\left(\frac{250 + (-71,45)}{86400 \cdot 0,05} \cdot 0,207\right) = 5,67$$

Для створа $2_л$ (второй левый створ) имеем:

$$Z_{1,1,2_л} = 3,41,$$

$$\gamma_{01,2_л} = 1,256.$$

Так как $Z_{1,1,2_л} > 1$ то $\varphi(Z_{1,1,2_л}) = \sqrt{Z_{1,1,2_л}}$ (см. (5.I.I4)):

$$\varphi(Z_{1,1,2_л}) = \sqrt{3,41} = 2,434$$

и

$$n_{01,1,2_л} = \frac{2,434}{1,256 \quad 0,159} \cdot exp\left(\frac{750 - 71,45}{86400 \quad 0,05} \cdot 0,207\right) = 9,51.$$

Для остальных веществ, створов и сбросов расчеты производятся аналогично, результаты см. табл. П.3.4, П.3.5, П.3.6. Коэффициенты неконсервативности по аммонийному азоту и азоту нитритов см. табл. П.2.5.

Таблица П.3.4

Кратности основного разбавления между выпусками сточных вод и створами по аммонийному азоту

Выпуски сточных вод	Створы			
	$1_л$	$1_п$	$2_л$	$2_п$
I	5,67	5,67	9,5I	II,I2
2	8,79	7,43	4,58	4,58
3	3,93	3,57	3,I5	2,7I

Таблица П.3.5

Кратности основного разбавления между выпусками сточных вод и створами по нитритному азоту

Выпуски сточных вод	Створы			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
I	8,74	8,74	50,30	I99,6
2	I56,8	39,08	7,I0	7,I0
3	I364I	3608	936,6	237,9

Таблица П.3.6

Кратности основного разбавления между выпусками сточных вод и створами по меди

Выпуски сточных вод	Створы			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
I	5,60	6,60	9,23	I0,49
2	8,29	7,2I	4,58	4,58
3	3,36	3,I0	2,8I	2,49

Общее разбавление между выпуском сточных вод и створом по заданному веществу рассчитывается как произведение начального разбавления сточных вод в районе выпуска сточных вод и основного разбавления, см. (3.I.3). Для створа I.I, выпуска сточных вод I и аммонийного азота

$$n_{1;1_л;1} = n_{н1} \cdot n_{о1,1_л,1} = 2,62 \cdot 5,67 = I4,82.$$

Для остальных выпусков, створов и веществ расчеты производятся аналогично, их результаты представлены в табл. П.3.7, П.3.8, П.3.9.

Таблица П.3.7

Кратности общего разбавления сточных вод между выпусками и створами по аммонийному азоту

Выпуски сточных вод	Створы			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
I	I4,82	I4,82	24,9I	29,I3
2	I8,25	I5,4I	9,62	9,62
3	3,93	3,57	3,I5	2,7I

Таблица П.3.8

Кратности общего разбавления сточных вод между выпусками и створами по нитратному азоту

Выпуски сточных вод	Створы			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
I	22,89	22,89	I3I,7	522,9
2	325,0	8I,08	I4,76	I4,76
3	I3642	3608	936,6	237,9

Таблица П.3.9

Кратности общего разбавления между выпусками сточных вод и сбросами по меди

Выпуски сточных вод	Створы			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
I	I4,67	I4,67	24,I8	27,48
2	I7,22	I4,96	9,52	9,52
3	3,36	3,I0	2,8I	2,49

Запишем для нашего случая задачу линейного программирования (3.2.I) (5.2.3)-(5.2.4), (3.2.8)-(3.2.II).

Целевая функция имеет вид

$$F = f_1 + f_2,$$

где f_1 - приведенные затраты водопользователя i на реализацию водоохранных мероприятий. Выразим эти затраты через доли очистки сточных вод по соответствующим технологиям согласно (3.2.9):

$$f_1 = 365 \cdot 86,4 \cdot q_1 \cdot (d_1^0 x_{11} + d_2^0 x_{12} + d_3^0 x_{13}) =$$

$$= 365 \cdot 86,4 \cdot 1,0 \cdot (0 \cdot x_{11} + 0,0092\, x_{12} + 90555\, x_{13}) =$$

$$= 290,1 \cdot x_{12} + 1750,2 \cdot x_{13},$$

где d_1^0 , d_2^0 , d_3^0 *удельная приведенная стоимость очистки* сточных вод по нулевой схеме (без дополнительной очистки), 20I схеме и 206 схеме, соответственно (см. табл. П.3.3);

$$f_1 = 369,0 \cdot x_{21} + 2365,2 \cdot x_{23}.$$

Таким образом

$$F = 290,1 \cdot x_{12} + 17502 \cdot x_{13} + 369,0 \cdot x_{21} + 2365,2 \cdot x_{23}.$$

Ограничения на доли очистки, см. (3.2.II):

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1,$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1.$$

Ограничения на качество вод в створе $I_{л}$

$$Y_{1,1} \leq 0,39; \qquad Y_{1,2} \leq 0,02; \qquad Y_{1,3} \leq 0,001.$$

Здесь $Y_{1,1}$, $Y_{1,2}$, $Y_{1,3}$ - концентрации в створе $I_{л}$ аммонийного азота, нитритного азота и меди, соответственно.

Ограничения в остальных контрольных створах полностью аналогичны.

Выразим концентрации загрязняющих веществ в контрольном створе $I_{п}$ через их концентрации в сбросах сточных вод после очистки, см. формулу (5.2.3)-(5.2.4):

- азот аммонийный

$$Y_{1,1} = Y_{\phi 1} + \sum_{i=1}^{3} (c_{i,1} - Y_{\phi 1}) \cdot \frac{1}{n_{i,1,1}} =$$

$$= 0,33 + (C_{II} - 0,33)\frac{I}{14,02} + (C_{2I} - 0,33)\frac{I}{10,25} +$$

$$+ (C_{3I} - 0,33)\frac{I}{3,93} =$$

$$= 0,0975C_{II} + 0,0510C_{2I} + 0,2510C_{3I} + 0,2I;$$

$$Y_{4,I} = Y_{qI} + (C_{II} - Y_{qI})\cdot\frac{I}{D_{4,I}} =$$

$$= 0,33 + (C_{II} - 0,33)\frac{I}{14,02} = 0,0975C_{II} + 0,3I;$$

$$Y_{2,I} = 0,1040C_{2I} + 0,3I75C_{3I} + 0,I9;$$

$$Y_{3,I} = 0,0340C_{II} + 0,1040C_{2I} + 0,28;$$

– воот материал

$$Y_{1,I} = 0,0437C_{I2} + 0,0031C_{22} + 0,0001C_{32} + 0,0I4;$$

$$Y_{4,I} = 0,0437C_{I2} + 0,0I45;$$

$$Y_{2,I} = 0,0670C_{22} + 0,0001C_{32} + 0,0I4;$$

$$Y_{3,I} = 0,0019C_{I2} + 0,0670C_{22} + 0,0I4;$$

– песок

$$Y_{1,I} = 0,0032C_{I3} + 0,0501C_{23} + 0,2976C_{33} + 0,0002З;$$

$$Y_{4,I} = 0,0032C_{I3} + 0,0037;$$

$$Y_{2,I} = 0,I05CC_{23} + 0,3559C_{33} + 0,0002;$$

$$Y_{3,I} = 0,0004C_{I3} + 0,I05CC_{23} + 0,0003I.$$

Вычислим расчетную концентрацию азота аммонийного в контрольном створе $I_л$ при исходном уровне сбросов

$$Y_{л1} = 0,0675 \cdot 7,5 + 0,0548 \cdot 6,0 + 0,254 \cdot 0,25 + 0,21 = 1,11.$$

Расчеты по остальным выпускам и веществам проводятся аналогично, результаты приведены в табл. П.3.10.

Таблица П.3.10

Расчетные концентрации в контрольных створах при исходном уровне сбросов, г/м^3

Вещество	Концентрация в створе			
	$I_л$	$I_п$	$2_л$	$2_п$
Аммонийный азот	I,II	0,82	0,89	I,I6
Нитратный азот	0,052	0,049	0,06I	0,063
Медь	0,0060	0,0038	0,0045	0,0064

Примечание. Расчетные концентрации соответствуют наиболее неблагоприятным гидрологическим условиям, т.е. для створов $I_л$ и $2_л$ направлению течения справа налево, а для створов $I_п$ и $2_п$ – слева направо.

Выразим согласно формуле (3.2.10) концентрацию загрязняющих веществ в сточных водах выпусков I и 2 через доли расхода этих выпусков, очищаемые по заданным технологическим схемам:

– азот аммонийный

$$C_{111} = C^{*}_{111} X_{11} + C^{1}_{111} X_{12} + C^{2}_{111} X_{13} = 6,0 x_{11} + 3,375 x_{12} + 0,12 x_{13},$$

здесь X_{11} – доля расхода сточных вод, сбрасываемая без дополнительной очистки, X_{12} – очищаемая по технологической схеме 201 и X_{13} – по технологической схеме 206 см. табл. П.3.2, П.3.3);

$$C_{21} = 6,0\ x_{11} + 2,7\ x_{12} + 0,18\ x_{13},$$

$$C_{31} = 0,25;$$

– азот нитритный

$$C_{41} = 0,80\ X_{11} + 0,1\ x_{12};$$

$c_{32} = 0{,}70\ x_{31} + 0{,}1\ x_{33}$;

$c_{31} = 0{,}015$;

– медь

$c_{13} = 0{,}05\ x_{11} + 0{,}01\ x_{12} + 0{,}004\ x_{13}$;

$c_{23} = 0{,}02\ x_{21} + 0{,}004\ x_{22} + 0{,}0016\ x_{23}$;

$c_{33} = 0{,}0002$.

Для решения сформированно задачи может быть использована любая система линейного программирования, например, "ЛП в АСУ" или ПМП – 2 на ЕС ЭВМ, "Микро-ЛП" или LP-[illegible] АН УССР на персональных IBM PC совместимых ЭВМ. В данном случае была использована последняя система.

Полученные в результате решения задачи предельно допустимые сбросы загрязняющих веществ и прогнозные концентрации их в контрольных створах приведены в табл. П.3.11, П.3.12.

Таблица П.3.11

Предельно допустимые сбросы

Выпуск сточных вод	ПДС, г/час / состав сточных вод после очистки, г/м³		
	азот аммонийный	азот нитратный	медь
1	4248,0 / 1,18	108,0 / 0,030	20,88 / 0,0058
2	3618,0 / 0,67	102,6 / 0,019	22,14 / 0,0041

Таблица П.3.12

Прогнозные концентрации в контрольных створах при сбросах на уровне ПДС, г/м³

Контрольный створ	азот аммонийный	азот нитратный	медь
1 л	0,39	0,015	0,0009
1 п	0,39	0,016	0,0008
2 л	0,34	0,015	0,0007
2 п	0,39	0,015	0,001

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик: Закон СССР от 10 декабря 1970 г. № 564-УШ. Ведомости Верховного Совета СССР, 1970, № 50, ст. 566.
2. О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов: Постановление Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 1 декабря 1978 г. № 984. Собрание постановлений правительства Союза Советских социалистических республик, 1979, № 2, ст. 6.
3. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. - М., 1975. - 38 с.
4. Правила охраны от загрязнения прибрежных вод морей. - М., 1984. - 109 с.
5. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения (приложение 2). - М., 1988. (Сан.ПиН № 4630-88).
6. Дополнительный перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов к приложению № 3 "Правил охраны поверхностных вод", № 1-9: Утв. Главрыбводом № 30-11-22, 1983-1989 гг. - 21 с.
7. Методические указания по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами: Утв. Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР 25 июня 1982 г. № 13-3-05/625. - М. - Харьков, 1982. - 81 с.
8. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 52 с.
9. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами в прибрежные воды морей: Утв. Минводхозом СССР 5 мая 1986 г. - Харьков, 1986. - 30 с.
10. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ЦИТП. Госстроя СССР, 1986. - 72 с.

11. Лапшев Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977. – 86 с.
12. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. М.: Стройиздат, 1984. – 262 с.
13. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. – М.: Стройиздат, 1977. – 223 с.
14. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / Н.И. Лихачев, И.И.Ларин, С.А. Хаскин и др. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
15. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 285 с.
16. Сухоруков Г.А., Цыбульник С.А. Принципы определения предельно допустимых сбросов и их взаимосвязь с оптимальным планированием водоохранных мероприятий // Комплексные водоохранные мероприятия: Сб. науч. тр. – Харьков: ВНИИВО, 1981. – С. 140-153.
17. Озмидов Р.В. Диффузия примесей в океане. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 129 с.
18. Баранник В.А., Кресин В.С. Расчет локального влияния сосредоточенного выпуска сточных вод на качество воды водоема // Водоохранные комплексы речных бассейнов: Сб. науч. тр. – Харьков: ВНИИВО, 1985. – С. 95 – 101.
19. Нухтяр Л.А., Осипов Ю.С. Турбулентные характеристики прибрежной зоны моря // Вопросы гидрологии и гидрохимии южных морей: Труды ГОИН, вып. 158. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 35-41.
20. Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Том 2. Процессы турбулентной диффузии примесей в море / Под ред. В.И. Заца. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 113 с.
21. Рекомендации по расчету рассеивающих выпусков сточных вод в реки и водоемы. – М.: Госстрой СССР, 1977. – 64 с.
22. Баранник В.А., Кресин В.С. Расчет кратности основного разбавления сточных вод, поступающих в водохранилище из рассеивающего выпуска сложной конфигурации // Охрана вод речных бассейнов: Сб. науч. тр. – Харьков: ВНИИВО, 1987. – С.132-137.
23. Сухоруков Г.А., Цыбульник С.А., Лапшина А.П., Попов Ю.Ф. Система расчетов прогноза качества поверхностных вод и оп-

тивальных водоохранных мероприятий в бассейне реки с применением ЭВМ // Научн.-техн. достижения, рекомендуемые для использования в мелиорации и водном хозяйстве: Каталог паспортов. - М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1984, вып. 6. - С. 145-146.
24. Справочник по охране водных ресурсов / В.А. Львов, В.Н. Ладыженский, А.К. Кузин и др. - Киев: Урожай, 1989. - 176 с.
25. Брукацкий Е.В. Турбулентные стратифицированные струйные течения. - Киев : Наукова думка, 1968. - 296 с.
26. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения. - М., 1988, (Сан ПиН № 4031-85).
27. Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов. - М.: Минжилкомхоз РСФСР, 1988.
28. Технические условия на качество и режим сброса сточных вод предприятий в канализационную сеть. - Харьков: Укркоммунпроект, 1985, (РТЗ 204 УССР 35-86).
29. Рекомендации по оценке и выбору технико-экономических характеристик водоохранных комплексов. Сплавная промышленность. Угольные предприятия. - Харьков : Минводхоз СССР: ВНИИВО, 1988.
30. Рекомендации по оценке и выбору технико-экономических характеристик сооружений очистки городских сточных вод. - Харьков: Минводхоз СССР: ВНИИВО, 1987.
31. Рекомендации по оценке и выбору технико-экономических характеристик водоохранных комплексов предприятий черной металлургии. - Харьков: Госкомитет СССР по охране природы: ВНИИВО, 1989.
32. Рекомендации по оценке и выбору технико-экономических характеристик водоохранных комплексов предприятий цветной металлургии. - Харьков: Госкомитет СССР по охране природы: ВНИИВО, 1989.
33. Скопинцев Б.А. и др. Органическое вещество в воде Онежского озера и некоторых водоемов Волжско-Балтийского водного пути летом 1966 г. // Органическое вещество и элементы гидрологического режима волжских водохранилищ.. - Л.: Наука, Ленинградское отделение. 1972. - С. 54-61.
34. Трифонова И.А., Калинина Л.А. Содержание и распределение соединений азота в Рыбинском водохранилище в летне-осенний период. Там же. - С. 73-79.
35. Еременко Е.В., Зимбалевская Л.П. моделирование качества воды в водохранилище в зоне влияния тепловых сбросов // Моделирование и контроль качества вод: Сб. науч. тр. - Харьков: ВНИИВО, 1988. - С. 3-13.

35. Кухарь В.П.,Зайцев Н.Д.,Сухоруков Г.А. Экотехнология.Оптимизация технологии производства и природопользования.- Киев:Наукова думка.1989.- 264 с.