МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ГОССТРОЙ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ОХРАНЕ ВОД (ВНИИВО)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Москва - Харькоа

1982

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ГОССТРОЙ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ОХРАНЕ ВОД

(ВНИИНО)

УТВЕРЖДЕНО

Минводхозом СССР

" 25 " 06. 1982г.,

№ 13-2-05/625

УТВЕРЖДЕНО

Минздравом СССР

" 10 " 07. 1980г.,

№ 2183-80

СОГЛАСОВАНО

Минрыбхозом СССР

" 21 " 06. 1982г.,

№ 30-11-9

СОГЛАСОВАНО

Госстроем СССР

" 27 " 01. 1982г.,

№ ИА-431-20/5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Москва - Харьков

1982

Методические указания по применению Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами разработаны на основании совместного решения Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерства здравоохранения СССР, Министерства рыбного хозяйства СССР и Госстроя СССР комиссией, образованной в соответствии с решением секции "Регулирование качества воды и охрана водоемов" ГосНТ от 12 октября 1977 г. № 44-3/308, в составе: Е.В.Еременко - председатель, Ю.П.Беличенко, В.Н. Лаврухенский (Минводхоз СССР), С.Н.Черкинский, Л.В.Степанова, А.П.Сергеев (Минздрав СССР), Л.А.Лесников, Л.Г.Шабурова (Минрыбхоз СССР), И.Д.Родзиллер, В.В.Тамбовцев (Госстрой СССР), А.В.Караушев (Госкомгидромет), Л.Л.Пааль, Ю.П.Безобразов (Минвуз СССР).

Настоящие методические указания не являются отдельным нормативным документом, а служат дополнением к действующим Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, содержат разъяснения к отдельным положениям Правил, основные принципы определения условий спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния, а также методики определения необходимых мероприятий, обеспечивающие охрану водных ресурсов. Даны примеры применения расчетных методов для определения условий сброса сточных вод для наиболее часто встречающихся задач. В более сложных случаях, не охватываемых приведенными формулами и примерами, следует руководствоваться указаниями п.IУ.4.

I. ПОЯСНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОХРАНЫ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПРАВИЛАХ

I.I. Настоящие Методические указания разработаны для обеспечения однозначного понимания положений Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, утвержденных 16 мая 1974 г. Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством здравоохранения СССР и Министерством рыбного хозяйства СССР (именуемые в дальнейшем Правилами); применения единообразных расчетных методов при определении условий сброса сточных вод в водные объекты в целях соблюдения основных принципов охраны вод и предназначены для органов по регулированию использования и охране вод системы Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения СССР, органов рыбоохраны Министерства рыбного хозяйства СССР (именуемых в дальнейшем органами государственного надзора), а также для организаций, осуществляющих контроль состояния водных объектов, проектирование, строительство и эксплуатацию предприятий и сооружений, влияющих на состояние поверхностных вод.

I.2. При разработке и осуществлении мероприятий по охране поверхностных вод от загрязнения наряду с Правилами необходимо руководствоваться также государственными стандартами, строительными нормами и правилами и другими нормативными документами, регламентирующими хозяйственную деятельность в целях охраны вод и утвержденными или согласованными органами государственного надзора. Определяющими являются требования того документа, который предъявляет наиболее жесткие нормативы каче-

ства воды в соответствии с видом водопользования (п.4 Правил).

I.3. Охрана водных объектов в СССР направлена на обеспечение потребностей в воде и защиту интересов всех отраслей народного хозяйства и культуры, заинтересованных в охране поверхностных вод от загрязнения при условии преимущественного удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения. При условии приоритета удовлетворения нужд населения в воде подлежат учету требования любой отрасли народного хозяйства и культуры по мере разработки и обоснования этих требований и включения их в Правила.

I.4. Различие характера водопользования для многообразных народнохозяйственных целей делает обязательной дифференциацию задач и методов научного обоснования специальных требований к качеству воды и состоянию водных объектов для каждого вида водопользования, а также характера и объема необходимых мероприятий по очистке и обезвреживанию сточных вод.

I.5. При решении вопроса об отведении сточных вод в водный объект и о мерах по его охране от загрязнения следует исходить из степени его загрязненности и водности, которая может создаваться или создается у расчетных (контрольных) створов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

I.6. В качестве критериев для оценки допустимой степени изменения качества поверхностных вод служат требования к составу и свойствам воды и предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в воде водных объектов в соответствии с видом водопользования (хозяйственно-питьевого, культурно-бытового, рыбохозяйственного и др.).

Водные объекты следует считать загрязненными, если на створе с расчетного или контрольного пункта (створа) не соблюдаются при расчетной водности (п.37 Правил) установленные для данного вида водопользования требования к составу и свойствам воды и значения ПДК, приведенные в Правилах и в дополнительных перечнях ПДК, утвержденных Минздравом СССР и Минрыбхозом СССР. Дополнительные перечни по мере завершения научно-исследовательских работ по нормированию ПДК издаются после утверждения Минздравом СССР и Минрыбхозом СССР соответственно характеру и категории водопользования.

При этом качество воды считается нормативным, если оно отвечает обобщенным (интегральным) санитарным показателям (цвет, запах, pH, взвешенные вещества, растворенный кислород, общая минерализация и т.п.) и удовлетворяет пп.21 и 27 Правил.

I.7. К п.4 Правил. В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд народного хозяйства при определении условий сброса сточных вод следует исходить из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод. При многоцелевом использовании водного объекта или его участка принципиальные решения по сбросу сточных вод в водный объект следует рассматривать с учетом интересов всех существующих и перспективных водопользователей на основании генеральной, бассейновой или территориальной схемы комплексного использования и охраны вод.

I.8. К п.6 Правил. В тех случаях, когда сброс сточных вод Правилами запрещается, должны быть разработаны инженерные мероприятия, обеспечивающие оборотное и повторное их использование, или полную ликвидацию созданием бессточных систем водопользова-

ний. В соответствии с п.6 Правил запрещается сброс со сточными водами веществ, ПДК для которых не установлены. В этом случае в соответствии с п.31 Правил водопользователи должны к началу разработки проекта канализования, очистки, обезвреживания и обеззараживания сточных вод обеспечить осуществление необходимых исследований с целью установления ПДК.

В исключительных случаях, надлежащим образом мотивированных и согласованных с санитарно-эпидемиологической службой Минздрава СССР и союзных республик, может быть разрешено временное использование ориентировочных безопасных уровней веществ (ОБУВ), разрабатываемых гигиеническими учреждениями расчетными или экспресс-экспериментальными методами, с тем чтобы к согласованному сроку разработки проектной документации по очистке сточных вод были выполнены исследования, необходимые для обоснования и утверждения в установленном порядке официальных ПДК.

Примечания: Отсутствие ПДК на какие-либо вещества не дает основания считать, что такие вещества отсутствуют в сточных водах или в воде водного объекта выше расчетного выпуска сточных вод.

1.9. К п.10 Правил. При определении условий спуска сточных вод в водные объекты особенно большое внимание должно быть уделено учету качества воды водных объектов выше места проектируемого сброса сточных вод (фоновая концентрация), как основного условия, предупреждающего накопление вредных веществ при последовательном расположении выпусков сточных вод. Фоновая концентрация определяется применительно к расчетным условиям водности согласно п.37 Правил. Для незарегулированных водотоков

данные качественной характеристики воды в расчетном (контрольном) створе должны быть пересчитаны на минимальный среднемесячный расход воды года 95% обеспеченности по формуле:

$$C_{расч.} = \frac{C_ф \cdot Q_ф}{Q_{95\%}},$$

где $C_ф$ – фактически определенная анализом концентрация контролируемых веществ при $Q_ф$;

$Q_ф$ – фактический расход водотока по данным органов Госкомгидромета;

$Q_{95\%}$ – минимальный среднемесячный расход воды года 95% обеспеченности.

I.IO. К п.2I и 27 Правил. При расчете суммарного воздействия нескольких веществ одинакового лимитирующего признака вредности следует одновременно с веществами, которые могут поступать от проектируемого и существующих вышерасположенных выпусков, учитывать также аналогичные вещества, содержащиеся в природной воде в расчетном (контрольном) створе.

I.II. Для каждого конкретного случая при установлении лимита отведения сточных вод в водный объект и для прогнозирования степени загрязненности водного объекта ниже по течению проектируемого выпуска расчет величины предельно допустимого сброса производится на основе уравнения баланса, учитывающего фоновую концентрацию, гидравлические и гидродинамические особенности водного объекта, возможную степень разбавления сточных вод и самоочищения воды (см.п.I4) при условии обязательного обеспечения в расчетном створе концентрации контролируемых веществ, не превышающей нормативных требований к составу и свойствам воды водного объекта, установленных для данного вида во-

дополь[зования]. Расчеты производятся в соответствии с разделами III и IV настоящих методических указаний.

1.1.12. Наблюдающийся в водных объектах процесс трансформации преимущественно органических веществ, распад которых происходит, как правило, по закону мономолекулярных реакций (реакция 1 порядка), может приниматься в расчет самоочищения водного объекта не только при его достаточной выраженности, скорости и постоянстве природных условий (температуры, свойств воды водного объекта и др.), но и при наличии данных об отсутствии в продуктах распада веществ более опасных по принятым признакам вредности. Следует также учитывать влияние процессов самоочищения на сапробность среды в зоне самоочищения и кислородный режим водного объекта.

1.1.13. К п.22 и 23 Правил. В соответствии с "Положением об охране рыбных запасов и о регулировании рыболовства в водоемах СССР", утвержденным постановлением Совета Министров СССР от 15.09.1958 г. № 1045, рыбохозяйственными считаются водные объекты (территориальные воды СССР, внутренние моря, реки, озера, пруды, водохранилища и их придаточные воды), которые используются или могут быть использованы для промысловой добычи рыбы и других водных животных и растений или имеют значение для воспроизводства запасов промысловых рыб. Вопрос об отнесении водного объекта или его участка к рыбохозяйственным водным объектам может быть решен только органами рыбоохраны.

На основании ст.28 Основ водного законодательства Союза ССР и союзных республик на рыбохозяйственных водоемах или их отдельных участках, имеющих особо важное значение для сохранения воспроизводства ценных видов рыб или других объектов водно-

го промысла, права водопользователей могут быть ограничены в интересах рыбного хозяйства.

Перечень таких водоемов или их участков и виды ограничений водопользования определяются органами по регулированию использования и охране вод по представлению органов, осуществляющих охрану рыбных запасов.

I.I4. К п.35 Правил. Водопользователи обязаны обеспечить установку и нормальную эксплуатацию приспособлений и устройств для отбора сточных вод на анализ и контрольно-измерительной аппаратуры для контроля за расходом, составом и свойствами сточных вод.

Расходомерная аппаратура должна быть установлена на каждом выпуске сточных вод в водные объекты.

I.I5. К п.4I Правил. Условия отведения сточных вод вновь проектируемых или действующих объектов указываются в разрешениях на специальное водопользование, выдаваемых органами по регулированию использования и охране вод после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и другими заинтересованными органами.

I.I6. К п.45 Правил. В случаях, когда при разработке проектной документации возникает необходимость внесения изменений в решение, согласованное на стадии выбора площадки (изменение места сброса сточных вод и др.), проектная организация обязана согласовать эти изменения с органами государственного надзора.

II. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

II.I. Деятельность органов государственного надзора в области охраны водных объектов от загрязнения осуществляется в двух направлениях - текущего контроля и предупредительного (профилактического) надзора.

II.I.I. В порядке текущего контроля обязательной частью этой работы является изучение санитарного состояния водных объектов в местах водопользования, что, как правило, позволяет дать ответ и на вопрос об эффективности проведенных мероприятий выше по течению контрольных створов с целью уменьшения загрязнения водных объектов и устранения вредного влияния поступающих в водный объект сточных вод на условия водопользования.

На обследуемом водном объекте или его участке в соответствии с п.I7 Правил санитарно-эпидемиологической службы должны быть определены расчетные (контрольные) створы водопользования и установлены места для отбора проб воды из водного объекта согласно указаниям пп.I8,24 Правил, местоположение расчетного (контрольного) створа должно быть также согласовано с органами рыбоохраны. Наряду с этим, следует проводить отбор проб воды в водном объекте выше по течению выпуска сточных вод, влияние которого предполагается установить.

При осуществлении контроля весьма важно получить данные о степени превышения расхода воды водного объекта по сравнению с расчетными гидрологическими условиями, принятыми при проектировании очистных сооружений. При анализе отобранных проб воды следует иметь в виду важность получения данных о специфических загрязняющих веществах в промышленных сточных водах,

поступающих в водный объект. Оценка эффективности осуществленных мероприятий по охране водного объекта дается на основе сравнения полученных результатов обследования с нормативными данными, приведенными в Правилах.

П.1.2. Как предусмотрено УI разделом Правил "Согласование условий отведения сточных вод в водные объекты", органам по регулированию использования и охране вод, а также органам и учреждениям санитарно-эпидемиологической службы и органам рыбоохраны уже на первом этапе проектирования, т.е. при выборе и отведении площадки для нового объекта или реконструкции существующего должны быть представлены материалы в соответствии с п.42 Правил.

Все представляемые на согласование материалы должны быть конкретными и достоверными по характеру информационных источников и методов их получения. Только при этих условиях они могут быть использованы при расчете условий спуска сточных вод в водные объекты и прогнозировании их санитарного состояния.

П.2.2. При указанных условиях могут решаться расчетным методом следующие основные задачи:

при выборе места строительства предприятия установить необходимую степень разбавления в расчетном (контрольном) створе;

определить, до какой степени следует очищать и обезвреживать сточные воды, чтобы в расчетного (контрольного) створа водопользования были обеспечены нормативы качества воды.

П.3. Определение условий отведения сточных вод в водотоки основывается на расчетных методах, учитывающих состав сточных вод, состав и свойства воды водных объектов и условия водопользования ниже выпуска сточных вод.

П.4. Основные уравнения для расчетов отведения сточных вод в водотоки имеет следующий вид:

$$qC_{ст} + \gamma QC_р = (q + \gamma Q)C_{п.вод}, \qquad (II-1)$$

где Q и q - соответственно расчетные расходы воды в водном объекте и сточных вод;

$C_{ст}, C_р$ - концентрация загрязняющего вещества одинакового вида в сточных водах и в водном объекте до места спуска сточных вод;

$C_{п.вод}$ - принимается как максимальная концентрация в расчетном (контрольном) створе;

γ - коэффициент смешения (метод определения изложен в разделе III).

Далее рассмотрены различные расчетные случаи.

П.4.1. Первый расчетный случай

Из уравнения (II-1) следует, что

$$C_{ст.пр} \leq \gamma \frac{Q}{q}(C_{пр.доп} - C_р) + C_{пр.доп}, \qquad (II-2)$$

где $C_{ст.пр}$ - максимальная (предельная) концентрация, которая может быть допущена в сточных водах (или тот уровень очистки сточных вод, при котором после их смешения с водой водного объекта у расчетного (контрольного) створа водопользования степень загрязнения не должна превзойти установленного предела $C_{пр.доп}$, т.е. ПДК. Таким образом, величина $C_{от.пр.}$ кладется в основу проектирования мероприятий по уменьшению загрязнения, чтобы достигнуть соответствия условий отведения сточных вод санитарным и рыбохозяйственным требованиям. Этот расчетный прием пригоден для наиболее простого случая, когда имеется только один выпуск сточных вод, содержащих в основном одно загрязняющее

вещество при условии, что в воде водного объекта отсутствуют вещества того же лимитирующего признака вредности (ЛПВ).

Расчетный метод позволяет выявить случай, когда разбавление не может быть использовано для решения вопроса и когда, по существу, спуск в водный объект сточных вод должен быть практически исключен. Если вода водного объекта к месту предполагаемого нового спуска сточных вод уже загрязнена, причем: $C_р \geq C_{пр.доп.}$, тогда не трудно видеть, что уравнение

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma Q}{q}\left(C_{пр.д} - C_р\right) + C_{пр.д} \qquad (П-3)$$

примет вид: $C_{ст.пр.} \leq C_{пр.д.}$ Это означает, что нормативные требования должны быть отнесены не к воде водного объекта у расчетного (контрольного) створа, а к самим сточным водам.

Изложенное показывает, что при $C_р \geq C_{пр.доп.}$ новый выпуск сточных вод недопустим во всех случаях, когда сточные воды не очищаются до $C_{пр.доп.}$ Необходимость столь глубокой очистки и обезвреживания сточных вод ставит под сомнение целесообразность строительства, с которым связано отведение сточных вод в данных условиях, и по технико-экономическим соображениям, однако вопрос о строительстве нового объекта может быть решен путем повышения степени очистки сточных вод вышерасположенных объектов.

П.4.2. Второй расчетный случай

Прогнозирование санитарного состояния водного объекта при заданных количестве и составе сточных вод (q , $C_{ст.}$), при местных условиях возможного разбавления сточных вод (γ, Q), и исходного санитарного состояния водного объекта ($C_р$.) до проектируемого выпуска сточных вод может осуществляться по уравнению (П-I), решенному относительно $C_{п.вод}$.

$$C_{\text{п.вод.}} = \frac{qC_{\text{ст}} + \gamma Q C_{\text{р}}}{q + \gamma Q} \qquad \text{(П-4)}$$

При этом прогноз может быть качественно оценен путем сравнения у расчетного (контрольного) створа величины Сп.вод. и Спр.д. для характерного загрязняющего вещества. При Сп.вод. < Спр.д. прогноз санитарного состояния является благоприятным. В противном случае необходимы специальные меры по уменьшению количества или концентрации сточных вод. Объем и характер технологических и санитарно-технических мероприятий должен проектироваться в зависимости от того, насколько Сп.вод. превышает Спр.доп.

П.4.3. Третий расчетный случай.

Содержащиеся в сбрасываемых сточных водах вещества относятся к одной группе по лимитирующему признаку вредности, но предельно допустимые концентрации их (ПДК) разные, и каждое из веществ обнаруживается в сточных водах в разных концентрациях. Концентрация первого вещества $C^{I}_{ст.}$, второго $C^{2}_{от.}$, следующих – $C^{n}_{от.}$, расход сточных вод q одинаков.

Можно решить эту задачу, определяя предельные уровни концентрации каждого из веществ раздельно, сначала для первого вещества:

$$C^{I}_{ст.пр.} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C^{I}_{пр.д.} - C^{I}_{р.}) + C^{I}_{пр.д.}, \qquad \text{(П-5)}$$

а затем для всех остальных веществ. Но так как все вещества, содержащиеся в сбрасываемых сточных водах, одновременно находятся в водном объекте или поступят в него, у расчетного (контрольного) створа создаются условия комбинированного действия нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности.

Комбинированное действие, как известно, допустимо оценивать-ся по соотношению: $\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \ldots + \frac{n}{N} \leq 1$, (П-6),

где a, b, ..., n - концентрации вредных веществ в воде водного объекта;

A, B, ..., N - установленные для этих веществ нормативы (ПДК).

Сначала расчетом определяем концентрацию первого вещества C^1 у расчетного (контрольного) створа:

$$C^1_{п.вод.} = \frac{q C^1_{ст} + \gamma Q C^1_{р}}{q + \gamma Q}, \qquad (П-7)$$

таким же образом определяем $C^2_{п.вод.}$ и т.д. до $C^n_{п.вод.}$. Тем самым определены концентрации в воде у расчетного (контрольного) створа. После этого выясняется, чему равна сумма отношений концентраций веществ в расчетном (контрольном) створе к своим ПДК по выражению (П-6);

Если сумма отношений концентраций всех веществ одного лимитирующего признака к своим ПДК оказалась больше единицы, то следует рассмотреть возможные способы уменьшения концентраций каждого из веществ в воде. При этом в процессе проектирования следует выбирать из веществ, участвующих в комбинированном действии, наиболее опасные, а также, уменьшение концентрации которых в сточных водах возможно наиболее доступными способами.

Затем, как и в предыдущих случаях, делается повторный проверочный расчет с учетом эффективности осуществленных мероприятий, чтобы удостовериться, что сумма отношений концентраций в первом пункте водопользования не больше единицы.

П.4.4. Четвертый расчетный случай

В сточных водах, сбрасываемых в водный объект, содержатся вещества разных групп по лимитирующему признаку вредности.

В этом случае:

а) вещества группируются по их лимитирующему признаку вредности;

б) для каждой из этих групп расчеты осуществляются по методике, соответствующей второму расчетному случаю.

П.4.5. Пятый расчетный случай

На предварительном этапе, когда обсуждается вопрос о выборе места для строительства предприятия с выпуском сточных вод в водный объект, одним из ориентиров для принятия решения является обеспечение такой степени разбавления у расчетного (контрольного) створа, который позволит ограничиться более доступными мерами уменьшения концентрации загрязняющих веществ. Для этой цели может быть также использовано уравнение (П-1) в виде:

$$\frac{\gamma Q}{q} \geqslant \frac{C_{cm} - C_{пр.д}}{C_{пр.д} - C_{р}} \qquad (П-8)$$

Если это условие не выдерживается, то более глубокими должны быть мероприятия по уменьшению количества и очистке сточных вод. Трудности на пути осуществления этих мероприятий могут указать на необходимость переноса проектируемого строительства в район более благоприятных природных гидрологических условий.

П.5. Рассмотренные расчетные случаи определения условий спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния органически связаны с обязательным учетом:

а) гигиенических и рыбохозяйственных нормативов (ПДК) как исходного показателя санитарной оценки водного объекта по содержанию в воде вредных веществ, характер действия которых охватывает все практически возможные последствия загрязнения вод

(санитарно-токсикологические, органолептические и по влиянию на санитарный режим водных объектов);

б) наиболее надежного разбавления сточных вод в водотоках при наименьшем (минимальном) среднемесячном расходе воды года 95% обеспеченности с учетом гидрологического режима и гидродинамических процессов.

При указанных условиях можно рассматривать расчетные методы основными при решении вопросов, касающихся условий отведения сточных вод, особенно промышленных. При этом следует отметить, что рассмотренные варианты охватывают наиболее частые задачи, которые решаются в процессе проектирования и санитарной экспертизы. О более сложных случаях см.п.IУ.4.

П.6. Необходимо подчеркнуть и следующее. Независимо от неизбежно приближенного характера расчетного метода в столь сложной задаче как определение возможного несоответствия проектируемого спуска сточных вод требованиям охраны вод, так и по ограничению их загрязнения соответствующим объемом необходимых мероприятий технологического и санитарно-технического характера, на конечный результат расчетов оказывают большое влияние и другие моменты. К ним следует отнести достоверность и правильность использования тех параметров (гидрологические, гидродинамические и метеорологические данные), которые кладутся в основу определения степени смешения и кратности разбавления. Поэтому соответствующим изысканиям и исследованиям следует уделить большое внимание.

Рассмотренные в настоящем разделе расчетные случаи связаны только с условиями разбавления сточных вод, которое происходит на сравнительно небольшом расстоянии от места их выпуска

Добавочное изменение концентрации загрязняющих веществ при отдаленном расположении расчетного (контрольного) створа возможно за счет процессов трансформации, учет которых должен соответствовать указаниям первого раздела. Соответствующая методика изложена в разделе IУ.

Ш. МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Ш.I. Рассмотренные в предыдущем разделе различные расчетные случаи на основе балансового уравнения (П-I) могут быть реализованы для конкретных условий при известном коэффициенте смешения γ, нахождение которого является специальной задачей. Часто в практике расчетов используется понятие кратности разбавления n, которое определяется следующей зависимостью:

$$n = \frac{C_{сп} - C_р}{C_{max} - C_р}, \qquad (Ш-I)$$

где C_{max} – максимальная концентрация вещества в створе водного объекта.

Величины γ и n характеризуют разбавление сточных вод, которое происходит по мере смешения сточной жидкости с водой водного объекта.

Кратность разбавления связана с коэффициентом смешения следующим приближенным соотношением, полученным при отождествлении средней концентрации в максимально загрязненной струе с максимальной концентрацией в струе:

$$\frac{\gamma Q}{q} = n - 1. \qquad (Ш-2)$$

Как следует из формулы (Ш-I), кратность разбавления может быть определена по данным о концентрациях одного вещества. Этим выражается существо процесса разбавления, которое определяется фи-

вическими процессами в водной среде - гидродинамикой течения и не зависит от вида загрязняющего вещества.

Ш.2. Обычно в водном объекте различают зону начального разбавления, где процесс разбавления происходит вследствие вовлечения окружающей жидкости турбулентным струйным потоком, образующимся при истечении сточных вод из оголовка выпуска, и зону основного разбавления, где разбавление происходит за счет течений и турбулентного обмена в окружающей жидкости. Количественный учет влияния начального и основного разбавления производится через кратность соответственно $n_н$ начального и $n_о$ основного разбавления с последующим использованием балансового уравнения (П-I).

Ш.3. Расход сточной жидкости, принимаемый в качестве исходного для расчета начального разбавления определяется как

$$q_{см} = q \cdot n_н, \qquad (Ш.3)$$

где q - расход сточной жидкости на выходе из оголовка выпуска.

Ш.4. Приводимые методы расчета разбавления сточных вод пригодны для использования балансового уравнения (П-I) в целях достижения гигиенических и рыбохозяйственных нормативов в водных объектах.

Методы расчета разбавления сточных вод рассматриваются ниже отдельно применительно к водотокам и водоемам.

Ш.4.I. Методы расчета разбавления сточных вод в водотоках. Расчеты разбавления сточных вод в водотоках сводятся к определению кратности разбавления или коэффициента смешения для зон начального и основного разбавления. Имеется ряд методов, с помощью которых можно определять непосредственно кратность разбавления, коэффициент смешения или концентрацию веществ с по-

следующим определением по формуле (Ш-I) кратности разбавления. Если разбавление происходит в начальной и основной зонах, то общая кратность разбавления составит

$$n = n_н \cdot n_о, \qquad (Ш-4)$$

а соответствующие им величины коэффициентов смешения могут быть найдены по формуле (Ш-2).

А. Расчет начального разбавления при выпуске сточных вод в водотоки (метод ЛИСИ)

Начальное разбавление рекомендуется учитывать при выпуске сточных вод в следующих случаях:

для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоток при соотношении скоростей потока $V_р$ и выпуска $V_о$:

$$V_о \geq 4V_р$$

при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска, больших 2 м/сек. При меньших скоростях расчет начального разбавления не производится.

Для единичного напорного выпуска кратность начального разбавления рассчитывается следующим образом. Вычисляются отношения: $\frac{V_m}{V_р} - 1 = \frac{V_р + 0,15}{V_р} - 1$, $m = \frac{V_р}{V_о}$, где

V_m - скорость на оси струи и по номограмме (рис.Ш-2) находится отношение $\frac{d}{d_о}$, где d - диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления, $d_о$ - диаметр выпуска. Затем по номограмме (рис.Ш-I) находится кратность начального разбавления $n_н$ по известным величинам m и $\frac{d}{d_о}$.

Для рассеивающего напорного выпуска расчет осуществляется следующим образом. Задавшись числом выпускных отверстий (N) и скоростью истечения $V_о \geq 2,0$ м/сек, определяют диаметр

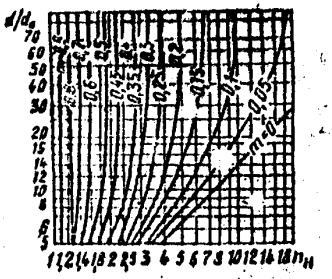

Рис.Ш-I. Номограмма для определения начального разбавления в водотоке

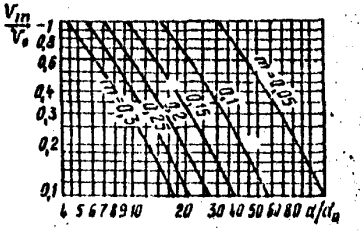

Рис.Ш-2. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

выпускного патрубка

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q_{сут}}{\pi v_0 N}}, \qquad (III-5)$$

где $Q_{сут}$ - суммарный расход сточных вод. Затем по номограмме (рис.III-2) определяется отношение $\frac{d}{d_0}$ и найденное значение d сравнивается с глубиной потока H. Если $d < H$, то по номограмме (рис.III-1) находим кратность начального разбавления $n_н$. Для случая отсечения струи ($d > H$) соответствующая ему кратность разбавления $n_{нс}$ находится умножением найденной величины $n_н$ на поправочный коэффициент $f\left(\frac{H}{d}\right)$, который определяется из графика (на рис.III-3). Расстояние до пограничного сечения зоны начального разбавления определяется по формуле:

$$l_н = \frac{d}{0{,}48\,(I - 3{,}12\,m)}. \qquad (III-6)$$

Расход смеси сточных вод и воды водотока в том же сечении находится по формуле (III-3)

$$Q_{см} = n_н q_{ст}. \qquad (III-7)$$

Средняя концентрация вещества в граничном сечении

$$C_{ср} = \frac{C_{ст} - C_р}{n_н} + C_р. \qquad (III-8)$$

Максимальная концентрация в центре пятна примеси в этом сечении

$$C_{max} = \frac{C_{ср}}{0{,}428}, \qquad (III-9)$$

Б. Расчеты основного разбавления при выпуске сточных вод в водотоки.

При расчете основного разбавления задача также сводится к нахождению кратности разбавления или коэффициента смешения. Известны методы непосредственного определения коэффициента смешения или определения кратности разбавления путем расчета поля концентрации. Ниже излагаются три метода расчета, из которых

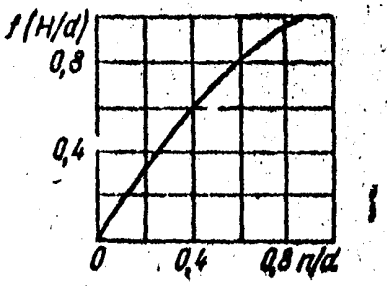

Рис.II-3. График для расчета функции

первые два (ГГИ и ВНИИВОДГЕО), имел ограничения на область применения, довольно компактны, а третий (метод ГГИ) достаточно универсальный, но более громоздкий, чем первые два.

а) Метод расчета коэффициентов смешения на основе полуэмпирических зависимостей (Метод ВНИИВОДГЕО).

Величина коэффициента смешения определяется по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{1-\beta}{1+\frac{Q}{q}\beta}, \qquad (III-10)$$

где $\beta = e^{-\alpha\sqrt[3]{x}}$, x - расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа; α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, определяемый по формуле:

$$\alpha = \xi\varphi\sqrt[3]{\frac{\mathcal{D}}{q}}, \qquad (III-11)$$

где ξ - коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток; при выпуске у берега он равен 1,0, а в стержне реки равен 1,5;

φ - коэффициент извилистости, равный отношению расстояния по фарватеру X от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа по прямой $X_{пр}$;

$\mathcal{D}$ - коэффициент турбулентной диффузии, который для равнинных рек определяется по формуле:

$$\mathcal{D} = g\frac{H_{ср}V_{ср}}{M\tilde{C}} \qquad (III-12)$$

в которой $\tilde{C}$ - коэффициент Шези ($м^{1/2}/с$)

M - функция коэффициента Шези ($м^{1/2}/с$).

$$M = \begin{cases} 0{,}7\,\tilde{C} + 6 & \text{при } \tilde{C} \leq 60 \\ 48 & \text{при } \tilde{C} > 60 \end{cases} \qquad (III-12)'$$

g – ускорение силы тяжести, $V_{ср}$ – средняя скорость течения на участке между выпуском сточных вод и рассматриваемым створом, $H_{ср.}$ – средняя глубина водотока на тот же участок.

Если условия течения различны на отдельных секциях этого участка, то величина коэффициента турбулентной диффузии определяется так:

$$D = \frac{L_1 g V_{1ср} H_{1ср}}{L M_1 C_1} + \frac{L_2 g V_{2ср} H_{2ср}}{L M_2 C_2} + \dots + \frac{L_n g V_{nср} H_{nср}}{L M_n C_n},$$

где $L_1, L_2, \dots L_n$ – длина каждой секции, а $V_{1ср}, H_{1ср}$, $V_{nср.}, H_{nср}$ – соответственно средняя скорость и глубина в пределах каждой секции и т.д.

Для облегчения расчетов в таблице (III-I) приводятся целочисленные значения величины β в зависимости от значения $\beta\sqrt{V}$

Рассмотренный метод может применяться при отношении $\frac{q}{Q} = 0{,}1 \div 0{,}0025$.

Величина разбавления равна $n = \frac{q + \gamma Q}{q}$.

б) Метод расчета кратности разбавления на основе аналитического решения двухмерного (планового) уравнения турбулентной диффузии (метод ПНИИ).

Этот метод позволяет определить величину максимального значения концентрации вещества, что после подстановки этого максимального значения в формулу (III-I) приводит к следующей зависимости для определения кратности разбавления:

$$n = \frac{H_{ср}\sqrt{\pi V_{ср} D_y x}}{q}\left\{ erf\left(\frac{B\sqrt{V_{ср}}}{2\sqrt{D_y x}}\right) + erf\left[\frac{(B \cdot B)\sqrt{V_{ср}}}{2\sqrt{D_y x}}\right]\right\} + 1 \quad (III-13)$$

где $\pi = 3,14$, a – расстояние от берега г) выпуска сточных вод, B – ширина реки, $\mathcal{D}_y$ – коэффициент диспероии в поперечном направлении, q – расход сточной жидкости, который при наличии начального разбавления является $q_{см}$ и находится по (III-3). При подсчетах функции ошибок $erf(\phi)$, где $\phi = f(x)$, следует иметь в виду, что

$$erf(-\phi) = -erf(\phi)$$

значение этой функции приведено в таблице (III-2). Коэффициент диспероии $\mathcal{D}_y$ для рек шириной до 50-60 м рекомендуется определять по формуле:

$$\mathcal{D}_y = \frac{41,6 R U_*}{(Re)^{0,5}}, \qquad (III-14)$$

где число Рейнольдса $Re = \frac{V_{ср} R}{\nu}$; R – гидравлический радиус; ν – кинематический коэффициент вязкости; динамическая скорость $U_* = \frac{V_{ср}\sqrt{g}}{C}$; C – коэффициент Шези, g – ускорение силы тяжести.

Для рек с большой шириной (100 м и более) коэффициент поперечной диспероии

$$\mathcal{D}_y = \frac{H_{ср} V_{ср}}{3524} \left(\frac{B}{H}\right)^{1,576}. \qquad (III-15)$$

Рассмотренный метод применим к сравнительно небольшим водотокам с коэффициентом извилистости меньше 1,5.

<u>в) Метод расчета кратности разбавления на основе численного решения двумерного и трехмерного уравнения турбулентной диффузии (метод ГГИ).</u>

Этот метод также позволяет определять кратность разбавления на основе расчета максимальных значений концентрации вещества для водотоков любых размеров без ограничения по коэффициенту извилистости и отношения $\frac{q}{Q}$. Однако для расчета максималь-

ных концентраций необходим расчет всего поля концентраций на рассматриваемом участке водотока, в чем и состоит громоздкость этого метода. Расчет по схеме двумерной плановой задачи производится в случае, когда по условиям выпуска сточных вод или в результате начального разбавления струя распространилась на всю глубину потока. Расчет по схеме трехмерной (пространственной) задачи обычно выполняется для коротких участков рек в случаях, когда необходимо оценить расстояние, на котором загрязненная струя достигает дна, водной поверхности или произойдет соединение загрязненных струй, поступающих из рассеивающего выпуска.

Для решения двумерной задачи рассматриваемый участок водотока делят вдоль оси X поперечными, отстоящими одна от другой на расстоянии ΔX, и продольными линиями, находящимися на расстоянии ΔY друг от друга (рис.III-4).

Таким образом, рассматриваемый участок водотока оказывается разделенным в плане на равные прямоугольники площадь $\Delta X \cdot \Delta Y$, которые нумеруются вдоль осей X, Y соответственно через k, m. Расчет ведется от некоторого начального створа, в котором известна концентрация вещества, вниз по течению. Концентрация в последующих створах $(k+1)$ связана с концентрацией в предыдущих (k) следующей зависимостью

$$C_{k+1,m} = \frac{1}{2}\left(C_{k,m-1} + C_{k,m+1}\right) \qquad (III\text{-}16)$$

при размерах сторон клеток

$$\Delta X = \frac{V_{cp}(\Delta Y)^2}{2\mathcal{D}}; \quad \Delta Y = \frac{Q}{H_{cp} V_{cp} d_0}, \qquad (III\text{-}17)$$

где $\mathcal{D}$ – коэффициент диффузии, определяемый по формуле (III-12); d_0 – число расчетных клеток в начальном створе, заполненных

рассматриваемым веществом, выбираемое таким, чтобы $d_1 \geq 1$ при выпуске у берега и $d_1 \geq 2$ при выпуске, удаленном от берега.

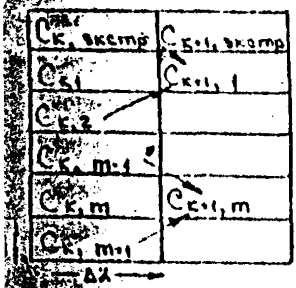

Рис.Ш-4

Граничные условия учитывают непроникновение вещества через стенки, ограничивающие поток. Эти условия реализуются введением экстраполяционных значений концентраций Сэкстр., записываемых за пределами ограничивающих стенок. Экстраполяционное значение вычисляется по соотношению

$$C_{k,экстр.} = C_{k,1}.$$

При расчете разбавления экстраполяционное значение используется таким же образом, как истинные значения С соответственно для клеток, примыкающих к границам потока. Расчет выполняется по формуле

$$C_{k+1,1} = \frac{1}{2}\left(C_{k,экстр} + C_{k,2}\right) \qquad (Ш\text{-}18)$$

Приведенный метод расчета может быть использован при произвольном положении выпуска в русле, а также для расчета распространения примеси в извилистых руслах, в которых образуется поперечная циркуляция и имеется кинематическая неоднородность, вызванная изменением глубины. Учет указанных факторов осуществляется введением корректирующих множителей к коэффициенту турбулентной диффузии.

Расчет при этом производится также по формуле (Ш-16), (Ш-18) однако вместо D в (Ш-17) принимается обобщенный коэффициент турбулентной диффузии

$$D_{обш} = K_{обш} D, \qquad (Ш\text{-}19)$$

где
$$K_{общ} = f\left(\frac{V_{уср} + W}{W}, \Theta\right); \qquad (Ш-20)$$

$V_{уср}$ - среднее значение абсолютной величины поперечной составляющей скорости по вертикали;

W - среднее значение абсолютной величины пульсационной скорости. Величина W (м/с) определяется по формуле:

$$W = \frac{V_x}{\sqrt{N'}}, \qquad (Ш-21)$$

где V_x - продольная составляющая осредненной скорости,

N' - безразмерное характеристическое число, определяемое из отношения
$$N' = \frac{M\tilde{C}}{g}. \qquad (Ш-21)$$

Для вычисления $V_{уср}$ рекомендуется формула

$$V_{уср} = 0{,}13\,\frac{H_{ср}}{r}\,V_{ср}N', \qquad (Ш-22)$$

где r - радиус кривизны русла, взятый как средняя величина для участка реки, расположенного непосредственно ниже места выпуска сточных вод и включающего I-2 закругления.

Параметр Θ вычисляется по формуле:

$$\Theta = \frac{H_{макс.ср} - H_{ср}}{H_{ср}}, \qquad (Ш-23)$$

где $H_{макс.ср.}$ - максимальная из средних глубин в поперечных сечениях потока на рассматриваемом участке;

$H_{ср}$ - средняя глубина для всего участка.

График зависимости $K_{общ.}$ от безразмерных величин Θ и $\frac{V_{уср} + W}{W}$ приведен на рис.Ш-5.

Для больших и средних рек расчетные значения Θ не должны превышать 0,6 , то есть при получении $\Theta > 0{,}6$ берется $\Theta = 0{,}6$.

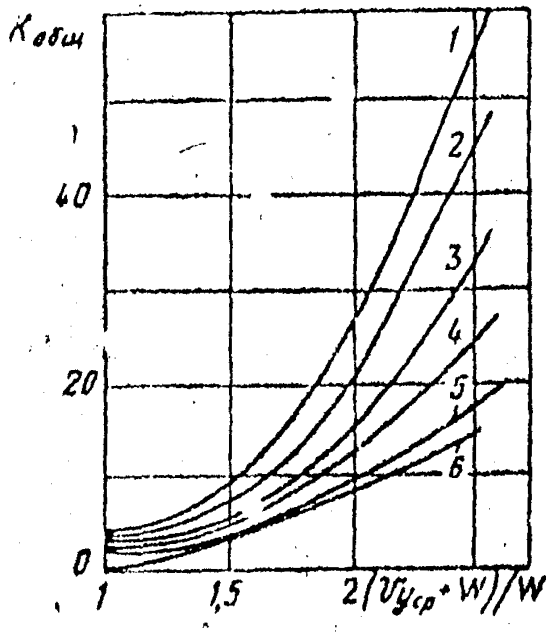

Рис.III-5.График зависимости

1 - при θ = 1,0
2 - при θ = 0,8
3 - при θ = 0,6
4 - при θ = 0,4
5 - при θ = 0,2
6 - при θ = 0,0

Для решения трехмерной пространственной задачи на данную область потока делят вдоль оси X поперечными сечениями, отстоящими одно от другого на расстоянии ΔX и параллельными плоскости YOZ вдоль оси Y – плоскостями, параллельными плоскости XOZ и находящимися на расстоянии ΔY друг от друга, вдоль оси Z – плоскостями, параллельными плоскости XOY, с расстоянием между ними ΔZ. Таким образом, рассматриваемая часть потока оказывается разделенной на равные прямоугольные параллелепипеды объемом $\Delta X \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z$. Параллелепипеды нумеруются вдоль осей соответственно через K, m, n.

Расчетная зависимость по определению концентрации в последующем створе для условий пространственной задачи имеет вид

$$C_{K+1,m,n} = \frac{1}{4}\left(C_{K,m+1,n} + C_{K,m-1,n} + C_{K,m,n+1} + C_{K,m,n-1}\right) \qquad (\text{II-}?1)$$

Размеры расчетных клеток ΔX, ΔY, ΔZ вычисляются по формулам

$$\Delta Y = \Delta Z = \sqrt{\frac{q}{v_{ср}\, d_3}}, \quad \Delta X = \frac{v_{ср}\,\Delta Z^2}{4\mathcal{D}}, \qquad (\text{II-}?5)$$

где d_3 – количество расчетных клеток в пятне примеси, соответствующего выпуску сточных вод со скоростью $v_{ср}$, коэффициент турбулентной диффузии $\mathcal{D}$ определяется по формуле (II-I2) ($d_3 \geq 4$ при выпуске, удаленном от берега, $d_3 \geq 1$ при выпуске у берега).

Когда загрязняющее вещество достигает граничных поверхностей, следует учитывать, что при расчетах концентрации в граничных клетках также используется формула (II-24), в которой индексы $n+1$, $m+1$, выходящие за границу области течения, заменяются индексами n и m, то есть расчет концентрации

граничных клетках выполняется так же, как в случае плоской задачи.

Необходимо обратить внимание на то, что при расчете размеров клеток по формулам (Ш-17) и (Ш-25) при отсутствии начального разбавления под величиной q понимается расход сточной жидкости, а при наличии начального разбавления эта величина определяется по (Ш-3). Также необходимо обратить внимание на то, что рассматриваемым методом обычно определяется избыточная над фоновой ($C_р$) концентрации загрязняющего вещества.

После расчета максимального значения концентрации вещества в требуемом створе для условий плоской или пространственной задачи по формуле (Ш-1) может быть найдена кратность разбавления.

Ш.4.2. Методы расчета разбавления сточных вод в водоемах

Расчет разбавления веществ, содержащихся в сточных водах, при сбросе их в водоемы в общем случае производится на основе решения уравнений гидродинамики с учетом ветровых воздействий и уравнения турбулентной диффузии. Эти расчеты достаточно трудоемки и обычно производятся с помощью специальных алгоритмов на ЭВМ.

Однако на основе численного метода ГТИ для достаточно простой ситуации был разработан приближенный метод расчета кратности разбавления, рассматриваемый ниже.

Приближенный метод расчета кратности разбавления в водоемах

В этом методе кратность полного разбавления сточных вод подсчитывается по результатам начального разбавления $П_н$, происходящего непосредственно у выпуска, и основного $П_о$, которое продолжается по мере удаления от места выпуска.

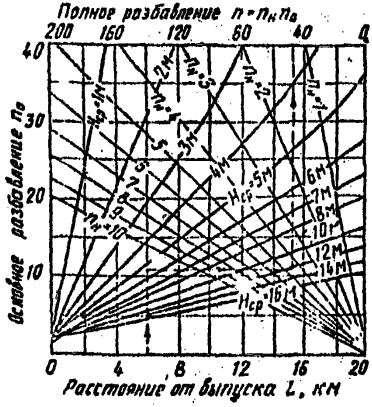

Рис. II-6. Номограмма для расчета разбавления сточных вод в водохранилище при выпуске у берега

$$n = n_н \cdot n_п \qquad (III-26)$$

Расчет может быть выполнен для двух случаев:

береговой выпуск находится в верхней трети глубины водотранзита или в его мелководной части;

глубинный выпуск находится на расстоянии до 500 м от берега.

В первом случае кратность начального разбавления определяется по формуле

$$n_н = \frac{q + 0{,}0118\, H_{ср}^2}{q + 0{,}00118\, H_{ср}^2}, \qquad (III-27)$$

где q – расход сточных вод, м3/сек;

Нср – средняя глубина водоема, м,

а кратность полного разбавления n – по номограмме рис.III-6, в зависимости от значения $n_н$, средней глубины участка Нср. и расстояния от расчетной точки до выпуска L.

Для этого на номограмме на оси абсцисс откладывается требуемое расстояние и из точки, соответствующей этому расстоянию, проводится вертикальная линия до пересечения с кривой, соответствующей заданной глубине Нср.; далее из точки пересечения проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой, соответствующей найденному начальному разбавлению; из полученной точки проводится вертикальная линия, которая в точке пересечения дает искомую точку, соответствующую полному разбавлению.

Во втором случае начальное разбавление определяется по формуле

$$n_н = \frac{q + 0{,}0008\, H_{ср}^2}{q + 0{,}000435\, H_{ср}^2}, \qquad (III-28)$$

а полное n – по номограмме рис.III-7, правило использования которой аналогично описанному выше правилу использования номограммы на рис.III-6.

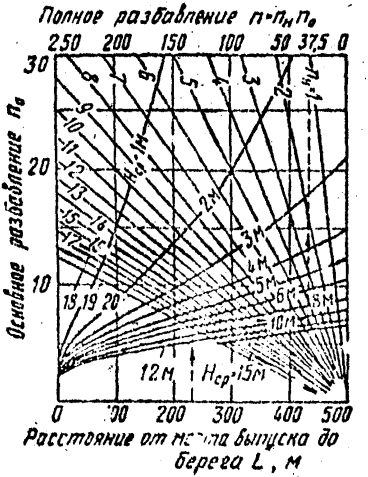

Рис.II-7. Номограмма для расчета разбавления сточных вод в полохранилище при глубинном выпуске на расстоянии от берега

Границы применимости метода расчета:

средняя скорость ветра 5,5 м/сек, соответствующая наиболее неблагоприятному в санитарном отношении направлению ветра. В первом случае - вдоль берега, во втором - от берега;

Нср. определяется при средней глубине водохранилища 3-4 м на участке протяженностью 50 м; 5 - 6 м - на участке протяженностью 160 м; 7 - 8 м - на участке протяженностью 200 м; 9-10 м на участке протяженностью 250 м.

По известной кратности разбавления n расчет концентрации загрязняющего вещества в расчетном (контрольном) створе $C_{п.вод.}$ в первом приближении может производиться по уравнению (II-1), которое с учетом (III-I) преобразуется к виду

$$C_{п.вод} = \frac{C_{ст}}{n} - C_р\left(1 - \frac{1}{n}\right), \qquad (III-29)$$

где под $C_р$ нужно понимать фоновую концентрацию в водоеме.

Для расчета концентрации вещества в сточной жидкости $C_{ст}$ по заданной концентрации вещества в расчетном (контрольном) створе $C_{п.вод}$ (III-29) представляется в виде

$$C_{ст} = nC_{п.вод} + C_р(n-1) \qquad (III-30)$$

III.6. Для ясности подчеркнем, что при использовании приведенных в настоящем разделе различных методов расчета разбавления сточных вод в водотоках следует иметь в виду следующее:

Метод ЛИСИ пригоден для расчета начального разбавления;

Метод ТПИ - для расчета основного разбавления в сравнительно небольших водотоках с коэффициентом извилистости менее 1,5;

Метод ВНИИВОДГЕО - для расчета основного разбавления при отношениях $\frac{q}{Q} = 0,1 \div 0,0025$;

Метод ГГИ, являющийся наиболее громоздким, ограничений не имеет.

IУ. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ САНИТАРНЫМ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД

IУ.I. Рассмотренные в разделе II различные случаи спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния на основе балансовых уравнений требуют знания коэффициентов смешения α или кратности разбавления n. Приведенные в разделе III методы позволяют определить эти величины. Важным является то, что кратность разбавления не зависит от концентрации загрязняющих веществ в сбросах, поэтому для найденных кратностей разбавления, которые отражают исключительно гидродинамические условия смешения вод, возможны вариации концентраций веществ на сбросе для достижения требуемых условий в водном объекте.

IУ.2. Чтобы определить до какой концентрации $C_{ст.пр.}$ следует очищать или обеззараживать сточные воды, чтобы на подходе к расчетным (контрольным) створам степень загрязненности воды водного объекта не нарушала нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения и рыбному хозяйству, как было указано в разделах I и III, необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$C_{ст.пр} = \frac{\alpha Q}{q}\left(C_{пр.q} - C_p\right) + C_{пр.q} \qquad (IУ\text{-}I)$$

или в соответствии с формулой (III-I):

$$C_{ст.пр} = nC_{пр.q} - C_p(n-1). \qquad (IУ\text{-}2)$$

IУ.2.1. Величина q определяется хозяйственной и проектной организацией на основании замеров или технологических расчетов; величины Q, n или γ определяются проектной организацией на основе специальных местных гидрологических изысканий или данных гидрометеорологической службы; Ср. и величина предельно допустимой концентрации Спр.д. – на основе специально организуемых исследований, если по ним отсутствуют установленные нормативы или литературные данные. Расчетные (контрольные) створы в каждом конкретном случае устанавливаются органами санитарного или рыбного надзора с обязательным учетом официальных данных о пороговых показателях использования водного объекта для питьевого водопользования, в рыбохозяйственных целях и для культурно-бытовых нужд населения.

IУ.2.2. Величина расчетного показателя предельной концентрации загрязняющего вещества в сточной воде Сст.пр., определенная расчетом для нового или для существующего сброса сточных вод и положенная в основу проектирования очистных сооружений приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации этих сооружений.

IУ.2.3. При поступлении сточных вод в водохранилища кратность их разбавления для указанных в разделе Ш условий определяется с помощью приближенного метода (Ш.4.2), а предельная концентрация вещества в сточной воде по формуле (IУ-2).

IУ.2.4. Возможен также сравнительно простой расчет концентрации вещества в водохранилищах, в которых в зоне сброса имеются слабые и неустойчивые во времени течения.

Этот расчет выполняется также по численному методу ГТИ с помощью ЭЦВМ:

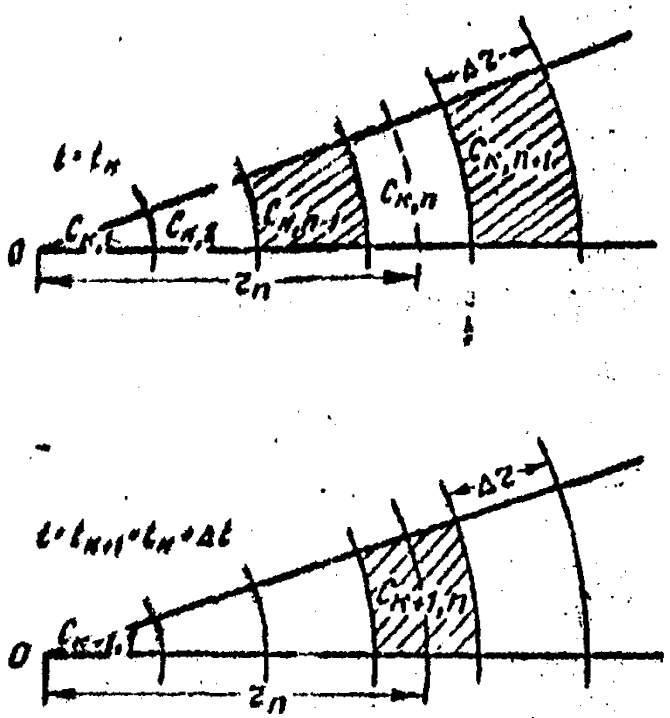

Рис. IУ-I

$$C_{k+1,n} = \eta C_{k,n} + \nu_n C_{k,n-1} + \mu_n C_{k,n+1}, \qquad (IУ-3)$$

где индексы $n-1, n, n+1$ показывают номера последовательно расположенных элементов Δr сектора (рис. IУ-I), а индексы К, К+I-последовательно интервалы времени Δt,

$$\left.\begin{aligned} \eta &= 1 - 2D\frac{\Delta t}{\Delta r^2} \\ \nu_n &= \left(D - \frac{\beta}{2n-1}\right)\frac{\Delta t}{\Delta r^2} \\ \mu_n &= \left(D + \frac{\beta}{2n-1}\right)\frac{\Delta t}{\Delta r^2} \end{aligned}\right\} \qquad (IУ-4)$$

$\beta = D - \frac{q}{\varphi H_{ср}}$ - расход сточных вод в месте выпуска ($r=0$), D - коэффициент диффузии, определяемый по формуле (Ш-I2), при этом $U_{ср}$ находится по данным изменений слабых течений за весь рассматриваемый период, $\varphi = \pi$ - при расположении выпуска у берега, $\varphi = 2\pi$ - при расположении выпуска в акватории, удаленной от берега, $\Delta t = \frac{m\varphi H_{ср}}{q}\Delta r^2$ (m - принимается в пределах от 0,05 до 0,20 в зависимости от требуемой подробности расчета), $r_n = \left(n - \frac{1}{2}\right)\Delta r$. При этом величина Δr назначается в зависимости от требуемой детализации поля концентрации.

Для первого элемента, примыкающего к точке $r = 0$ формула (IУ-3) имеет вид

$$C_{k+1,1} = aC_{\text{ст}} + bC_{k,1} + dC_{k,2} \ldots, \qquad (IУ-5)$$

где

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{q}{\varphi H_{ср}}\cdot\frac{\Delta t}{\Delta r^2}, \\ b &= 1 - \frac{q}{\varphi H_{ср}}\frac{\Delta t}{\Delta r^2} - 2D\frac{\Delta t}{\Delta r^2} \\ d &= 2D\frac{\Delta t}{\Delta r^2} - \frac{q}{\varphi H_{ср}}\frac{\Delta t}{\Delta r^2} \end{aligned}\right\} \qquad (IУ-6)$$

так как по рассматриваемому методу рассчитывается избыточная над фоном концентрация, то для первого расчетного интервала следует принимать $C_{к,1} = 0$, $C_{к,2} = 0$.

Изложенный выше метод применим при условии $q_{ст} < 2\varphi H D$. Расчетный интервал времени Δt должен удовлетворять равенству

$$\Delta t < \frac{\Delta z^2}{2D + \frac{q_{ст}}{\varphi H}}$$

Ни один из коэффициентов в формулах (IУ-3) и (IУ-4) не должен получаться меньше нуля.

Для оценки санитарного состояния водохранилища необходимо знание фоновых концентраций, которые устанавливаются либо на основании замеров, либо расчетами на перспективу, которые можно осуществить с помощью следующей формулы ГТИ, предназначенной для консервативного вещества, пригодной для любого момента времени t, отсчитываемого от начала сброса сточных вод в водоем.

$$C_p = C_* - (C_* - C_б)e^{-\frac{t}{T_у}}, \qquad (IУ-7)$$

где $T_у = \frac{W_в}{Q_б + q}$, $W_в$ – объем водохранилища, $Q_б$ – расход воды, вытекающей из водоема; если забор воды для предприятия осуществляется из водохранилища и сточные воды сбрасываются в то же водохранилище, то $T_у = \frac{W_в}{Q_б}$; $C_* = \frac{Q_{пр}C_б + qC_{ст}}{Q_б}$ – расход притекающей в водохранилище воды, $C_б$ – бытовая концентрация вещества в водоеме в начальный момент времени.

IУ.2.5. По методам расчета, представленным в пп. IУ.2.3 и IУ.2.4, можно подсчитать концентрацию загрязняющего вещества в пункте водопользования как сумму концентраций $[C_{к+1,n}]_{по\,ф}$ (по формуле IУ-3) и Ср (по формуле IУ-7) при заданной концентрации на сбросе Сст. После такого расчета можно решить и вторую задачу по определению предельно допустимой концентрации на

сбросе Сст.пр., если известны $[C_{к11,n}]\,n_{вод}$, C_p и предельно допустимая концентрация Спр.д. в расчетном (контрольном) створе. Для этого необходимо найти согласно (Ш-I) кратность разбавления $n = \frac{C_{ст}}{[C_{к11,n}]\,n_{вод}}$, а затем

$$C_{ст.пр} = nC_{пр.д} - (n-1)C_p. \qquad (IУ-8)$$

IУ.2.6. Загрязнение водных объектов сточными водами может неблагоприятно отразиться на общем санитарном режиме и на условиях использования водного объекта в рыбохозяйственных целях, на изменении органолептических свойств воды, в санитарно-токсикологическом и токсикологическом отношении (опасность для здоровья населения, влияния на условия обитания и воспроизводства рыб, водных животных и растений).

Соответственно, в зависимости от свойств загрязняющих веществ, определение степени необходимой очистки сточных вод ведется по каждому показателю состава и свойства воды водных объектов согласно Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

IУ.2.7. По общесанитарному показателю вредности и влиянию на рыбохозяйственные условия в водном объекте:

а) по БПКполн. с учетом биохимического процесса самоочищения воды от органических веществ сточных вод и органических веществ уже имеющихся в водном объекте выше места выпуска сточных вод.

Расчеты проводятся по формуле

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma Q}{\eta\, 10^{-k_1' t}}\left(C_{пр.д} - C_p \cdot 10^{-k_1'' t}\right) + \frac{C_{пр.д}}{10^{-k_1'' t}}. \qquad (IУ-9)$$

$C_{ст.пр}$ – БПКполн., которая должна быть достигнута в процессе очистки сточных вод;

$C_р$ – БПКполн. в воде водного объекта до места выпуска сточных вод; Спр.д. – предельно допустимая БПКполн. в створе ближайшего пункта водопользования; K_1 и K_2 – константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и вод водного объекта, устанавливаемые экспериментальным путем;

– время продвижения воды водного объекта вместе с разбавленными в ней сточными водами от места выпуска сточных вод до расчетного (контрольного) створа (в сутках).

Если вычисленная величина Сст.пр. (БПКполн. сточной воды), при которой выполняются санитарные и рыбохозяйственные требования в отношении БПКполн. окажется меньше, чем БПКполн. сточных вод, намеченных к выпуску или поступающих в водный объект, то необходима очистка сточных вод по крайней мере до Сст.пр.;

б) по БПКполн. – с учетом влияния на концентрацию растворенного кислорода в водном объекте.

Допустимая БПКполн. в сточной воде для зимних условий – после установления ледостава – определяется по формуле:

$$C_{ст\,пр} = \frac{\gamma Q}{q(1-10^{-K_1 t})}\left[S_р - S_н - C_р(1-10^{-K_1 t}) + \frac{q}{\gamma Q}(S_{ш} - S_н)\right] + C_р, \qquad (IУ-10)$$

а для летних условий – по формуле:

$$C_{ст\,пр} = \frac{q+\gamma Q}{q}\cdot\frac{K_2 - K_{сн}}{K_{сн}(10^{-K_{сн}t} - 10^{-K_2 t})}\left[a(1-10^{-K_2 t}) + \right. \qquad (IУ-11)$$

$$\left. + S_р 10^{-K_2 t} - \frac{q S_{ш}}{q+\gamma Q} - S_н\right] - \frac{\gamma Q}{q} C_р,$$

где $S_{ш}$ – концентрация растворенного кислорода в сточной воде;

$S_р$ – фоновая концентрация растворенного кислорода; $S_н$ – норматив на концентрацию растворенного кислорода, зависящий от вида водопользования; K_2 – коэффициент реаэрации; Q – предельная растворимость кислорода в воде при данной температуре.

$$K_{cm} = \frac{1}{t} \lg \frac{C_{cm} + (n-1)C_p}{C_{cm} \cdot 10^{K_1 t} + (n-1)10^{-K_1 t}},$$

n – кратность разбавления.

Для удовлетворения рыбохозяйственным требованиям в створе, находящемся на расстоянии 500 м вниз по течению от места выпуска сточных вод, помимо приведенных формул, можно без учета самоочищения из-за малости расстояния определить БПКполн. в сточной воде в зимнее и летнее время в соответствии с (IУ-9) по формуле:

$$C_{cm.np} = \frac{\gamma Q}{q}\left(C_{np.g} - C_p\right) + C_{np.g}, \qquad (IУ\text{-}II)^{*}$$

в) по растворенному кислороду для водных объектов рыбохозяйственного назначения проверка производится на участках, расположенных ниже контрольного створа, при определении по формуле (IУ-I0), (IУ-II) Сст.пр. (БПКполн.) для зимних условий после установления ледостава – по формуле:

$$S_l = \frac{\gamma Q}{q + \gamma Q}\left[S_p + C_p\left(1 - 10^{-K_1 t}\right)\right] - \frac{q\left(C_{cm.np} - C_p\right)}{q + \gamma Q}\left(1 - 10^{-K_1 t}\right) + \frac{q S_{cm}}{q + \gamma Q}, \qquad (IУ\text{-}I2)$$

а для летних условий-по формуле:

$$S_l = a - (a - S_p)10^{-K_2 t} - \frac{K_{cm}\, q C_{cm} + \gamma Q C_p}{(q + \gamma Q)(K_2 - K_{cm})}\left(10^{-K_{cm} t} - 10^{-K_2 t}\right) + \frac{q S_{cm}}{q + \gamma Q}, \qquad (IУ\text{-}I3)$$

где t – время добегания (в сут.) воды от выпуска до пункта, в котором проверяется содержание растворенного кислорода;

l – расстояние до этого пункта.

Здесь и ниже коэффициент смешения γ при расчетах должен соответствовать этому расстоянию. Ни в одном пункте водного объекта, расположенного в зоне рыбохозяйственного водопользования, концентрация растворенного кислорода S_l не должна

быть ниже $S_н$. В противном случае необходимо рассмотреть возможность снижения Сот.пр. либо применить искусственную аэрацию воды в пунктах, где $S_в$ окажется меньше $S_н$.

Проверка по содержанию растворенного кислорода для удовлетворения рыбохозяйственных требований в створе, находящемся на расстоянии 500 м от выпуска сточных вод, помимо указанных формул, может производиться для зимних и летних условий из уравнения баланса вещества без учета потребления кислорода и реаэрации из-за малости расстояния по следующей формуле:

$$S_l = \frac{\gamma Q}{q+\gamma Q} S_р + \frac{q}{q+\gamma Q} S_{ан} \quad \text{(IУ-I3)}$$

г) по содержанию кислоты (или суммы кислот) или щелочи (суммы щелочей) предельная концентрация в сточной воде определяется в мг-экв/л по следующим формулам:

$$C_{от.пр} = \frac{q+\gamma Q}{q}\left[HCO_3^-\right] - \frac{\frac{CO_2}{44}\cdot 10^{pH_{нор}-pK}}{1+10^{pH_{нор}-pK}}, \quad \text{(IУ-I4)}$$

$$C_{от.пр.щ} = \frac{q+\gamma Q}{q}\left[HCO_3^-\right] - \frac{\frac{CO_2}{44}\cdot 10^{pH_{нор}-pK}}{0{,}275\cdot 10^{pH_{нор}-pK}}, \quad \text{(IУ-I5)}$$

где $\left[HCO_3^-\right]$ - бикарбонатная щелочность воды в мг-экв/л;

CO_2 - концентрация растворенной углекислоты в мг/л;

pK - отрицательный логарифм константы I ступени диссоциации угольной кислоты, зависящей от температуры и определяемой по химическим справочникам;

$pH_{нор}$ - нормативное значение pH.

IУ.3.6. По органолептическому показателю вредности с учетом требований рыбного хозяйства:

о окраске запаху – в случаях, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах сточных вод исчезают и отсутствует их влияние на мясо рыб, достаточно сравнение величины разбавления, указанной в анализе, с расчетной величиной разбавления, которое возможно у расчетного (контрольного) створа, чтобы решить вопрос о необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед спуском их в водный объект;

по взвешенным веществам – санитарные и рыбохозяйственные требования ограничивают лишь степень увеличения содержания взвешенных веществ в воде водного объекта. Поэтому расчетная формула принимает вид:

$$C_{\text{ст.пр.в}} = \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1\right) C_{\text{доб}} + C_p, \qquad (IУ-16)$$

$C_{\text{доб}}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ: 0,25 мг/л ÷ 0,75 мг/л в зависимости от вида водопользования.

Остальные обозначения и метод оценки результатов прежние:

по температуре воды водного объекта расчет производится с учетом санитарных и рыбохозяйственных требований, ограничением степени повышения температуры воды за счет поступающих сточных вод. Этому условию соответствует расчет по следующей формуле:

$$t^{\circ}_{\text{ст.пр}} = \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1\right) t^{\circ}_{\text{доб}} + t^{\circ}_p, \qquad (IУ-17)$$

где t°_p – максимальная температура воды водного объекта до выпуска сточных вод для расчетного периода;

$t^{\circ}_{\text{доб}}$ – допустимое по правилам повышение температуры;

$t^{\circ}_{\text{ст.пр}}$ – температура сточных вод, при которой будет соблюдено санитарное или рыбохозяйственное требование относительно те-

пературы воды в расчетном (контрольном) створе, если наряду с ограничением на приращение температуры $t^{\circ}_{доб}$ имеется ограничение на максимальную температуру в водном объекте t°_{max}, то в формуле (IУ-I7) вместо $t^{\circ}_{доб}$ следует принимать $t^{\circ}_{доб.н.} = t^{\circ}_{max} - t^{\circ}_{р}$ в том случае, когда $t^{\circ}_{доб} > t^{\circ}_{доб.н.}$

по образованию плавающих примесей не определяется определяющим расчетным методом. Если появление их не исключается, необходимо лабораторным путем или наблюдением в натуре определить разбавление, при котором они становятся незаметными, или считать обязательным применение мероприятий по очистке от плавающих примесей.

IУ.3.9. По санитарно-токсикологическому показателю вредности (то есть возможной опасности для здоровья населения), а также по токсикологическому, общесанитарному, органолептическому и рыбохозяйственному показателям вредности с учетом рыбохозяйственных требований, по которым установлены предельно допустимые концентрации, расчет ведется по формуле (IУ-I) или (IУ-2).

При использовании в качестве нормативов ПДК необходимо учитывать указание Правил о совместном действии нескольких веществ с одинаковыми признаками вредности.

IУ.3.I0. Результаты расчетов для сопоставления состава и свойств сточных вод с расчетными показателями, определяемыми в соответствии с санитарными или рыбохозяйственными требованиями в расчетном (контрольном) створе, выносятся в таблицу следующего вида:

Показатели загрязнения сточных вод	Состав и свойства сточных вод объекта, для которого определяются условия спуска сточных вод (ж)	Расчетные показатели состава и свойств сточных вод в соответствии с санитарными или рыбохозяйственными требованиями Сст.пр
1	2	3
I. Общесанитарные показатели качества воды		
1. pH		
2. Температура		
3. Цвет		
4. Запах		
5. БПКполн.		
6. ХПК		
7. Хлориды		
8. Сульфаты		
9. Щелочность		
и другие интегральные показатели		
II. Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ		
1.		
2.		
..... Сумма		
III. Вещества общесанитарного ЛПВ		
1.		
2.		
..... Сумма		
IУ. Вещества органического ЛПВ		
1.		
2.		
..... Сумма		
У. Вещества токсикологического ЛПВ		
1.		
2.		
..... Сумма		

1	2	3
VI. Вещества рыбохозяйственного ЛПВ		
1.		
2.		
3.		
	Сумма	

Примечания:

(*) – Данные о составе и свойствах сточных вод определяются на основании лабораторных исследований, проводимых хозяйственными органами и, в порядке осуществления государственного контроля, лабораториями санитарно-эпидемиологических станций.

Эта таблица позволяет конкретизировать характер и объем мероприятий по очистке и обезвреживанию сточных вод, для которых определяются условия сброса сточных вод. Если по тем или иным показателям расчетная, то есть требуемая концентрация вещества в сточных водах (Сст.пр.) оказалась меньшей, чем в сточных водах объекта, это означает, что по этим показателям нужно ожидать нарушения санитарных или рыбохозяйственных требований к составу и свойствам воды у расчетного (контрольного) створа. В то же время величина расчетной концентрации вещества (Сст.пр) по указанным в таблице показателям предпочтительности показывает уровень минимально необходимой степени очистки и обезвреживания сточных вод.

IУ.4. В тех случаях, когда приведенные в разделах Ш и IУ формулы не позволяют выполнить прогноз влияния сбросных сточных вод на качество воды водных объектов, следует пользоваться методологией, изложенной в следующих работах:

I. А.И.Жуков, И.Л.Монгайт, И.Д.Родзиллер. Методы очистки

производственных сточных вод. Справочное пособие. Стройиздат. М., 1977.

2. А.В. Караушев, А.Н.Шварцман и др. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах, водохранилищах. Издание ГГИ, Ленинград, 1973 .

Приложение I

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ

ПРИМЕР I

Определить кратность разбавления по сточной воде, которая по условиям выпуска у берега разбавляется в плане потока при следующих исходных данных: расход реки Q = 15 м3/с, глубина потока H = 2,5 м., ширина реки B = 60 м, гидравлический радиус R = 2,23 м, динамическая скорость U_* = 0,0338 м/с, средняя скорость потока $V_{ср}$ = 0,1 м/с, фоновая концентрация Cp = 0, скорость истечения сточной воды из выпуска V_0 = 0,3 м/с, что не требует расчета начального разбавления, расход сточных вод q = I,0 м3/с. Для указанных условий применим метод ТПИ.

РАСЧЕТ

По формуле (III-I4) определяем D_y = 0,00695 м2/с.

По формуле (III-I3) находим n, учитывая, что δ = 0.

Результаты расчета n при различных значениях X представлены в следующей таблице I-I

Таблица I-I

X	м	I00	200	300	500	I000	2000	I0000
$\frac{X}{H_{ср}\sqrt{gI}\,V_{ср}D_y x}$		I,16	I,63	2,6I	3,68	5,23	8,28	II,6
$\left(\frac{\delta\sqrt{V_{ср}}}{2\sqrt{D_y x}}\right)^2$		II,3	8,06	5,07	3,60	2,55	I,6I	I,I3
$\exp\left\{\left(\frac{\delta\sqrt{V_{ср}}}{2\sqrt{D_y x}}\right)^2\right\}$		I	I	I	I	0,999	0,977	0,890
n_0		I,I6	I,68	2,6I	6,68	9,22	8,I0	I0,3

ПРИМЕР 2

Определить кратность разбавления сточных вод в расчетном (контрольном) створе, удаленном на расстояние L = 500 м при сбросе сточных вод через сосредоточенный выпуск, расположенный: а) в стержне реки, б) у берега при следующих данных: расход сточных вод q = 0,4 м3/с, расход реки соответствующий году 95% обеспеченности, $Q_р$ = 120 м3/с, средняя скорость в реке $V_{ср}$ = 0,35 м/с, средняя глубина h = 3 м, коэффициент Шези C = 47,6 $м^{1/2}/с$, скорость истечения сточной воды из выпуска V_0 = 0,6 м/с, что не требует расчета начального разбавления. Для расчета основного разбавления используем метод ВНИИВОДГЕО.

РАСЧЕТ

По формуле (III-12) находим коэффициент турбулентной диффузии

$$D = \frac{9,8 \times 3 \times 0,35}{(0,7 \times 47,6 + 8) \times 47,6} = 0,00545 \text{ м2/с}$$

По формуле (III-11) при φ = I определяем

а) $\xi = 1,5$; $\alpha = 1 \times 1,5 \times \sqrt[3]{\frac{0,00545}{0,4}} = 0,358 \text{ м}^{-1/3}$

б) $\xi = 1$; $\alpha = 1 \times 1 \times \sqrt[3]{\frac{0,00545}{0,4}} = 0,239 \text{ м}^{-1/3}$

По формуле (I-10) определяем коэффициент смешения

а) $\beta = \frac{1 - \exp\left(-0,358 \sqrt[3]{500}\right)}{1 + \frac{120}{0,4} \exp\left(-0,358 \sqrt[3]{500}\right)} = 0,0508$

б) $\beta = \frac{1 - \exp\left(-0,239 \sqrt[3]{500}\right)}{1 + \frac{120}{0,4} \exp\left(-0,239 \sqrt[3]{500}\right)} = 0,0179$

С учетом формулы (III-1) находим кратность разбавления

а) $$n = \frac{0{,}0508 \times 120}{0{,}4} + 1 = 16{,}8$$

б) $$n = \frac{0{,}0179 \times 120}{0{,}4} + 1 = 6{,}37$$

ПРИМЕР 3

Определить кратность начального разбавления в месте сброса сточных вод при организации их смешения рассеивающим выпуском. Скорость истечения из отверстий $v_0 = 9{,}0$ м/с, число отверстий $N = 10$, суммарный расход сточных вод $Q_{ст} = 1{,}06$ м3/с, скорость течения в реке $v_р = 0{,}3$ м/с, глубина $H = 6{,}0$ м.

РАСЧЕТ

По формуле (III-5) определяем диаметр выпускаемого патрубка

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q_{ст}}{\pi v_0 N}} = \frac{4 \cdot 1{,}06}{3{,}14 \cdot 3{,}0 \cdot 10} = 0{,}212 \text{ м}$$

и по графику на рис.III-2 при известных

$$\frac{v_т}{v_р} - 1 = \frac{v_р + 0{,}15}{v_р} - 1 = \frac{0{,}3 + 0{,}15}{0{,}3} - 1 = 0{,}5 \text{ м}$$

$$m = \frac{v_р}{v_0} = 0{,}1$$

определяем отношение $\frac{d}{d_0} = 25{,}0$, откуда величина $d = 5{,}3$.

По номограмме (III-1) находим кратность начального разбавления $n_н = 8$ и так как $d < H$, то расчет кратности начального разбавления заканчивается.

Расстояние до пограничного сечения зоны начального разбавления согласно формуле (III-6)

$$l = \frac{5{,}3}{0{,}48\,(1 - 3{,}12 \cdot 0{,}1)} = 16{,}1 \text{ м}$$

ПРИМЕР 4

В большую равнинную реку А через сосредоточенный выпуск, расположенный в середине живого сечения, сбрасываются сточные воды с постоянным расходом сброса q и постоянной концентрацией загрязняющих веществ Сст.

Необходимо вычислить кратность разбавления сточных вод в расчетном (контрольном) створе при наименьшем (минимальном) среднемесячном расходе воды водотока года 95% обеспеченности.

Исходные данные

для реки

$Q = 126$ м3/с ;

$v_p = 0,35$ м/с

$H = 6,0$ м

$B = 60,0$ м

$C = 42$ м$^{1/2}$с,

$D = 0,0138$ м2/с

$Cp = 0,4$

для сточных вод

$q = 0,4$ м3/с

$v_0 = 2,04$ м/с

$d_0 = 0,5$ м (диаметр оголовка выпуска),

Сст = 100 мг/м3

$H_{нач\ ср} = 9,0$ м

Для расчета начального разбавления используем метод ЛИСИ, а основного – метод ГГИ.

РАСЧЕТ

Расчет начинается с вычисления кратности начального разбавления $n_н$ с помощью номограммы рис.III-I. Для использования этой номограммы определяем величину

$$m = \frac{v_p}{v_0} = 0,172$$

и убеждаемся в необходимости расчета начального разбавления, так как $m \leq 0,25$.

Для вычисления $n_н$ необходимо предварительно вычислить относительный диаметр загрязненной струи $\frac{d}{d_0}$ в расчетном

сечении в замыкающем створе зоны начального разбавления.

По номограмме рис.Ш-2 при $\frac{\gamma_m}{\gamma_p} - I = \frac{\gamma_p + 0,15}{\gamma_p} - I =$ $= 0,428$ получаем $\frac{d}{d_0} = 13,4$.

Далее по номограмма рис.Ш-I при $m = 0,172$ и $\frac{d}{d_0} = 13,4$ находим начальное разбавление без учета стеснения $n_н = 4,78$.

Определяем диаметр загрязненности струи d в конце зоны начального разбавления.

$$d = 13,4 \times d_0 = 6,7 \text{ м}.$$

Поскольку $d > H$, то струя будет несколько стеснена. Вычисляя относительное стеснение струи $\frac{H}{d} = 0,9$ и по номограмме рис.Ш-3 находим $\varphi\left(\frac{H}{d}\right) = 0,99$. Теперь определяем разбавление в стесненной струе $n_{н.с} = 4,76 \times 0,99 = 4,7$.

Расстояние до створа, замыкающего зону начального разбавления, находим по формуле (Ш-6)

$$l = \frac{6,7}{0,48\ (I - 3,12 \times 0,172)} = 30,I \text{ м}$$

После этого створа расчет выполняется по методу ГГИ для условий пространственной задачи.

Диаметр загрязненной струи в конце зоны начального разбавления равен 6,7 м. Площадь загрязненной струи равна $\pi r^2 = 3,14 \times 3,35^2 = 35,2$ м2. Схематизируем ее как квадрат. Назначаем в этом квадрате 4 расчетные клетки с концентрацией $\frac{C_{ст}}{n_{нс}} = \frac{100}{4,7} = 21$ мг/м3.

Площадь одной клетки равна $\Delta\omega = \Delta y \Delta z = 8,8$ м2,

$\Delta y = \Delta z = 2,97$ м

Для расчета строится осредненный поперечный профиль реки на рассматриваемом участке (в данном случае прямоугольник с площадью BH, где B – ширина реки, а H – ее глубина). Число

клеток, занятых загрязняющим веществом, равно 4, а общее число клеток в сечении равно

$$n_{общ} = \frac{BH}{\Delta\omega} = 40$$

Располагаем эти клетки в два слоя по глубине, т.е. в каждом слое будет 20 клеток. Вычисляем расстояние между расчетными сечениями по формуле (III-25).

$$\Delta X = \frac{v_p \Delta y^2}{4\mathcal{D}} = \frac{0,35 \times 0,8}{4 \times 0,0138} = 55,8 \text{ м}$$

Расчет диффузии выполняется по формуле (III-24). Результаты расчета приведены в табл.I-2. Из таблицы видно, что на расстоянии 420 м максимальная концентрация загрязняющих веществ равна $C_{max} = 8,2$ мг/м3, то есть кратность основного разбавления $n_o = \frac{21,0}{8,2} = 2,56$.

Общая кратность разбавления $n = n_{нс} n_o = 4,7 \cdot 2,56 = 12,0$.

ПРИМЕР 5

Расчет разбавления методом ГТИ для условий плановой (двумерной) задачи при наличии поперечной циркуляции с учетом начального разбавления.

Расчет выполняется для тех же условий, которые приведены в примере 4. Первая часть расчета - вычисление начального разбавления - остается без изменения. Начиная от замыкающего створа зоны начального разбавления расчет ведется методом ГТИ для плановой задачи. Напомним, что этот метод основан на численном решении двумерного уравнения диффузии, записанного для горизонтальной плоскости потока XOY, где X - продольная, а Y - поперечная оси. Метод позволяет учесть влияние поперечной скорости v_y на разбавление. Величина v_y зависит от радиуса

Таблица I-2

X = 30,I м

ур.пр.б ур.п.б.

0,0 2I,0 2I,0 0,0
0,0 2I,0 2I,0 0,0

X = 85,9 м

0,0 5,2 I5,8 I5,8 5,2 0,0
0,0 5,2 I5,8 I5,8 5,2 0,0

X = I4I,7 м

0,0 I,3 6,5 I3,2 I3,2 6,5 I,3 0,0
0,0 I,3 6,5 I3,2 I3,2 6,5 I,3 0,0

X = I97,6 м

0,0 0,3 2,3 6,9 II,5 II,5 6,9 2,3 0,3 0,0
0,0 0,3 2,3 6,9 II,5 II,5 6,9 2,3 0,3 0,0

X = 253,4 м

0,0 0,I 0,7 2,9 6,9 I0,4 I0,4 6,9 2,9 0,7 0,I 0,0
0,0 0,I 0,7 2,9 6,9 I0,4 I0,4 6,9 2,9 0,7 0,I 0,0

X = 309,2 м

0,0 0,2 I,I 3,4 6,8 9,5 9,5 6,8 3,4 I,I 0,3 0,0
0,0 0,2 I,I 3,4 6,8 9,5 9,5 6,8 3,4 I,I 0,3 0,0

X = 365,0 м

0,0 0,I 0,4 I,5 3,6 6,6 8,8 8,8 6,6 3,6 I,5 0,4 0,I 0,0
0,0 0,I 0,4 I,5 3,6 6,6 8,8 8,8 6,6 3,6 I,5 0,4 0,I 0,0

X = 420,8 м

0,0 0,2 0,6 I,8 3,8 6,4 8,2 8,2 6,4 3,8 I,8 0,6 0,2 0,0
0,0 0,2 0,6 I,8 3,8 6,4 8,2 8,2 6,4 3,8 I,8 0,6 0,2 0,0

кривизне потока $l_к$, в данном случае $l_к$ = 1150 м. Размеры расчетных клеток $\Delta y H$ вычисляются исходя из площади загрязненной струи в конечном створе зоны начального разбавления. Эта площадь (см. пример 4) получилась равной 35,2 м2. Считаем, что на площади 35,2 м2 размещаются две расчетные клетки, тогда

$$2\Delta y H = 35{,}2 \text{ м2}, \qquad \Delta y = \frac{35{,}2}{2 \times 6} = 3 \text{ м}$$

Для вычисления расстояния между расчетными сечениями предварительно определяются следующие параметры:

1. По формуле (III-23) $\Theta = \frac{9 - 6}{6} = 0{,}5$
2. По формуле (III-12)* $= 0{,}7\,\tilde{C} + 6 = 35{,}4$ м $^{1/2}/_{с}$
3. По формуле (III-21)* $N = \frac{35{,}4 \times 42}{9{,}8} = 152$
4. По формуле (III-22) $V_{ср} = 0{,}13 \times 152 \times \frac{6}{1150} \times 0{,}35 = 0{,}036$
5. По формуле (III-21) $W = \frac{0{,}35}{12{,}3} = 0{,}028$ м/с
6. Вычисляется $\frac{V_{ср} + W}{W} = \frac{0{,}036 + 0{,}028}{0{,}028} = 2{,}29$
7. По графику Кобш. $= f\left(\frac{V_{ср} + W}{W}, \Theta\right)$ (рис. III-6) определяется значение Кобш. = 20.
8. По формуле (III-19) $\mathcal{D}$ общ. = Кобш. $\mathcal{D}$ = 20 x 0,0136 = 0,276 м2/с.
9. По формуле (III-17) $\Delta x = \frac{V_{ср} \cdot \Delta y^2}{2\,\mathcal{D}_{общ}} = \frac{0{,}35 \cdot 9}{2 \cdot 0{,}276} = 5{,}7$ м

После этого выполняется расчет турбулентной диффузии по формуле (III-16). Концентрация загрязняющего вещества в начальном сечении, являющемся замыкающим сечением зоны начального разбавления (ℓ = 30 м), вычисляется по зависимости

$$\frac{C_{ст}}{n_н} = \frac{100}{4,7} = 21,0 \text{ мг/м3}$$

Результаты расчета приведены в таблице I-3. Для сокращения объема расчетных работ после сечения, расположенного в 264 м от выпуска, расчетные клетки укрупнены в два раза. Концентрация в укрупненных клетках вычислена как среднее арифметическое из концентраций в объединяемых клетках, то есть

$$C_{укр} = \frac{C_{(1)} + C_{(2)}}{2}.$$

Ширина укрупненных клеток $\Delta Y_{укр.}$ равна $2\,\Delta Y$, то есть $\Delta Y_{укр} = 6$ м, расстояние между расчетными сечениями после укрупнения вычислено как $\Delta X_{укр} = 4 \cdot \Delta X = 4 \times 5,7 = 22,8$ м.

Из таблицы видно, что на расстоянии 420 м от выпуска максимальная концентрация загрязняющего вещества равна 4,4 мг/м3. Кратность основного разбавления n_o составляет $\frac{21,0}{4,4} = 4,8$. Общая кратность разбавления $n = n_{нс} \cdot n_o = 4,7 \times 4,8 = 22,6$.

ПРИМЕР 6

Требуется рассчитать изменение фоновой концентрации консервативного вещества в водохранилище. Используем метод ГГИ при следующих исходных данных: объем водохранилища $W_* = 20,0 \times 10^8$ м3, приток в водохранилище равен $Q_{пр} = 10,0 \times 10^8$ м3/год; содержание лимитирующего вещества в воде водоема до начала сброса в него сточных вод, то есть бытовая фоновая концентрация вещества $C_б = 10$ мг/м3; в водах естественных притоков концентрация лимитирующего вещества $C_{пр} = C_б$; в сбрасываемых в водоем сточных водах лимитирующее вещество находится в концентрации $C_{сн} = 1000$ мг/м3, расход сточных вод $Q_ч = 0,1 \cdot 10^8$ м3/год; для бытовых и изменяющихся условий расход воды, вытекающей из водоема $Q_б = Q_{б.ср} = 18,0 \cdot 10^8$ м3/год, средний за время условного

Таблица I-3

до укрупнения

ур.ж.б.												

после укрупнения

Δy = 6,0 м, Δx = 22,8 м

ур.н.б.

3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0
3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,I
4,2		,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3
5,2	5,0	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4
5,2	5,0	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4
4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3
4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,I
3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0

ур.пр.б.I 42

264

водообмена водоема после начала сброса сточных вод остается неизменным.

Требуется определить:

какой предельной концентрации $C_ж$ достигает лимитирующее вещество в среднем в водоеме после продолжительного (многолетнего) периода сброса в него сточных вод;

какие значения средней концентрации рассматриваемого вещества установятся в водохранилище через 1/2, 1, 2, 5 и 10 лет после начала сброса сточных вод.

Вычисляем время условного водообмена

$$T_у = \frac{W_ж}{Q_в} = \frac{20,0 \cdot 10^8}{18,0 \cdot 10^8} = 1,11 \text{ года}$$

Концентрацию $C_ж$ находим по формуле:

$$C_ж = \frac{Q_{пр} C_б + g C_{сн}}{Q_в} = \frac{18,0 \times 10^8 \times 10,0 + 0,1 \times 10^8 \times 1000}{18,0 \times 10^8} = 16,58 \text{ мг/м3}$$

По формуле (IУ-7) находим значения Ср для заданных отрезков времени. Результаты представлены в таблице I-4.

Таблица I-4

t	$\frac{t}{T_у}$	$e^{-\frac{t}{T_у}}$	$(C_ж - C_б)e^{-\frac{t}{T_у}}$	Ср, мг/м3
0,5	0,45	0,64	3,56	12,00
1,0	0,9	0,41	2,28	13,28
2,0	1,8	0,17	0,95	14,61
5,0	4,5	0,01	0,06	15,50
10,0	9,01	0,0	0,0	15,56
20,0	18,0	0,0	0,0	15,56

Приложение 2

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ САНИТАРНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОЕКТИРУЕМОГО И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

I. В городе К. проектируется химический завод. Сброс сточных вод этого предприятия намечается в реку Н. ниже границы города. При санитарном обследовании водотока обнаружено, что ниже намечаемого выпуска сточных вод на расстоянии 5 км находится населенный пункт В., который использует воды реки Н. для культурно-бытовых целей; питьевое водоснабжение осуществляется из артезианских скважин.

Данные исследования сточных вод аналогичного химического завода

Проба - среднепропорциональная, взята из общего сброса сточных в р. Средний расход сточных вод q_0 = 0,2 м3/сек, концентрация растворенного кислорода в сточной воде δ_p = 8 мг/л

I. Окраска сточной воды - бурая, исчезает при разведении I:I5 в столбе высотой 20 см; I:8 в столбе высотой I0 см.
2. Запах сточной воды - специфический, исчезает при разведении I:I5.
3. Прозрачность близка к "0", после двухчасового отстоя - I5 см
4. Хлоридов - I20 мг/л
5. Взвешенное вещества при I05°С - 50 мг/л
6. Сульфиты - 80 мг/л
7. Сухой остаток при II0°С - I40 мг/л
8. Окисляемость в O_2 - I60 мг/л
9. Биохимическое потребление кислорода (полное) - I90 мг/л (при разведении I:I00)

10. Свинец - 3,5 мг/л

11. Цинк - 6 мг/л

12. Бензол - 16 мг/л

13. Нитрохлорбензол - 0,3 мг/л

14. Динитрохлорбензол - 8 мг/л

Кроме того, в сточных водах содержатся простые гликоли органических (бензол и др.) и минеральных кислот.

Данные исследования реки К.

1. Средний расход воды в реке на участке от города К. до населенного пункта В. Q = 60 м3/сек.

2. Средняя скорость на том же участке $V_{ср}$ = 0,3 м/сек

3. Средняя глубина на том же участке Нср = 1,20 м

4. Санитарные анализы воды реки К. на подступах к городу отвечают требованиям ГОСТа 17.3.03-77.

1. Растворенный кислород Ор - 8 мг/л

2. Биохимическое потребление кислорода (полное) - 2,9 мг/л

3. Взвешенные вещества - 1,5 мг/л

4. Цинк - 0,7 мг/л

5. Свинец - 0,01 мг/л

6. Выпуск сточных вод проектируется в стрежень реки.

Определение условий сброса сточных вод завода

Для определения необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом в реку необходимо определить кратность разбавления у ближайшего пункта водопользования, то есть у пункта В.

Определим отношение

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,2 \text{ м3/сек}}{60 \text{ м3/сек}} = 0,00333,$$

показывающее, что для расчета может быть использован метод ВНИИВОДГЕО.

По формуле (III-12) определяем коэффициент турбулентной диффузии

$$D = g \frac{H_{ср} V_{ср}}{\mu \tilde{C}},$$

где

$$\tilde{C} = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,03} (1,2)^{1/6} = \frac{1,033}{0,03} = 34,4 \text{ м}^{0,5}/\text{сек}.$$

$$\mu = 0,7 \tilde{C} + 6 = 0,7 \cdot 34,4 + 6 = 30 \text{ м}^{0,5}/\text{сек}$$

тогда

$$D = \frac{9,8 \cdot 1,2 \cdot 0,3}{30 \cdot 34,4} = \frac{3,5}{30 \cdot 34,4} = 0,00336 \text{ м}^2/\text{сек}$$

Учитывая, что участок реки от пунктов К. до В. – прямой, а выпуск сточных вод осуществляется в стрежень реки в формуле (III-11) величина $\xi = 1,5$, а $\varphi = 1$, тогда

$$\alpha = 1,5 \times 10 \times \sqrt{\frac{0,00336}{0,2}} = 1,5 \times 1,0 \times 0,13 = 0,195$$

Для определения $\beta = e^{-\alpha\sqrt{x}}$ предварительно находим $\alpha\sqrt{x} = 0,195 \times \sqrt{4000} = 0,195 \cdot 15,87 = 3,1$, где x – расстояние в метрах от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению границы пункта В. Пользуясь таблицей (III-1), находим $\beta = 0,0454$.

Теперь найдем коэффициент смешения по формуле

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q}\beta} = \frac{1 - 0,0454}{1 + \frac{60}{0,2} \cdot 0,0454} = \frac{0,9546}{1 + 13,62} = 0,065$$

Этому значению коэффициента смешения соответствует кратность разбавления $n = \frac{\gamma Q}{q} + 1 = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2} + 1 = 20$

Расчеты по общесанитарному признаку вредности

1. БПК полное

В соответствии с Правилами для населенного пункта В. величина Спр.д. = 6 мг/л, по анализам Ср. = 1,6 мг/л.

Для расчета используем формулу (IУ-9).

Величина $10^{-K_1 t}$, определяется по таблице (Ш-3.)

Принимается, что $K_1' = K_1'' = K_1 = 0,1$, так как в нашем примере при загрязнении простыми гликолями и органическими кислотами

t - время продвижения воды от места спуска сточных вод до расчетного пункта водопользования В. Определяется по формуле:

$t = \frac{x}{v_{ср.}}$, где $x = 4000$ м, $v_{ср.} = 0,3$ м/сек

$t = \frac{4000}{0,3 \cdot 3600} = 4$ часа.

Значение $10^{-K_1 t} = 0,962$ подставляется в формулу (IУ-9),

$$Сст.пр. = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2 \cdot 0,962}(6 - 2,9 \cdot 0,962) + \frac{6}{0,962} = 73,3 \text{ мг/л}$$

Таким образом, Сст.пр. = 73,3 мг/л.

2. Вещества, тормозящие БПК

В нашем примере таким веществом является цинк; предельно допустимая концентрация цинка 1 мг/л. Расчет концентрации в сточной воде производится с учетом разбавления по формуле (II-2).

$$Сст.пр. = \frac{0,065 \cdot 60}{0,4}(1 - 0,1) + 1 = 19,9 \text{ мг/л}$$

Расчеты по органолептическому признаку вредности

1. Окраска, запах. Для устранения окраски и запаха сточных вод необходимо было разбавление 1:15. В реке кратность разбавления равна 20.

2. По органолептическому признаку вредности нормируется динитрохлорбензол Спр.д = 0,5 мг/л. По формуле (П-2) получаем

$$Сст.пр. = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2} (0,5 - 0) + 0,5 = 11 \text{ мг/л}$$

Расчеты по санитарно-токсикологическому признаку вредности

В нашем примере имеет место комбинированное действие трех веществ, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности: свинца, бензола и нитрохлорбензола.

В общем случае, если есть возможность управлять концентрацией рассматриваемых веществ (свинец, бензол, нитрохлорбензол) в сбрасываемых сточных водах, расчет должен строиться таким образом:

I. Назначается такое значение Сст для каждого из двух веществ (например, свинец, бензол), чтобы концентрации их в контрольном створе Сп.вод$_i$, вычисляемые по формуле (П-4), удовлетворяли условию Сп.вод$_i$ $\leq$ ПДК$_i$ (i = 1,2 соответственно свинцу и бензолу).

2. Из выражения (П-6) определяется предельно допустимое значение Спр.д $\leq$ Спр.д для третьего вещества. (Спр.д. - соответствует предельно допустимой концентрации с учетом комбинированного действия веществ).

3. По формуле (IУ-II) при Спр.д. = Спр.д. вычисляется Сст.пр. для последнего вещества.

В простейшем случае (рассматриваемом ниже) предельно допустимые концентрации каждого из этих веществ должны быть уменьшены в 3 раза; Спр.д. для свинца - 0,I мг/л, для бензола - 0,5 мг/л, для нитрохлорбензола - 0,05 мг/л, для расчета принимаем соответственно 0,03 мг/л; 0,I6 мг/л; 0,0I6 мг/л. По формуле (П-2):

А) для свинца

$$\text{Сст.пр.} = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2} (0,03 - 0,01) + 0,03 = 0,45 \text{ мг/л}$$

б) для бензола

$$\text{Сст.пр.} = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2} (0,16 - 0) + 0,16 = 3,52 \text{ мг/л}$$

в) для нитрохлорбензола

$$\text{Сст.пр.} = \frac{0,065 \cdot 60}{0,2} (0,016 - 0) + 0,016 = 0,35 \text{ мг/л}$$

II. Теперь допустим, что тот же химический завод действует при тех же местных условиях водопользования ниже по течению выпуска сточных вод. Нужно определить (в порядке текущего санитарного контроля), производится ли выпуск сточных вод в соответствии с санитарными требованиями и нормативами, изложенными в Правилах.

При этом могут иметь место два основных случая:

1. При проектировании предприятия в целом или его канализационных очистных сооружений учитывались санитарные требования и нормативы, соответствующие указанным выше Правилам, а расчет необходимой степени очистки и обезвреживания сточных вод производился как изложено выше.

В этом случае следует:

а) путем обследования предприятия и ознакомления с технико-экономическими отчетными данными установить, не произошли ли изменения в номенклатуре и технологии производства, которые могли бы существенно изменить расход сточных вод (q м3/сутки или q м3/час) и их состав против принятых в проекте. Наряду с этим следует выяснить, не произошли ли изменения в санитарной обстановке на реке Н. и нужно ли продолжать считать ближайший пунктом водопользования населенный пункт Б.

Если такие изменения произошли без соответствующего обоснования и согласования с санитарными органами, то должны быть сделаны выводы, вытекающие из нарушения пп. 40 - 54 Правил, а наличие согласования материалов исходного проекта теряет свое практическое значение;

б) если предприятие действует в условиях, предусмотренных проектом, можно приступить к дальнейшему обследованию путем: 1) отбора и исследования проб сточных вод, поступающих в соответствии со сводной расчетной таблицей (или аналогичными данными проекта), в которой указаны максимальные концентрации сточных вод, при которых считался допустимым сброс этих сточных вод в водоток; 2) местного обследования санитарного состояния реки II, на подступах к ближайшему пункту водопользования (в 1 км выше по течению границы его территории), а в нашем случае только пункта В. Обязателен отбор проб воды в этом створе для анализа (в соответствии с особенностью состава сточных вод) и в особенности по тем показателям сводной таблицы, которые указывали на необходимость очистки и обезвреживания сточных вод (в нашем примере это касается взвешенных веществ, нефтепр., свинца, бензола).

На основании результатов обследований предприятий и санитарной ситуации на водотоке, сопоставления данных исследования сточных вод с проектными и данных исследования воды водотока (у контрольного створа пункта В) с нормативами Правил делают соответствующие выводы и предложения:

в) если состав сточных вод, а также качество и состав воды водотока соответствуют в контрольном створе предусмотренным проектом и Правилами, еще нельзя делать вывод о том, что условия сброса сточных вод полностью отвечают условию санитарно надзо-

ности и безопасности. Отбор проб воды водотока в контрольном створе производится в любое время, однако требования к очистке, обезвреживанию сточных вод определяются для худших условий (п.39 Правил). Поэтому для период отбора проб из водотока (по данным органов водного надзора) должен быть установлен фактический расход воды (Q факт.) у контрольного створа и сопоставлен с расчетным (Q расч.), который принят проектом. Обнаруженные в воде водотока концентрации веществ должны быть оценены с поправкой, равной степени превышения Q факт., над Q расчетным.

Вар. II. Во втором случае проект канализования и сброса сточных вод составлялся без учета Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами или на предприятии не обнаружено документации, которой обосновывается объем осуществляемых мероприятий по уменьшению сброса загрязняющих веществ в водный объект.

В этом случае следуют:

а) подробно и последовательно обследовать все цехи предприятий для выявления технологических процессов, с которыми связано образование и необходимость отведения сточных вод и характер их возможного загрязнения;

б) в соответствии с полученными сведениями произвести:

- отбор проб сточных вод и обеспечить возможно более полное определение содержания в них специфических веществ;
- местное обследование в створе ближайшего пункта водопользования В.
- отбор проб воды водотока в створах (на 1 км выше) этого пункта водопользования для производства анализов по объему, соответствующему санитарным требованиям (приложение I Правил) с целью получения сведений о специфических веществах сточных вод;

в) в случае отсутствия прямого метода определения органолептических веществ в воде водотока специфических веществ на уровне ПДК следует воспользоваться косвенными методами.

Так, в приведенном выше примере допустим, что отсутствует метод определения в воде:

динитрохлорбензола, лимитируемого по органолептическому признаку вредности, - можно ограничиться испытанием пробы воды водотока на запах, отсутствие которого послужит достаточным доказательством, что ПДК для этого вещества не превышена;

нитрохлорбензола, лимитируемого по санитарно-токсикологическому признаку вредности, - можно, зная его содержание в сточных водах ($C_{ст}$) и определив, как изложено выше, степень смешения и разбавления (n) сточных вод у пункта водопользования расчетным путем, определить концентрацию нитрохлорбензола (C_p) в воде водного объекта.

Примечание: пункты "б" и "в" выполняются с учетом п.2 Правил;

г) если применительно к вышеприведенному примеру при текущем санитарном надзоре в воде водотока оказалось несколько веществ, относящихся к одной группе по лимитирующему признаку вредности, следует определить долю концентраций этих веществ от ПДК каждого из них. Так, найдено $P_в$ 0,03 мг/л (т.е. 30% от ПДК), бензола 0,4 мг/л (т.е. 80% от ПДК) и нитрохлорбензола 0,02 мг/л (т.е. 40% от ПДК).

В сумме имеем 30+80+40 = 150%, т.е. имеет место нарушение требований Правил (примечание "б" к приложению 2) о том, что сумма концентраций всех веществ, выраженная в % от соответствующих ПДК для каждого вещества в отдельности, не должна превышать 100%.

д) Результаты изысканий и расчетов должны быть представлены органам санитарного надзора, причем срок выполнения этих изысканий и расчетов определяется санитарными органами в зависимости от результатов исследований, указанных в п."б", и они должны быть тем более срочными, чем менее благоприятными оказались результаты этих исследований.

III. В дальнейшем, когда условия сброса сточных вод действующего предприятия будут обоснованы и уточнены в соответствии с требованиями Правил и изложенных выше методов расчета необходимой степени очистки и обезвреживания сточных вод - задачи осуществления текущего санитарного надзора будут соответствовать первому случаю, рассмотренному выше.

Приложение 3

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОЕКТИРУЕМОГО И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

I. При условиях примера 2 (приложение I), а также дополнительных условиях:

ПДКпотр.ст.вод. = 20 мг/л;

ПДКречных вод = I,5 мг/л;

концентрация растворенного кислорода

в реке = 8 мг/л,

в сточных водах = 0 мг/л;

запах и окраска сточных вод исчезают при разбавлении I:5 ;

в сточных водах содержатся следующие вещества в концентрациях: бензол = 2 мг/л, ксилол = 0,I мг/л, энтобактер и = 50 мг/л; нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии - 0,I мг/л; алкилсульфонат = 3 мг/л (перечисленные вещества отсутствуют в речной воде)

определить концентрации вредных веществ в сточной воде при удовлетворении рыбохозяйственных требований к спуску сточных вод на смешивания расстоянии $L_{см}$ = 500 м от выпуска, определяемом согласно п.24 Правил. Водный объект не используется для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду.

РАСЧЕТЫ ПО ОБЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ К СОСТАВУ И СВОЙСТВАМ ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

I) БПК полное

Ввиду малости расстояния (L = 500 м) БПКполн. определяется по формуле (IУ-II)[x]

$$C_{ст.пр.} = \frac{\gamma Q}{q}(C_{пр.д.} - C_p) + C_{пр.д.}$$

в которой γ определяется по формуле (Ш-2):

а) при n = I6,3, б – при n = 6,37 (результат решения примера 2 (Приложение I).

Согласно (Ш-2) получаем

а) $$\gamma = \frac{(n-1)q}{Q_p} = \frac{(16,3 - 1) \cdot 0,4}{120} = 0,051$$

б) $$\gamma = \frac{(6,37-1) \cdot 0,4}{120} = 0,0179$$

а) $$C_{ст.пр.} = \frac{0,051 \cdot 120}{0,4}(3 - 1,5) + 3 = 25,95 \text{ мг/л}$$

б) $$C_{ст.пр.} = \frac{0,0179 \cdot 120}{0,4}(3 - 1,5) + 3 = 11,05 \text{ мг/л}$$

2) Растворенный кислород

Содержание растворенного кислорода в воде определяется по формуле (IУ-I3)[x]

а) $$\delta = \frac{0,051 \cdot 120}{0,4 + 0,051 \cdot 120} \cdot 8 + \frac{0,4}{0,4 + 0,051 \cdot 120} \cdot 0 = 7,51 \text{ мг/л}$$

б) $$\delta = \frac{0,0179 \cdot 120}{0,4 + 0,0179 \cdot 120} \cdot 8 + \frac{0,4}{0,4 + 0,0179 \cdot 120} \cdot 0 = 6,74 \text{ мг/л}$$

Примечание: Дополнительными расчетами следует убедиться, что на участке реки ниже створа L = 500 м не ухудшится кислородный режим.

РАСЧЕТЫ ПО ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ВРЕДНОСТИ

I. Окраска и запах воды. Для устранения окраски и запаха сточных вод необходимо разбавление I:6. В лимитирующем створе кратность разбавления а) n = I6,3 , б) n = 8,37.

2. По органолептическому показателю нормируется бензол Спр.д. = 0,55 по формуле $(IУ-II)^{x}$ имеем

а) Сот.пр. = $\frac{0,05I \cdot I20}{0,4}$ (0,05 - 0) + 0,05 = 0,8I5 ,

б) Сот.пр. = $\frac{0,0I79 \cdot I20}{0,4}$ (0,05 - 0) + 0,05 = 0,3I9

РАСЧЕТЫ ПО САНИТАРНО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

По санитарно-токсикологическому показателю вредности нормируется алкилсульфонат Спр.д. = 0,5 мг/л.

По формуле $(IУ-II)^{x}$ имеем

а) Сот.пр. = $\frac{0,05I \cdot I20}{0,4}$ (0,5 - 0) + 0,5 = 8,I5 мг/л

б) Сот.пр. = $\frac{0,0I79 \cdot I20}{0,4}$ (0,5 - 0) + 0,5 = 3,I9 мг/л

РАСЧЕТЫ ПО ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

По токсикологическому показателю вредности нормируется бензол Спр.д. = 0,5 мг/л.

По формуле (IУ-II) имеем

а) Сот.пр. = $\frac{0,05I \cdot I20}{0,4}$ (0,5 - 0) + 0,5 = 8,I5 мг/л

б) Сот.пр. = $\frac{0,0I79 \cdot I20}{0,4}$ (0,5 - 0) + 0,5 = 3,I9 мг/л

РАСЧЕТЫ ПО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

По рыбохозяйственным показателям вредности нормируются нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии Спр.д. = 0,05 мг/л.

По формуле (IУ-II)^{x} имеем

а) $Сст.пр. = \frac{0,051 \cdot 120}{0,4} (0,05 - 0) + 0,05 = 0,815$ мг/л

б) $Сст.пр. = \frac{0,0179 \cdot 120}{0,4} (0,05 - 0) + 0,05 = 0,319$ мг/л

РАСЧЕТЫ ПО ОБЩЕСАНИТАРНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ВРЕДНОСТИ

По общесанитарному показателю вредности нормируется энтобактерин Спр.д. = 10.

По формуле (IУ-II)^{x} имеем

а) $Сст.пр. = \frac{0,051 \cdot 120}{0,4} (10 - 0) + 10 = 163$ мг/л

б) $Сст.пр. = \frac{0,0179 \cdot 120}{0,4} (10 - 0) + 10 = 63,7$ мг/л

Таким образом, рыбохозяйственные требования не выполняются лишь для ЕПКполн., которое должно быть уменьшено до 11,05 мг/л при береговом спуске сточных вод в реку.

П. В отличие от примера I настоящего приложения, где рассмотрены сосредоточенные выпуски, расположенные в стрежке и у берега реки, рассмотрим случай сброса сточных вод рассеивающим выпуском.

Соответствующий этому случаю расчет кратности начального разбавления приведен в примере 3 (Приложение I). Найденная в

этом примере кратность начального разбавления является основой для определения соответствия рыбохозяйственным требованиям условий спуска сточных вод предприятия по показателям вредности, приведенным в примере I настоящего приложения.

II. Для действующих предприятий необходимо производить проверку соответствия выпуска сточных вод рыбохозяйственным требованиям и нормативам, изложенным в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами № 1166-74.

Проверка производится аналогично примеру II (Приложение 2), но с учетом удовлетворения рыбохозяйственным требованиям и нормативам.

Таблица III-I. Зависимость значения $e^{-\alpha\sqrt{L}}$ от значений $\alpha\sqrt{L}$

$\alpha\sqrt{L}$	$e^{-\alpha\sqrt{L}}$	$\sqrt{L}$	$\alpha\sqrt{L}$	$\sqrt{L}$	$\alpha\sqrt{L}$	$\sqrt{L}$	$\alpha\sqrt{L}$	$\sqrt{L}$	$\alpha\sqrt{L}$
0,5	0,614	1,15	0,317	2,55	0,0781	3,95	0,0194	5,7	0,00337
0,52	0,595	1,2	0,301	2,6	0,0745	4	0,0184	5,8	0,00304
0,54	0,583	1,25	0,286	2,65	0,0705	4,05	0,0175	5,9	0,00276
0,56	0,571	1,3	0,272	2,7	0,0675	4,1	0,0167	6	0,00249
0,58	0,56	1,35	0,259	2,75	0,0644	4,15	0,0159	6,1	0,00224
0,6	0,549	1,4	0,251	2,8	0,061	4,2	0,0151	6,2	0,00204
0,62	0,539	1,45	0,235	2,85	0,058	4,25	0,0144	6,3	0,00185
0,64	0,528	1,5	0,223	2,9	0,0552	4,3	0,0138	6,4	0,00167
0,66	0,517	1,55	0,212	2,95	0,0526	4,35	0,013	6,5	0,00151
0,68	0,507	1,6	0,202	3	0,05	4,4	0,0123	6,6	0,00138
0,7	0,497	1,65	0,192	3,05	0,0477	4,45	0,0118	6,7	0,00124
0,72	0,487	1,7	0,183	3,1	0,0454	4,5	0,0112	6,8	0,00112
0,74	0,477	1,75	0,174	3,15	0,043	4,55	0,0107	6,9	0,00102
0,76	0,468	1,8	0,165	3,2	0,0406	4,6	0,0101	7	0,00092
0,78	0,459	1,85	0,159	3,25	0,0389	4,65	0,0096	7,1	0,00083
0,8	0,45	1,9	0,155	3,3	0,0371	4,7	0,00915	7,2	0,00076
0,82	0,441	1,95	0,144	3,35	0,0352	4,75	0,00872	7,3	0,00068
0,84	0,433	2	0,136	3,4	0,0335	4,8	0,0083	7,4	0,00062
0,86	0,425	2,05	0,129	3,45	0,0319	4,85	0,00791	7,5	0,00056
0,88	0,416	2,1	0,123	3,5	0,0303	4,9	0,00749	7,6	0,0005
0,9	0,407	2,15	0,117	3,55	0,0289	4,95	0,00717	7,7	0,00046
0,92	0,399	2,2	0,111	3,6	0,0275	5	0,00675	7,8	0,00042
0,94	0,392	2,25	0,106	3,65	0,0262	5,1	0,00614	7,9	0,00037
0,96	0,384	2,3	0,1005	3,7	0,0249	5,2	0,00555	8	0,00034
0,98	0,375	2,35	0,0958	3,75	0,0236	5,3	0,00503	8,5	0,000204
1	0,368	2,4	0,0911	3,8	0,0225	5,4	0,00457	9	0,000124
1,05	0,35	2,45	0,0865	3,85	0,0214	5,5	0,00415	9,5	0,000076
1,1	0,333	2,5	0,0824	3,9	0,0204	5,6	0,00372	10	0,000046

Таблица Б-2

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\xi^2} d\xi$$

X	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	00000	0II28	02256	03384	045II	05637	06762	07886	09008	I0I28
0,I	II245	I2362	I3476	I4587	I5695	I6800	I790I	I8999	20094	2II84
0,2	22270	23352	24430	25502	26570	27633	28690	29742	30788	3I828
0,3	32863	33891	349I5	35928	36936	37938	38933	3992I	40901	4I874
0,4	42839	43797	44747	45689	45622	47548	4[illegible]466	49374	50275	5II67
0,5	52050	52924	53790	54646	55494	56332	57162	57982	58792	59594
0,6	60385	6II68	6I94I	62705	63459	64203	64939	65663	66378	67084
0,7	67780	68457	69I43	69810	70458	7III6	7I754	72382	73001	736I0
0,8	742I0	74800	75381	75952	765I4	77067	77610	78144	78669	79I84
0,9	79691	80188	80677	8II55	8I627	82089	82542	82987	83423	83851
I,0	84270	84681	85084	85478	85865	86244	86614	86977	87333	87680
I,I	88020	88353	88679	88997	89308	89612	89910	90200	90484	90761
I,2	9I03I	9I295	9I553	9I805	92050	92290	92524	92751	92973	93190
I,3	93401	93505	93806	94002	94191	94376	94556	94731	95902	95067
I,4	95228	95385	95538	95686	95930	95970	96105	96237	9536[illegible]	95490

продолжение таблицы П-2

X	C	I	2	3	4	5	6	7	8	9
I,5	96610	96728	96841	96951	97059	97162	97263	97360	97455	97546
I	97635	97721	97804	97884	97962	98038	98110	98181	98249	98315
,7	98379	98441	98500	98558	98614	98667	98719	98769	98817	98864
I,8	98909	98952	98994	99035	99074	99111	99147	99182	99216	99248
I,9	99279	99309	99338	99366	99392	99418	99443	99466	99489	99511
2,0	99532	99552	99572	99591	99609	99626	99642	99658	99673	99688
2,I	99702	99716	99728	99741	9972[illegible]	99764	99775	99785	99795	99805
2,2	99814	99822	99831	99839	99846	99854	99861	99867	99874	99880
2,3	99886	99891	99897	99902	99906	99911	99916	99920	99924	99928
2,4	99931	99935	99938	99941	99944	99947	99950	99952	99955	99957
2,5	99959	99961	99963	999965	99967	99969	99971	99972	99974	99975
2,6	99976	99978	99979	99980	99981	99982	99983	99984	99985	99986
2,7	99986	99987	99988	99989	99989	99990	99991	99991	99992	99992
2,8	99992	99993	99993	99994	99994	99994	99995	99995	99995	99996
2,9	99996	99996	99996	99997	99997	99997	99997	99997	99998	99998
3,0	99998	99998	99998	999998	99998	99998	99998	99999	99999	99999

Таблица Б-3

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ $10^{-k_1 t}$ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ k_1 И t

k_1	Значения величины $10^{-k_1 t}$ при t, сут, равном:									
	0,25	0,5	I	I,5	2	2,5	3	4	5	6
0,04	0,98I	0,955	0,9I2	0,87I	0,832	0,794	0,759	0,692	0,63I	0,575
0,06	0,956	0,933	0,87I	0,8I2	0,769	0,708	0,65I	0,575	0,50I	0,487
0,08	0,955	0,9I2	0,832	0,769	0,6 92	0,63I	0,757	0,489	0,408	0,33I
0,I	0,944	0,89I	0,794	0,708	0,63I	0,572	0,60I	0,398	0,3I6	0,25I
0,I2	0,833	0,87I	0,759	0,66I	0,575	0,50I	0,435	0,33I	0,25I	0,I9I
0,I4	0,922	0,85I	0,724	0,6I7	0,525	0,447	0,332	0,275	0,2	0,I45
0,I6	0,9I2	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,33I	0,229	0,I59	0,II
0,I8	0,903	0,8I3	0,66I	0,5[illegible]7	0,437	0,355	0,288	0,I9I	0,I26	0,083
0,2	0,89I	0,794	0,63I	0,50I	0,393	0,3I6	0,25I	0,I68	0,I	0,I63
0,22	0,88I	0,776	0,603	0,478	0,353	0,283	0,2I9	0,I32	0,079	0,049
0,24	0,87I	0,759	0,575	0,437	0,33I	0,25I	0,I9I	0,II	0,063	0,036
0,26	0,85I	0,74I	0,55	0,407	0,302	0,224	0,I66	0,09I	0,05	0,075
0,28	0,85I	0,724	0,525	0,38	0,275	0,I99	0 I45	0,076	0,05	0,02I
0,3	0,84I	0,708	0,50I	0,335	0,25I	0,I78	0,I26	0.063	0,032	0,0I6
0,4	0,794	0,63I	0,398	0,25I	0,I58	0,I	0,063	0,025	0,0I	0,004
0,5	0,75	0,565	0,3I6	0,I78	0,I	0,056	0,032	0,0I	0,003	0,00I

gost.e-ecolog.ru