

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 - Харьков

1982

МИНИСТЕРСТВО МЕДИАЦИИ И РОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР  
МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
ГОССТРОЙ СССР  
ВСЕСОВЕЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ОХРАНЕ ВОД  
(НИИВИНО)

УТВЕРЖДЕНО  
Минводхозом СССР  
" 25 " 06. 1982г.,  
№ 13-2-05/625  
СОГЛАСОВАНО  
Минздравом СССР  
" 21 " 06. 1982г.,  
№ 30-11-9

УТВЕРЖДЕНО  
Минздравом СССР  
" 10 " 07. 1982г.,  
№ 2183-80  
СОГЛАСОВАНО  
Госстроем СССР  
" 27 " 01. 1982г.,  
№ ВА-431-20/5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ПОВЕРХНОСТИХ ВОД  
ОТ ЗАГРУЗКИИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Москва - Харьков  
1982

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

Методические указания не являются отдельным нормативным документом, а служат дополнением к действующим Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, содержит разъяснения к отдельным положениям Правил, основные принципы определения условий спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния, в также методики определения необходимых мероприятий, обеспечивающих охрану водных ресурсов. Данные 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. IV.4.

1. ПОЛЯРИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОХРАНЫ ВОД ОТ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ, СОДЕРЖАЩИХСЯ  
В ПРАВИЛАХ

1.1. 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); применении 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 (именуемые 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.

1.2. 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 утвержденованными органами государственного надзора. Определенные в нихся требованиям того документа, который предъявляет наиболее жесткие нормативы каче-

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

1.3. 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.

1.4. Различие характера водопользования при многообразных народнохозяйственных целях 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 охране и обезвреживанию сточных вод.

1.5. 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 создаться или создается у расчетных (контрольных) створов хозяйственного-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

1.6. В качестве критериев для оценки допустимой степени замещения 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 наименее 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 санечения ПДК, приведенные в Правилах и в дополнительных перечнях ПДК, утвержденных Минздравом СССР и Минрибхозом СССР. Дополнительные перечни по мере завершения научно-исследовательских работ по нормированию ПДК издаются после утверждения Минздравом СССР и Минрибхозом 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.

1.7. 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 однотипных 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.

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

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

В исключительных случаях, наложившим образом мотивированых и согласованных с санитарно-эпидемиологической службой Минздрава СССР и союзных республик, может быть разрешено проченное использование ориентировочных безпрочных уровней веществ (ОБУВ), разработанных 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.

Примечание: 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:

$$C_{расч.} = \frac{C_{ф} Q_{ф}}{Q_{95\%}}$$

где  $C_{ф}$  - фактически определенная анализы концентрация контролируемых веществ при  $Q_{ф}$ ;

$Q_{ф}$  - фактический расход водотока по данным органов Госкомгидромета;

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

1.10. К п.21 и 27 Правил. При расчете суммарного воздействия нескольких веществ однократного динамирующего промежутка вредности следует одновременно с веществами, которые могут поступать от проектируемого и существующих выверстаплоненных выпусков, учитывать также аналогичные вещества, содержащиеся в природной воде в расчетном (контрольном) створе.

1.11. 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, учитывавшего фоновую концентрацию, гидравлические и гидродинамические особенности водного объекта, возможную степень разбавления сточных вод и самоочищения воды (см. п.14) при условии обязательного обеспечения в расчетном створе концентрации контролируемых веществ, не превышающей нормативных требований к составу и составу воды водного объекта, установленных для данного вида вод.

дополняют. Расчеты производятся в соответствии с разделами III и IV настоящих методических указаний.

1.12. Наблюдаемый в водных объектах процесс трансформации преимущественно органических веществ, распад которых происходит, как правило, по закону мономолекулярных реакций (реакция "попялка"), может приниматься в расчет самоочищения водного объекта не только при его достаточной выраженности, склонности 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 признакам вредности. Следует также учитывать влияние процессов самоочищения на санитарность среды в зоне самоочищений и кислородный режим водного объекта.

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 отношении водного объекта или его участка к рыболовственным водным объектам может быть решен только органами рыбоохраны.

На основании ст.28 Устава водного законодательства Союза ССР и советских республик на рыболовственных водоемах или их отдельных участках, имеющих особо важное значение для сохранения воспроизводства ценных видов рыб или других объектов водного

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

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

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

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

1.15. К п.41 Правил. Условия отведения сточных вод вновь проектируемых или действующих объектов указываются в разрешениях на специальное водопользование, выдаваемых органами по регулированию использования и охраны вод после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и другими заинтересованными организациями.

1.16. 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

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

П. I. I. В порядке текущего контроля гидзательной 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 выда по течению контролльных 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. I.7 Правил санитарно-эпидемиологической службы должны быть определены расчетные (контрольные) створы водопользования и установлены места для отбора проб воды из водного объекта согласно указаниям пп. I.8, 24 Правил, местоположение расчетного (контрольного) створа должно быть также согласовано с органами рыбоохраны. Паряду с этим, следует проводить отбор проб воды в водном объекте выше по течению выпуска сточных вод, влияние которого пред злагается 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 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 УИ разделом Правил "Согласование условий отведения сточных вод в водные объекты", органам по регулированию использования и охране под, а также органам и учреждениям санитарно-эпидемиологической службы и органам рабочей охраны уже на первом этапе проектирования, т.е. при выборе и отведении площадки для нового объекта или реконструкции существующего должны быть представлена 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 расчетной (контрольной) створе;

определить, до какой степени следует очищать и обезвреживать сточные воды, чтобы расчетного (контрольного) створа использование было обеспечено нормативы качества воды.

П.3. Определение условий отведения сточных вод в водотоки основывается на расчетных методах, учет которых 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:

$$qC_{st} + \gamma Q C_p = (q + \gamma Q) C_{p, \text{бог.}}, \quad (\text{II-1})$$

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

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

$C_{p, \text{бог.}}$  - принимается как максимальная концентрация в расчетном (контрольном) створе;

$\gamma$  - коэффициент смещения (метод определения изложен в разделе III).

Далее рассмотрены различные расчетные случаи.

#### П.4.1. Первый расчетный случай

Из уравнения (II-1) следует, что

$$C_{st, \text{пр.}} \leq \gamma \frac{Q}{q} (C_{p, \text{ доп.}} - C_p) \cdot C_{p, \text{ доп.}} \quad (\text{II-2})$$

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

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 предлагаемого нового спуска сточных вод уже загрязнена, причем:

$C_p > C_{pr.dop.}$ , тогда не трудно видеть, что уравнение

$$C_{st,pr} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{pr,g} - C_p) + C_{pr,g} \quad (II-3)$$

примет вид:  $C_{st,pr} \leq C_{pr,d}$ . 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  $C_p > C_{pr.dop.}$  новый выпуск сточных вод недопустим во всех случаях, когда сточные воды не очищаются до  $C_{pr.dop.}$  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 ( $q$ ,  $C_{st}$ ), при местных условиях возможного разбавления сточных вод ( $\gamma$ ,  $Q$ ), и исходного санитарного состояния водного объекта ( $C_p$ ) до проектируемого выпуска сточных вод может осуществляться по уравнению (II-1), решенному относительно  $C_{st}$  вод.

$$C_{\text{сп.вод}} = \frac{q}{Q} C_{\text{ст.}} + \frac{q}{Q} C_{\text{пр.д.}}$$

(П-4)

При этом прогноз может быть качественно оценен путем сравнения расчетного (контрольного) створа величин 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 качества или концентрации сточных вод. Объем и характер химических и санитарно-технических мероприятий должен проектироваться в зависимости от того, насколько Сп.вод. превышает Спр.д.

#### 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.

Концентрации первого вещества  $C^1_{\text{ст.}}$ , второго  $C^2_{\text{ст.}}$ , следующих

$C^3_{\text{ст.}}$ , расход сточных вод  $Q$  одинаков.

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

$$C^1_{\text{ст.пр.}} = \frac{T_1 Q}{Q} (C^1_{\text{пр.д.}} - C^1_{\text{ст.}}) + C^1_{\text{пр.д.}}, \quad (\text{П-5})$$

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

Комбинированное действие, как известно, должно оцениваться по соотношению:  $\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \dots + \frac{p}{P} \leq 1$ , (П-6), где  $a, b, \dots, p$  - концентрации вредных веществ в воде водного объекта;

$A, B, \dots, P$  - установленные для этих веществ нормативы (ПДК).

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

$$C_{\text{п.вод.}}^1 = \frac{q C_{\text{ст}} + T Q C_{\text{р}}}{9 + T Q} \quad (\text{П-7})$$

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

Если сумма отношений концентраций всех веществ одному лимитирующему признаку 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 промежуточный 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 и приемлемыми рамками уменьшения концентрации загрязняющих веществ. Для этой цели может быть также использовано уравнение (П-1) в виде:

$$\frac{Q}{q} > \frac{C_{cm} - C_{pr,g}}{C_{pr,g} - C_p} \quad (P-2)$$

Если это условие не выполняется, 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 прогнозированием 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 практические возможные последствия загрязнения вод

(санитарно-токсикологические, органолептические и по выделению из сточных водных объектов);

б) наиболее надежного разбавления сточных вод в водостоках при наименьшем (минимальном) среднемесячном расходе воды года 90% обеспеченности с учетом гидрологического режима и гидродинамических процессов.

При указанных условиях можно рассматривать расчетные методы основными при решении вопросов, касающихся ус. оий отведения сточных пол., 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. IV.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, т.к. и по ограничению их загрязнения соответствующим объемом необходимых мероприятий техно-экологического и санитарно-технического характера, на конечный результат расчетов оказывают большое влияние и другие моменты. К ним следует отнести достоверность и прачильность использования тех параметров (гидрологические, гидродинамические и метеорологические данные), которые лягут в основу определения степени смягчения и кратности разбавления. Поэтому соответствующим изысканиям и исследованием 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 указанию первого раздела. Соответствующая методика изложена в разделе IV.

## III. МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

III.1. Рассмотренные в предыдущем разделе различные расчеты случаи на основе балансового уравнения (II-1) могут быть решены для конкретных условий при известном коэффициенте смещения  $\gamma$ , нахождение которого является специальной задачей. Часто в практике расчетов используется понятие кратности разбавления  $n$ , которое определяется следующей зависимостью:

$$n = \frac{C_{\text{ст}} - C_p}{C_{\text{ст,м}} - C_p}, \quad (\text{III-1})$$

где  $C_{\text{ст,м}}$  — максимальная концентрация вещества в створе водного объекта.

Величины  $\gamma$  и  $n$  характеризуют разбавление сточных вод, которое происходит по мере смешения сточной жидкости с водой водного объекта:

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

$$\frac{10}{9} = n - \gamma. \quad (\text{III-2})$$

Как следует из формулы (III-1), кратность разбавления может быть определена по данным о концентрациях одного вещества. Этим выражается существо процесса разбавления, которое определяется фи-

вических 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 точечной и турбулентного обмена в окружающей жидкости. Количественный учет влияния начального и основного разбавления производится через кратность соответственно  $\Pi_1$  начального и  $\Pi_0$  основного разбавления с последующим использованием балансового уравнения ( $\Pi_1\Pi_0$ ).

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

$$Q_{\text{ст}} = Q_1 \cdot \Pi_1 \quad (\text{Ш.3})$$

где  $Q_1$  - расход сточной жидкости на выходе из оголовка выпуска.

Ш.4. Приводимые методы расчета разбавления сточных вод пригодны для использования балансового уравнения (Ш.1) в целях достижения гигиенических и рыбохозяйственных нормативов в водных объектах.

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

Ш.4.1. 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 определить непосредственно кратность разбавления, коэффициент смешения или концентрацию вещества с ис-

последующим определением по формуле (Ш-1) кратности разбавления.

Если разбавление происходит в начальной и основной зонах, то общая кратность разбавления составит

$$\Pi = \Pi_n \cdot \Pi_o \quad (\text{Ш-4})$$

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

#### Д. Рассчет начального разбавления при выпуске сточных вод в ровотоки (метод ЛИСИ)

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

для напорных носородоточных и рассекающих выпусколов водоток при соотношении скоростей потока  $V_p$  и выпуска  $V_o$ :

$$V_o > 4V_p$$

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. Вычисляется отноше-

$$\frac{V_m}{V_p} - 1 = \frac{V_p + 0,15}{V_p} - 1, \quad m = \frac{V_p}{V_o}, \quad \text{где}$$

$V_m$  — скорость на оси струи и по номограмме (рис.Ш-2) находится отношение  $\frac{d}{d_o}$ , где  $d$  — диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления,  $d_o$  — диаметр выпуска. Затем по номограмме (рис.Ш-1) находится кратность начального разбавления  $\Pi_n$  по известным величинам  $m$  и  $\frac{d}{d_o}$ .

Для расчета единичного напорного выпуска расчет осуществляется следующим образом. Задаваясь числом выпускных отверстий ( $N$ ) и скоростью истечения  $V_o > 2,0$  м/сек, определяют диаметр

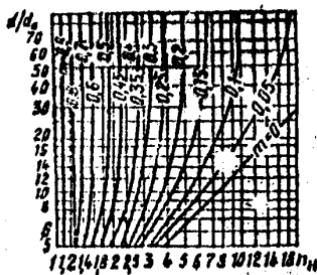


Рис.Ш-1. Номограмма для определения начального разбавления в водотоке

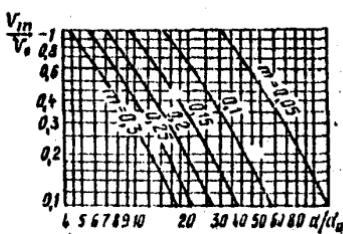


Рис.Ш-2. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

вытекающего патрубка

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q_{ст}}{GfU_{ст}N}}. \quad (III-5)$$

где  $Q_{ст}$  - суммарный расход сточных вод. Затем по nomogramme (рио. III-2) определяется отношение  $\frac{d}{d_0}$  и найденное значение  $d$  сравнивается с глубиной потока  $H$ . Если  $d < H$ , то по nomogramme (рио. III-1) находят кратность начального разбавления  $\Pi_{н}$ . Для случая отсечения струи ( $d > H$ ) соответствует ему кратность разбавления  $\Pi_{ис}$ , находятся умножением найденной величины  $\Pi_{н}$  на поправочный коэффициент  $f\left(\frac{H}{d}\right)$ , который определяется по графику (на рио. III-3). Расстояние до пограничного сечения воды начального разбавления определяется по формуле:

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

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

$$Q_{см} = \Pi_{н} Q_{ст}. \quad (III-7)$$

Средняя концентрация вещества в гравитационном сечении

$$C_{ср} = \frac{C_{ст} + C_{р}}{\Pi_{н}}. \quad (III-8)$$

Максимальная концентрация в центре пятна примеси в этом сечении

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

В. Расчеты основного разбавления при выпуске сточных вод в водоток.

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

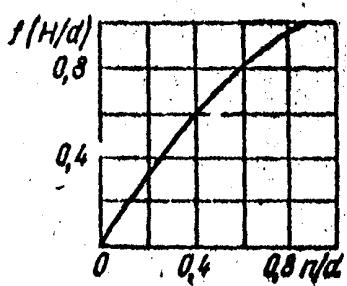


Рис. II-3. График для расчета функции

форме два (ПРИ и ВИМВОДГЕО), имел ограничения на область применения, довольно компактны, а третий (метод ГПИ) достаточно универсальный, но более громоздкий, чем первые два.

А) Метод расчета коэффициента смешения на основе полубиотических зависимостей (Метод ВИМВОДГЕО).

Значение коэффициента смешения определяется по следующей формуле:

$$\Gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{\beta}{\varphi}} \quad (III-10)$$

где  $\beta = e^{-\frac{X}{D}}$ ,  $X$  - расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа;  $\varphi$  - коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, определяемый по формуле:

$$\varphi = \varphi \sqrt{\frac{D}{q}} \quad (III-11)$$

где  $\varphi$  - коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток; при выпуске у берега он равен 1,0, а в широких реках равен 1,5;

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

$\varphi$  - коэффициент турбулентной диффузии, который для равноточных рек определяется по формуле:

$$\varphi = g \frac{H_{ср} \cdot V_{ср}}{M \cdot \tilde{C}} \quad (III-12)$$

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

$M$  - функция коэффициента Шези ( $m^{1/2}/s$ ).

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

$g$  - ускорение силы тяжести,  $V_{ср}$  - средняя скорость течения на участке между выпуским сточным под и рассматриваемым створом,  $H_{ср}$  - средняя глубина водотока на том же участке.

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

$$\text{D} \cdot \frac{L_1 g V_{ср} H_{ср}}{L_1 M_1 C_1} + \frac{L_2 g V_{ср} H_{ср}}{L_2 M_2 C_2} + \dots + \frac{L_n g V_{ср} H_{ср}}{L_n M_n C_n}$$

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

Для облегчения расчетов в таблице (III-1) приводятся числовые значения величины  $\beta$  в зависимости от значения  $\frac{g}{V}$ .

Рассмотренный метод может применяться при отложении

$$\frac{g}{Q} = 0,1 + 0,0025.$$

$$\text{Величина разбавления равна } \Pi = \frac{g + \beta Q}{g}.$$

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

Этот метод позволяет определить величину максимального значения концентрации вещества, что после подстановки этого максимального значения в формулу (III-1) приводит к следующей зависимости для определения кратности разбавления:

$$\Pi = \frac{H_{ср} \sqrt{g} V_{ср} D_{у,1}}{Q} \left\{ \operatorname{erf} \left\{ \left( \frac{B \sqrt{V_{ср}}}{2 \sqrt{D_{у,1}}} \right) + \operatorname{erf} \left\{ \left[ \frac{(B \cdot 6) \sqrt{V_{ср}}}{2 \sqrt{D_{у,1}}} \right] \right\} \right\} \right\} + 1 \quad (\text{III-13})$$

где  $\bar{U} = 3,14$ ,  $B$  - расстояние от берега  $z$  выпуска сточных вод,  $B$  - ширина реки,  $\Phi_y$  - коэффициент дисперсии в поперечном направлении,  $Q$  - расход сточной жидкости, который при начальном разбавления является  $Q_m$  и находится по (Ш-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 (Ш-2). Коэффициент дисперсии  $\Phi_y$  для рек шириной до 60-80 и рекомендуется определять по формуле:

$$\Phi_y = \frac{41,6 R U_x}{(Re)^{0,5}}, \quad (\text{Ш-14})$$

где число Рейнольдса  $Re = \frac{U_{cr} R}{\gamma}$ ;  $R$  - гидравлический радиус;  $\gamma$  - кинематический коэффициент вязкости; динамическая скорость  $U_x = \frac{U_{cr} \sqrt{g}}{\zeta}$ ;  $\zeta$  - коэффициент Шези,  $g$  - ускорение силы тяжести.

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

$$\Phi_y = \frac{H_{cr} U_{cr}}{3524} \left( \frac{B}{H} \right)^{1,576} \quad (\text{Ш-15})$$

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

а) Метод расчета кратности разбавления на основе численного решения двумерного и трехмерного уравнения турбулентной диффузии (метод ПИ).

Этот метод также позволяет определять кратность разбавления на основе расчета максимума со значениями концентрации вещества  $U$  в водотоке любых размеров без ограничения по коэффициенту извилистости и отношения  $\frac{Q}{Q_m}$ . 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 распространялась 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 рассекающего выпуска.

Для решения двумерной задачи рассчитываемый участок водотока делит вдоль оси  $X$  поперечными, отстоящими одна от другой на расстояниях  $\Delta X$ , и продольными линиями, находящимися на расстояниях  $\Delta Y$  друг от друга (рис. III-4).

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

$$C_{k+1, m} = \frac{1}{2} (C_{k, m-1} + C_{k, m+1}) \quad (III-16)$$

при расчетах сторон клеток

$$\Delta X = \frac{V_{ip} (\Delta Y)^2}{2 D}; \quad \Delta Y = \frac{q}{N_{ip} V_{ip} d_b}, \quad (III-17)$$

где  $D$  — коэффициент дифузии, определяемый по формуле (III-12);

$d_b$  — число расчетных клеток в начальном створе, загрязненных.

рассматриваемым веществом, выбираемое таким, чтобы  $d_1 > 1$  при выпуске у берега и  $d_2 > 2$  при выпуске, удаленном от берега.

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| $C_{k, \text{экстр}}$ | $C_{k+1, \text{экстр}}$ |
| $C_{k,1}$             | $C_{k+1,1}$             |
| $C_{k,2}$             |                         |
| $C_{k,m-1}$           |                         |
| $C_{k,m}$             | $C_{k+1,m}$             |
| $C_{k,m+1}$           |                         |
| $\Delta x$            |                         |
| Чис. Ш-4              |                         |

Границчные условия учитывают непроницаемость вещества через стены, ограничивающие поток. Эти условия реализуются введением экстраполяционных значений концентраций  $C_{\text{экстр.}}$ , определяемых за пределами ограничивающих стенок. Экстраполяционное значение вычисляется по соотношению

$$C_{k, \text{экстр.}} = C_{k,1}$$

При расчете разбавления экстраполяционные значения используются таким же образом, как истинные значения  $C$  соответствуютально для клеток, примыкающих к границам потока. Расчет выполняется по формуле

$$C_{k+1,1} = \frac{1}{2}(C_{k, \text{экстр.}} + C_{k,2}) \quad (\text{Ш-16})$$

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

Расчет при этом производится также по формуле (Ш-16), (Ш-18) однако вместо  $\beta$  в (Ш-17) принимается обобщенный коэффициент турбулентной дифузии

$$\beta_{\text{тур.}} = K_{\text{тур.}} \beta, \quad (\text{Ш-19})$$

где

$$K_{общ} = f \left( \frac{U_{ср} + W}{W} + \Theta \right); \quad (III-20)$$

$U_{ср}$  - среднее значение абсолютной величины поперечной составляющей скорости по вертикали;

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

$$W = \frac{U_x}{N^1}, \quad (III-21)$$

где  $U_x$  - продольная составляющая осредненной скорости,

$N^1$  - безразмерное характеристическое число, определяемое из отношения  $N^1 = \frac{MC}{g}$ . (III-21)

Для вычисления  $U_{ср}$  рекомендуется формула

$$U_{ср} = 0,13 \frac{H_{ср}}{\Gamma} \Gamma_{ср} N^1, \quad (III-22)$$

где  $\Gamma$  - радиус кривизны русла, взятый как средняя величина для участка реки, расположенного непосредственно ниже места выпуска сточных вод и включаящего 1-2 закрутления.

Параметр  $\Theta$  вычисляется по формуле:

$$\Theta = \frac{H_{нах.ср} - H_{ср}}{H_{ср}}, \quad (III-23)$$

где  $H_{нах.ср}$  - 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  $\Theta$  и  $\frac{U_{ср} + W}{W}$  приведен на рис. III-5.

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

$$\Theta = 0,6.$$

Коэф

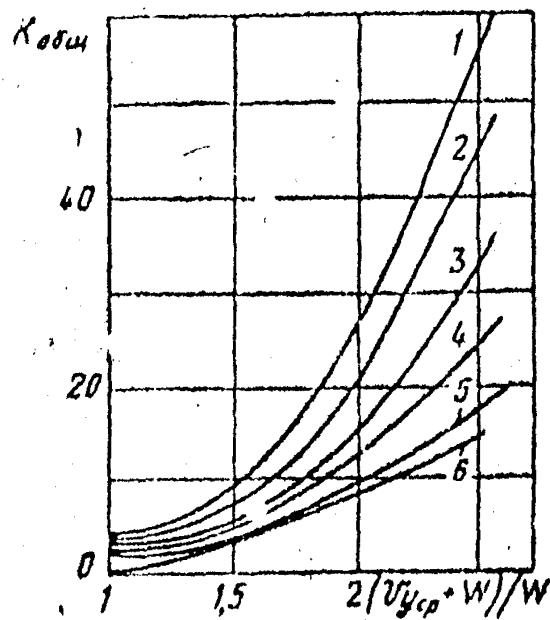


Рис. III-5. График зависимости

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1 - при $\theta = 1,0$ | 4 - при $\theta = 0,4$ |
| 2 - при $\theta = 0,8$ | 5 - при $\theta = 0,2$ |
| 3 - при $\theta = 0,6$ | 6 - при $\theta = 0,0$ |

Для решения трехмерной пространственной задачи на избум обложить потока делают вдоль оси  $X$  попечными сечениями, отстоящими одно от другого на расстояниях  $\Delta X$  и параллельными плоскостями  $Y0Z$  вдоль оси  $Y$  — плоскостями, параллельными плоскости  $X0Z$  и находящимися на расстоянии  $\Delta Y$  друг от друга, вдоль оси  $Z$  — плоскостями, параллельными плоскости  $X0Y$ , с расстояниями между ними  $\Delta Z$ . 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  $K, M, \dots$ .

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

$$C_{k+1, m, n} = \frac{1}{4} (C_{k, m+1, n} + C_{k, m-1, n} + C_{k, m, n+1} + C_{k, m, n-1}) \quad (\text{III-1})$$

Размеры расчетных кубиков  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  вычисляются по формулам

$$\Delta Y = \Delta Z = \sqrt{\frac{q}{V_{ep} d_3}}, \quad \Delta X = \frac{V_{ep} \Delta Z^2}{4 \Phi}, \quad (\text{III-25})$$

где  $d_3$  — количество расчетных кубиков в пятне промеси, соответствующего выпуска сточных вод со скоростью  $V_{ep}$ , коэффициент турбулентной диффузии  $\Phi$  определяется по формуле (III-12) ( $d_3 > 4$  при выпуске, удаленном от берега,  $d_3 > 1$  при выпуске у берега).

Когда загрязненное вещество достигает граничных поверхностей, следует учитывать, что при расчетах концентрации в граничных кубиках также используется формула (III-24), в которой индексы  $P+1, M+1$ , выходящие за границу области течения, заменяются индексами  $P$  и  $M$ , то есть расчет концентрации

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

Необходимо обратить внимание на то, что при расчете размера клеток по формулам (III-17) и (III-25) при отсутствии начального разбавления под величиной  $Q_0$  понимается расход сточной жидкости, а при наличии полного разбавления эта величина определяется по (III-3). Так же необходимо обратить внимание на то, что рассмотренным методом обычно определяется избыточия национальной (Ср) концентрации загрязняющего вещества.

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

Ш.4.2. Метод 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 встречных воздействий и уравнений турбулентной диффузии. Эти расчеты достаточно трудоемки и обычно производятся с помощью специальных алгоритмов на ЭВМ.

Однако на основе численного метода ГИ 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 исчисляется по результатам начального разбавления  $\Pi_0$ , прошедшего непосредственно у выпуска, и основного  $\Pi_0$ , которое продолжается по мере удаления от места выпуска.

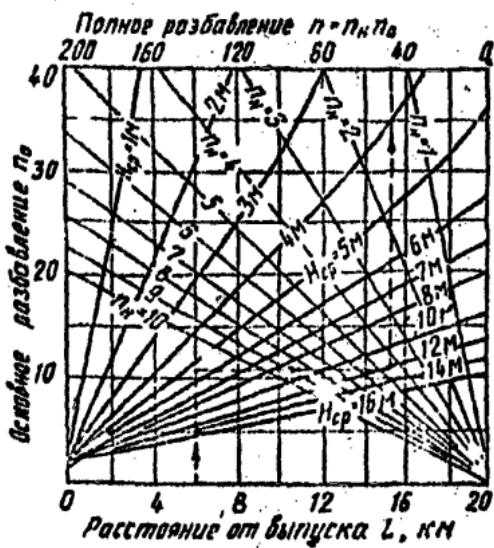


Рис. II-6. Номограмма для расчета разбавления сточных вод в водохранилище при выпуске у берега

$$\Pi = \Pi_{\text{н}} \cdot \Pi_{\text{в}}$$

(III-26)

Расчет может быть выполнен для двух случаев:  
береговой выпуск находится в верхней трети глубины водоема или в его мелководной части;  
глубинный выпуск находится на расстоянии до 600 м от берега.

В первом случае кратность начального разбавления определяется по формуле

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{г}} + 0,0118 H_{\text{ср}}^3}{Q_{\text{г}} + 0,00118 H_{\text{ср}}^2}, \quad (\text{III-27})$$

где  $Q_{\text{г}}$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сек;

$H_{\text{ср}}$  — средняя глубина водоема, м,

вторичность полного разбавления  $\Pi$  — по nomogramme рис. III-6.  
в зависимости от значения  $\Pi_{\text{н}}$ , средней глубины участка  $H_{\text{ср}}$ ,  
и расстояния от расчетной точки до выпуска  $L$ .

По этого по nomogramme на оси абсцисс откладывается  
расстояние  $L$  из точки, соответствующей этому расстоянию,  
проводится вертикальная линия до пересечения с кривой, соот-  
ветствующей заданной глубине  $H_{\text{ср}}$ ; далее из точки пересечения  
проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой, соот-  
ветствующей найденному начальному разбавлению; из полученной  
точки проводится вертикальная линия, которая в точке пересече-  
ния дает искомую точку, соответствующую полному разбавлению.

Во втором случае начальное разбавление определяется по  
формуле

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{г}} + 0,0085 H_{\text{ср}}^3}{Q_{\text{г}} + 0,000435 H_{\text{ср}}^2}, \quad (\text{III-28})$$

а полное  $\Pi$  — по nomogramme рис. III-7, правило использования  
которой аналогично описанному выше правилу использования nomo-  
gramme на рис. III-6.

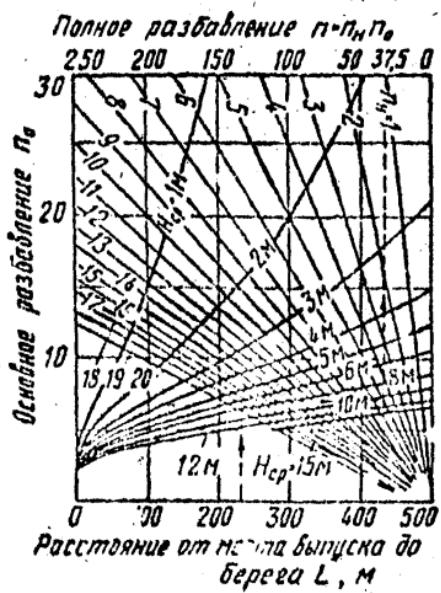


Рис. III-7. Номограмма для расчета разбавления сточных вод в водохранилище при глубинном выпуске на расстоянии от берега

1. Условия применимости метода расчета:  
средняя скорость ветра 5,5 м/сек, соответствующая наибольшему принятому в санитарном отношении направлению ветра. В первом случае - вдоль берега, во втором - от берега;

2. Числ. определяется при средней глубине водохранилища 3-4 м и 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

Сод. в первом приближении может производиться по уравнению (III-1), которое с учетом (III-1) преобразуется к виду

$$C_{n \text{ вод}} = \frac{C_{\text{н.п.}}}{n} - C_p \left(1 - \frac{1}{n}\right), \quad (\text{III-29})$$

где под  $C_{\text{н.п.}}$  нужно понимать фоновую концентрацию в водоеме.

Для расчета концентрации вещества в сточной жидкости (сточ. по заданной концентрации вещества в расчетном (контрольном) створе) (III-29) представляется в виде

$$C_{\text{н.п.}} + n C_{n \text{ вод}} + C_p (n-1). \quad (\text{III-30})$$

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

Метод ЛИСИ пригоден для расчета начального разбавления;

Метод ТПМ для расчета основного разбавления в сравнительно небольших водоемах с коэффициентом извилистости можно

1.6.

Метод ВЛНПОДГЭО - для расчета основного разбавления при отношении  $\frac{Q}{Q_0} = 0,1 + 0,0025$ ;

Метод ГГИ, являющийся наиболее громоздким, с различиями не имеет.

#### IV. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ СЛУДАРНЫМ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ УСЛОВИЯ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД

IV.1. Рассмотрение в разделе II различий случаев спуска сточных вод в водные объекты и прогнозирования их санитарного состояния на основе балансовых уравнений требует знания коэффициентов смещения  $\Gamma$  или кратности разбавления  $n$ . Приведено в разделе III методы позволяют определить эти величины. Важным является то, что кратность разбавления не зависит от концентрации загрязняющих веществ в сбросах, поэтому для нахождения кратностей разбавления, которые отражают исключительно гидрохимические условия смещения вод, возникают вероятные концентрации веществ на сбросе для достижения требуемых условий в водных объектах.

IV.2. Чтобы определить до какой концентрации Сот.пр. следует очищать или обеззараживать сточные воды, чтобы на подходе к расчетным (контрольным) сбросам степень загрязненности воды водного объекта не нарушила нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения и рыбному хозяйству, как было указано в разделах I и III, необходимо использовать следующие формулы:

$$C_{\text{сп.пр.}} = \frac{\Gamma Q}{q} (C_{\text{пр.}q} - C_p) + C_{\text{пр.}q} \quad (IV-1)$$

или в соответствии с формулой (III-1):

$$C_{\text{сп.пр.}} = n C_{\text{пр.}q} - C_p (n-1) \quad (IV-2)$$

Прич. 1. Величина  $Q_f$  определяется хвойственной и производственной организацией на основании санитарных и технологических расчетов; величины  $Q, n$  или  $f$  определяются проектной организацией на основе специальных местных гидрологических изысканий или данных гидрометеорологической службы; Ср. и величина предельно допустимой концентрации Ср.д. - на основе специально организуемых исследований, если по этим 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 порогах излияния, опользования водного объекта для питьевого водопользования, в рыбохозяйственных целях и для культурно-бытовых нужд населения.

Прич. 2. Величина расчетного показателя предельной концентрации загрязняющего вещества в сточной воде Ср.пр., определяемая расчетом для нового или для существующего сброса сточных вод, положенная в основу проектирования очистных сооружений, приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации этих сооружений.

Прич. 3. При поступлении сточных вод в водохранилища кратность их разбавления для указанных в разделе III условий определяется с помощью приближенного метода (III.4.2), а предельная концентрация вещества в сточной воде - по формуле (IV-2).

Прич. 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 Ср.д.

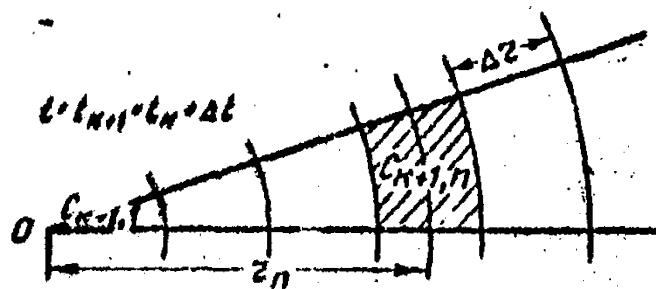
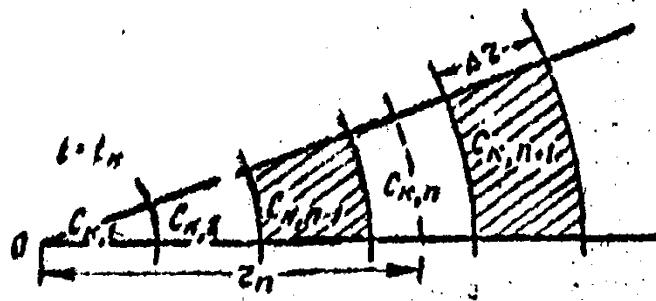


FIG. IV-1

$$C_{k+1,n} = \eta C_{k,n} + \gamma_n C_{k,n-1} + \mu_n C_{k,n+1} \quad (IV-3)$$

где индексы  $n, n-1, n+1$  показывают порядок последовательного расположения элементов  $\Delta z$  сектора (рис. IV-1), а индексы  $k, k+1$  - последовательные интервалы времени  $\Delta t$ .

$$\left. \begin{aligned} \eta &= 1 - 2\vartheta \frac{\Delta t}{\Delta z^2} \\ \gamma_n &= \left( \vartheta - \frac{\beta}{2n-1} \right) \frac{\Delta t}{\Delta z^2} \\ \mu_n &= \left( \vartheta + \frac{\beta}{2n-1} \right) \frac{\Delta t}{\Delta z^2} \end{aligned} \right\} \quad (IV-4)$$

$\beta = \vartheta - \frac{q}{\vartheta H_{up}}$  - расход сточных вод в месте выпуска (IV-5),  $\vartheta$  - коэффициент диффузии, определяемый по формуле (III-12), при этом  $H_{up}$  находится по данным явлений слабых течений за весь рассматриваемый период,  $\vartheta \cdot \delta t$  - при расположении выпуска у берега,  $\vartheta \cdot 2\vartheta$  - при расположении выпуска в акватории, удаленной от берега,  $\Delta t = \frac{m}{q} \vartheta H_{up} \Delta z^2$  ( $m$  - принимается в пределах от 0,05 до 0,20 в зависимости от требуемой подробности расчета),  $\gamma_n = (n - \frac{1}{2}) \Delta z$ . при этом величина  $\Delta z$  назначается в зависимости от требуемой детализации по-ля концентрации.

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

$$C_{k+1,1} = a C_{k,1} + b C_{k,2} + d C_{k,2} \dots \quad (IV-5)$$

где

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{q}{\vartheta H_{up}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta z^2}, \\ b &= 1 - \frac{q}{\vartheta H_{up}} \frac{\Delta t}{\Delta z^2} - 2\vartheta \frac{\Delta t}{\Delta z^2} \\ d &= 2\vartheta \frac{\Delta t}{\Delta z^2} - \frac{q}{\vartheta H_{up}} \frac{\Delta t}{\Delta z^2} \end{aligned} \right\} \quad (IV-6)$$

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

Изложенный выше метод применим при условии  $Q_a < 24H^2$ . Расчетный интервал времени  $\Delta t$  должен удовлетворять равенству

$$\Delta t < \frac{\Delta z^2}{2Q + qH}$$

Ни один из коэффициентов в формулах (IV-3) и (IV-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, пред назначенной для конспиративного вещества, пригодной для любого момента времени  $t$ , отсчитываемого от начала сброса сточных вод в водоем.

$$C_p = C_a - (C_a - C_b) e^{-\frac{t}{T_y}}, \quad (IV-7)$$

где  $T_y = \frac{W_a}{Q_b + q}$ ,  $W_a$  - объем водохранилища,  $Q_b$  - расход воды, вытекающей из водоема; если забор воды для предпрятия осуществляется из водохранилища и сточные воды сбрасываются в то же водохранилище, то  $T_y = \frac{W_a}{Q_b}$ ;  $C_a = \frac{Q_b C_b + q C_b}{Q_b}$  - расход притекающей в водохранилище воды,  $C_b$  - бытовая концентрация вещества в водоеме в начальный момент времени.

IV.2.5. По методам расчета, представленным в пп. IV.2.3 и IV.2.4, можно посчитать концентрацию загрязняющего вещества в пункте водопользования как сумму концентраций  $[C_{\text{ст},p}]_{\text{вод}}$  (по формуле IV-3) и  $C_p$  (по формуле IV-7) при заданной концентрации на сбросе  $C_{\text{ст}}$ . После такого расчета можно решить и вторую задачу по определению предельно допустимой концентрации на

согласно Сст.пр., если известны  $[C_{ст,н}]_{пред}$ ,  $C_p$  и предельно допустимая концентрация Спр.д. в расчетном (контрольном) отверсте. Для этого необходимо найти согласно (Ш-1) кратность разбавления  $n = \frac{C_{ст}}{[C_{ст,н}]_{пред}}$ , а затем

$$C_{ст,п} = nC_{пред} - (n-1)C_p \quad (IV-8)$$

IV.2.6. Загрязнение водных объектов сточными водами может неблагоприятно отразиться на общем санитарном режиме и на условиях использования водного объекта в рыбохозяйственных целях, в изменении органолептических свойств воды, в санитарно-токсикологическом и токсикологическом отношении (опасность для здоровья населения, влияющая на условия обитания и воспроизведение 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.

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

(а) по НШпоказ. с учетом биокинетического 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

$$C_{ст,п} = \frac{C_{пред}}{10^{0.712}} \left( C_{пред} - C_p \cdot 10^{-0.712} t \right) + \frac{C_{пред}}{10^{0.712}} \quad (IV-9)$$

$C_{пред}$  - 60 л/с.м., которая должна быть достигнута в процессе очистки сточных вод;

$C_p$  - ЕИКполи. в воде водного объекта до места выпуска сточных вод;  $C_{pr.p.}$  - предельно допустимая ЕИКполи. в створе ближайшего пункта водопользования;  $K_1$  и  $K_2$  - константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и вод водного объекта, установленные экспериментальным путем;

- время продвижения волн водного объекта вместе с разбавленными в ней сточными волнами от места выпуска сточных вод до расчетного (контрольного) створа (= сутках).

Если вычисляемая величина  $C_{st.p.}$  (ЕИКполи. сточной воде), при которой выполняются санитарные и рыбохозяйственные требования в отношении ЕИКполи. окажется меньше, чем ЕИКполи. сточных вод, назначенных к выпуску или поступающих в водный объект, то необходима очистка сточных вод по крайней мере до  $C_{st.p.}$ ;

б) по ЕИКполи. - с учетом влияния на концентрацию растворимого кислорода в водном объекте.

Допустимая ЕИКполи. в сточной воде для зимних условий - после установления ледостава - определяется по формуле:

$$C_{st.p.} = \frac{10}{q(1-10^{-K_1 t})} \left[ S_p \cdot S_n \cdot C_p (1-10^{-K_2 t}) + \frac{q}{10} (S_{st.p.} - S_n) \right] + C_p, \quad (17-10)$$

а для летних условий - по формуле:

$$C_{st.p.} = \frac{q + 10}{q} \frac{K_2 - K_{st.p.}}{K_{st.p.} (10^{-K_{st.p.}} - 10^{-K_2 t})} \left[ a (1-10^{-K_2 t}) + \right. \quad (17-11)$$

$$\left. + S_p 10^{-K_2 t} + \frac{q S_n}{q + 10} - S_n \right] - \frac{10}{q} C_p,$$

где  $S_n$  - концентрация растворимого кислорода в сточной воде;

$S_p$  - фоновая концентрация растворимого кислорода;  $S_n$  - концентрация на концентрацию растворимого кислорода, зависящий от типа водопользования;  $K_2$  - коэффициент растворимости;  $a$  - предельная растворимость кислорода в воде при данной температуре.

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

н. - 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 самозашения из-за малости расстояния определить ВИКполи. в сточном воде в зимнее и летнее время в соответствии с (IV-9) по формуле

$$C_{cm,pr} = \frac{TQ}{q} (C_{pr,g} - C_p) + C_{pr,g}; \quad (IV-11)^*$$

а) по растворенному кислороду для водных объектов рыбохозяйственного назначения проверка производится на участках, расположенных ниже контрольного створа, при определенных по формулам (IV-10), (IV-11) Сст.пр. (ВИКполи.) для зимних условий после установления ледостава - по формуле:

$$S_p = \frac{TQ + \{S_p \cdot C_p (t - 10^{-K_p t})\}}{q + TQ} - \frac{q (C_{cm,pr} C_p)}{q + TQ} (t - 10^{-K_p t}) \cdot \frac{q S_{cm}}{q + TQ} \quad (IV-12)$$

а для летних условий - по формуле:

$$S_p = C_p (A + S_p) 10^{-K_p t} - \frac{q C_{cm,pr} Q C_p}{(q + TQ) (K_p - K_{cm})} (10^{K_p t} - 10^{-K_p t}) + \frac{q S_{cm}}{q + TQ} \quad (IV-13)$$

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

$A$  - расстояние до этого пункта.

Здесь и ниже коэффициент смещения  $T$  при расчетах должен соответствовать этому расстоянию. Ни в одном пункте водного объекта, расположенного в зоне рыбохозяйственного водопользования, концентрация растворенного кислорода  $S_p$  не должна

быть ниже  $S_{\text{н}}$ . В противном случае необходимо рассмотреть возможность снижения Сот.пр. либо применить искусственную дегазацию воды в пунктах, где  $S_{\text{н}}$  окажется меньше  $S_{\text{н}}$ .

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

$$8L = \frac{q \cdot \gamma Q}{q + \gamma Q} S_{\text{пр}} + \frac{q}{q + \gamma Q} S_{\text{ан}} \quad (\text{IV-13}^*)$$

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

$$C_{\text{сп.нк.}} = \frac{q + \gamma Q [\text{HCO}_3] - \frac{CO_2}{44} \cdot 10^8 H_{\text{нор}} - P^*}{q + 10^8 H_{\text{нор}} - P^*} \quad (\text{IV-14})$$

$$C_{\text{сп.пр.щ.}} = \frac{q + \gamma Q [\text{HCO}_3] - \frac{CO_2}{44} \cdot 10^8 H_{\text{нор}} - P^*}{0,273 \cdot 10^8 H_{\text{нор}} - P^*} \quad (\text{IV-15})$$

где  $[\text{HCO}_3]$  - бикарбонатная щелочность воды в мг-экв/л;  $CO_2$  - концентрация растворенной углекислоты в мг/л;  $P^*$  - отрицательный логарифм константы I ступени диссоциации угольной кислоты, зависящей от температуры и определяемой по химическим справочникам;

$pH_{\text{нор}}$  - нормативное значение  $pH$ .

IV.3.8. По органолептическому показателю вредности с учетом требований рыбного хозяйства:

о окраске запаху - i получалась, когда имелся анализ отходных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах сточных вод исчезают и отсутствует их влияние на мясо риб, достаточна срочность величины разбавления, указанной в винтилизе, о расчетной величине разбавления, которое возможно у расчетного (контрольного) створа, чтобы решить вопрос о необходимости выпуска сточных вод в отношении запаха и окраски перед спуском их в водный объект;

позвоночным веществам - санитарные и рыболоводственные требования ограничивают лишь степень увеличения содержания взвешенных веществ в воде водного объекта. Поэтому расчетная формула принимает вид:

$$C_{\text{спр.8}} = \left( \frac{TQ}{\eta} + 1 \right) C_{\text{зоб}} + C_p, \quad (IV-16)$$

где  $C_{\text{зоб}}$  - допустимое увеличение содержания взвешенных веществ: 0,25 мг/л + 0,75 чг/л в зависимости от вида водопользования.

Остальные обозначения и метод оценки результатов практиче-  
ского температура воды водного объекта - расчет производится с учетом санитарных и рыболоводственных требований, ограничивающих степень повышения температуры воды за счет поступающих сточных вод. Этому условию соответствует расчет по следующей формуле:

$$t_{\text{спр.пр}} = \left( \frac{TQ}{\eta} + 1 \right) t_{\text{зоб}} + t_p, \quad (IV-17)$$

где  $t_p$  - максимальная температура воды водного объекта до выпуска сточных вод для расчетного периода;

$t_{\text{зоб}}$  - допустимое по правилам по температуре;

$t_p$  - температура сточных вод, при которой будет соблюдено санитарное или рыболоводственное требование относительно темпера-

избыту воды в расчетном (контрольном) створе, если наряду с ограничением на приращение температуры  $\dot{\theta}_{\text{р}} > \dot{\theta}_{\text{р.н.}}$  имеется ограничение на максимальную температуру в водном объекте  $\dot{\theta}_{\text{вод}}$ , то в формуле (IV-17) вместо  $\dot{\theta}_{\text{р}}$  следует принимать  $\dot{\theta}_{\text{р.н.}}$ , а  $\dot{\theta}_{\text{вод}} - \dot{\theta}_{\text{р}}$  в том случае, когда  $\dot{\theta}_{\text{р}} > \dot{\theta}_{\text{р.н.}}$ .

по образованию плавающих примесей не следует определять расчетным методом. Если попадание их не исключается, необходимо лабораторным путем или наблюдением в чистоте определить разбавление, при котором они становятся незащищенными, или считать обоснованным применение мероприятий по очистке от плавающих примесей.

IV.3.9. По санитарно-токсикологическому показателю вредности (то есть возможной опасности для здоровья населения), а также по токсикологическому, обсесанитарному, органолептическому и рыбохозяйственному показателю вредности с учетом рыбохозяйственных требований, по которым установлены предельно допустимые концентрации, расчет ведется по формуле (IV-1) или (IV-2).

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

IV.3.10. Результаты расчетов для сопоставления состава и свойств оточных 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 определены сточными водами, в соответствии с гигиеническими нормами и требованиями Ст. пр

1 2 3

I. Общигигиенические показатели качества вод

1. pH
2. Температура
3. Цвет
4. Залих
5. НПКполи.
6. ХПК
7. Хлориды
8. Сульфаты
9. Щелочность

и другие интегральные показатели

II. Вещества санитарно-токсикологического ЛПВ

- 1.
- 2.

Сумма

III. Вещества опасносанитарного ЛПВ

- 1.
- 2.

Сумма

IV. Вещества органического ЛПВ

- 1.
- 2.

Сумма

V. Вещества токсикологического ЛПВ

- 1.
- 2.

Сумма

| 1                                       | 2 | 3 |
|---|---|---|
| <b>VI. Вещества рыбоводственного ЛВ</b> |   |   |
| 1.                                      |   |   |
| 2.                                      |   |   |
| 3.                                      |   |   |

Сумма

Примечания:

1. (п) - Данные о составе и спектре сточных вод определяются на основании лабораторных исследований, проводимых хозяйственными организациями, в порядке осуществления государственного контроля, лабораториями санитарно-эпидемиологических站ций.

Эта таблица позволяет конкретизировать характер и объем мероприятий по очистке и обезвреживанию сточных вод, для которых определяется условий сброса сточных вод. Если по тем или иным показателям расчетная 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 рыбоводственных 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 предности показывает уровень минимальной необходимости степени очистки и обезвреживания сточных вод.

IV.4. В тех случаях, когда примененные в разделах III и IV формулы не позволяют выполнить прогноз влияния сбросных сточных вод на качество воды вдоль объектов, следует пользоваться методологией, изложенной в следующих работах:

1. А.И.Жуков, И.Л.Монгайт, И.Д.Ролзиллер. Методы очистки

промышленных сточных вод. Справочное и учебное. Стройиздат, М., 1977.

2. А.В. Каразинов, А.Н. Шошкиман и др. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах, водохранилищах. Издание ГИИ, Ленинград, 1973.

Приложение I

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КРАТНОСТИ РАЗВИВАЕМОЙ

ПРИМЕР I

Определить кратность разбивления по сточной воде, которая по условиям выпукла у берега разбивается в пляж потока при следующих исходных данных: расход реки  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$ , глубина потока  $H = 2,5 \text{ м}$ , ширина реки  $B = 60 \text{ м}$ , гидравлический радиус  $R = 2,23 \text{ м}$ , динамическая скорость  $U_d = 0,0338 \text{ м/с}$ , средняя скорость потока  $V_{cr} = 0,1 \text{ м/с}$ , фоновая концентрация  $C_p = 0$ , скорость истечения сточной воды из выпуска  $T_0 = 0,3 \text{ м/с}$ , что не требует расчета начального разбивления, расход сточных вод  $Q_y = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для указанных условий применим метод ТИИ.

РАСЧЕТ

По формуле (Ш-14) определим  $\Phi_y = 0,00695 \text{ м}^2/\text{с}$ .

По формуле (Ш-13) находим  $\eta$ , учитывая, что  $B = 0$ .

Результаты расчета  $\eta$  при различных значениях  $X$  представлены в следующей таблице I-I

Таблица I-I

| X   | 4 | 100  | 200  | 300  | 500  | 1000  | 2000  | 10000 |
|---|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| $H_0 V_{cr} T_0 U_d X$                                      |   | 1,16 | 1,63 | 2,61 | 3,68 | 5,23  | 8,28  | 11,6  |
| $\left(\frac{B \sqrt{T_0}}{2 \sqrt{U_d}}\right)^Y$          |   | 11,3 | 8,06 | 5,07 | 3,60 | 2,55  | 1,61  | 1,13  |
| $3 \Gamma \left(\frac{B \sqrt{T_0}}{2 \sqrt{U_d}}\right)^X$ |   | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,939 | 0,977 | 0,830 |
| $\eta_0$  |   | 1,16 | 1,68 | 2,61 | 6,68 | 7,22  | 8,10  | 10,3  |

## ПРИМЕР 2

Определить кратность разбавления сточных вод в расчетном (контрольном) сечении, удаленным на расстояние  $L = 500$  м при сбросе сточных вод через сосредоточенный выпуск, расположенный: а) в створе реки, б) у берега при следующих данных: расход сточных вод  $Q_s = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ , расход реки соответствующий году 95% обеспеченности,  $Q_r = 120 \text{ м}^3/\text{с}$ , средняя скорость в реке  $U_r = 0,35 \text{ м/с}$ , средняя глубина  $h = 3 \text{ м}$ , коэффициент шернера  $C_1 = 476 \text{ м}^{1/2}$ , скорость истечения сточкой воды из выпуска  $U_0 = 0,6 \text{ м/с}$ , что не требует расчета начального разбавления. Для расчета основного разбавления используем метод ШИЛИМОДГ20.

### РАСЧЕТ

По формуле (Ш-12) находим коэффициент турбулентной диффузии

$$\Theta = \frac{9,8 \times 3 \times 0,35}{(0,7 \times 47,6 + \delta) \times 47,6} = 0,00545 \text{ м}^2/\text{с}$$

По формуле (Ш-11) при  $\Psi = 1$  определяем

$$a) \quad \Psi = 1,5; \quad d = 1 \times 1 \times \sqrt{\frac{0,00545}{0,4}} = 0,358 \text{ м}^{-1/3}$$

$$b) \quad \Psi = 1; \quad d = 1 \times 1 \times \sqrt{\frac{0,00545}{0,4}} = 0,239 \text{ м}^{-1/3}$$

По формуле (I-10) определяем коэффициент смешения

$$c) \quad \frac{1 - \exp(-0,558 \sqrt[3]{500})}{1 + \frac{120}{0,4} \exp(-0,558 \sqrt[3]{500})} = 0,0508$$

$$d) \quad \frac{1 - \exp(-0,239 \sqrt[3]{500})}{1 + \frac{120}{0,4} \exp(-0,239 \sqrt[3]{500})} = 0,0179$$

Однотипно формулы (Ш-1) находим кратность разбавления

$$a) n = \frac{0,0608 \times 120}{0,4} + I = 16,8$$

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

### ПРИМЕР 3

Определить кратность начального разбавления в месте сброса сточных вод при организации их смешения рассеивавшим выпуском. Скорость истечения из отверстия  $V_0 = 9,0 \text{ м/с}$ , число отверстий  $N = 10$ , суммарный расход сточных вод  $Q_{\text{ст}} = 1,06 \text{ м}^3/\text{с}$ , скорость течения в реке  $V_p = 0,3 \text{ м/с}$ , глубина  $H = 6,0 \text{ м}$ .

#### РАСЧЕТ

По формуле (III-5) определяем диаметр выдуковавшего патрубка

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q_{\text{ст}}}{\pi V_0 \sqrt{3,14 \cdot 9,0 \cdot 10}}} = 0,212 \text{ м}$$

и по графику на рис. III-2 при известных

$$\frac{V_p}{V_0} = I = \frac{V_p}{V_0} + 0,16 = I = \frac{0,3 + 0,16}{0,3} = I = 0,6 \text{ м}$$

$$m = \frac{V_p}{V_0} = 0,1$$

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

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

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

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

#### ПРИМЕР 4

В большую равнинную реку А через сосредоточенный выпуск, расположенный в середине живого сечения, сбрасываются сточные воды с постоянным расходом сброса  $Q_0$  и постоянной концентрацией загрязняющих веществ  $C_{ст}$ .

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

#### Исходные данные

##### Состав реки

$$Q_0 = 126 \text{ м}^3/\text{с} ;$$

$$V_0 = 0,35 \text{ м/с}$$

$$H_0 = 6,0 \text{ м}$$

$$B = 60,0 \text{ м}$$

$$C = 42 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$$

$$C_{ст} = 0,0138 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Ср = 0,0$$

##### для сточных вод

$$Q_0 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_0 = 2,04 \text{ м/с}$$

$$d_0 = 0,5 \text{ м} \text{ (диаметр оголовка выпуска),}$$

$$C_{ст} = 100 \text{ мг/м}^3$$

$$H_{раст} \text{ср} = 9,0 \text{ м}$$

$$C_0 = 0,0$$

Для расчета начального разбавления используем метод ЛСИ, а основного — метод ГИ.

#### РАСЧЕТ

Расчет начинается с вычисления кратности начального разбавления  $\Pi_0$  с помощью nomogramma рис.Ш-1. Для использования этого nomogramma определяем величину

$$\frac{\tau_0}{\tau_0} = \frac{V_0}{V_0} = 0,172$$

и убеждаемся в необходимости расчета начального разбавления, так как  $\tau_0 \leq 0,20$ .

Для вычисления  $\Pi_0$  необходимо предварительно вычислить относительный диаметр загрязненной струи  $\frac{d_0}{d_0}$  в расчетном

сечении в замыкающем створе зоны начального разбавления.

По nomogramme рис.Ш-2 при  $\frac{U_p}{U_p + 0,45} = I = \frac{U_p}{U_p} = I = 0,420$  получаем  $\frac{d}{d_0} = 13,4$ .  
Для по nomogramme рис.Ш-1 при  $I = 0,422$  и  $\frac{d}{d_0} = 13,4$   
находим начальное разбавление без учета стеснения  $\Pi_H = 4,78$ .

Определяем диаметр загрязненности струи  $d$  в конце зоны начального разбавления.

$$d = 13,4 \times d_0 = 0,7 \text{ м.}$$

Поскольку  $d > H$ , то струя будет несколько стеснена. Влияние относительное стеснение струи  $\frac{H}{d} = 0,9$  и по nomogramme рис.Ш-3 находим  $\{(\frac{H}{d})\} = 0,99$ . Теперь определяем разбавление в стесненной струе  $\Pi_{H,e} = 4,76 \times 0,99 = 4,7$ .

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

$$l = \frac{6,7}{0,48 (I - 3,12 \times 0,472)} = 30,1 \text{ м}$$

После этого створа расчет включается по методу ГТИ для условий пространственной задачи.

Диаметр загрязненной струи в конце зоны начального разбавления равен 0,7 м. Площадь загрязненной струи равна

$$\pi r^2 = 3,14 \times 0,35^2 = 35,2 \text{ м}^2. \text{ Схематизируем ее как квадрат.}$$

Назначаем в этом квадрате 4 расчетные клетки с концентрацией  $\frac{C_{\text{сп}}}{\Pi_{\text{нс}}} = \frac{100}{4,7} = 21 \text{ мг/м}^3$ .

Площадь одной клетки равна  $\Delta W = \Delta U \Delta \delta = 8,8 \text{ м}^2$ ,  
 $\Delta U = \Delta \delta = 2,97 \text{ м}$

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

$$П_{общ} = \frac{ВН}{ΔW} = 40$$

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

$$Δx = \frac{V_p \Delta y^2}{40} = \frac{0,35 \times 8,8}{4 \times 0,0138} = 55,8 \text{ м}$$

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

$$С_{max} = 8,2 \text{ мг/м}^3, \text{ то есть кратность основного разбавления } \Pi_{max} = \frac{21,0}{8,2} = 2,56.$$

Общая кратность разбавления  $\Pi = \Pi_{max} \Pi_o = 4,7 \times 2,56 = 12,0$ .

#### ПРИМЕР 5

Расчет разбавления методом ГИ для условий плоской (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 створы начального разбавления, расчет ведется методом ГИ для плоской задачи. Напомним, что этот метод основан на численном решении двумерного уравнения диффузии, записанного для горизонтальной плоскости потока  $\mathcal{X}^0$ , где  $\mathcal{X}$  – продольная, а  $Y$  – поперечная оси. Метод позволяет учесть влияние поперечной оконности  $Y_U$  на разбавление. Величина  $Y_U$  зависит от расхода

Таблица 1-8

X = 30,1 м

ур.пп.б

ур.пп.б.

0,0 21,0 21,0 0,0

0,0 21,0 21,0 0,0

X = 80,9 м.

0,0 6,2 15,8 15,8 6,2 0,0

0,0 6,2 15,8 15,8 6,2 0,0

X = 141,7 м

0,0 1,3 6,5 13,2 13,2 6,5 1,3 0,0

0,0 1,3 6,5 13,2 13,2 6,5 1,3 0,0

X = 197,6 м.

0,0 0,3 2,3 6,9 11,5 11,5 6,9 2,3 0,3 0,0

0,0 0,3 2,3 6,9 11,5 11,5 6,9 2,3 0,3 0,0

X = 253,4 м

0,0 0,1 0,7 2,9 6,9 10,4 10,4 6,9 2,9 0,7 0,1 0,0

0,0 0,1 0,7 2,9 6,9 10,4 10,4 6,9 2,9 0,7 0,1 0,0

X = 309,2 м

0,0 0,2 1,1 3,4 6,6 9,6 9,6 6,8 3,4 1,1 0,3 0,0

0,0 0,2 1,1 3,4 6,6 9,6 9,6 6,8 3,4 1,1 0,3 0,0

X = 365,0 м

0,0 0,1 0,4 1,5 3,6 6,6 8,8 8,8 6,6 3,6 1,5 0,4 0,1 0,0

0,0 0,1 0,4 1,5 3,6 6,6 8,8 8,8 6,6 3,6 1,5 0,4 0,1 0,0

X = 420,8 м

0,0 0,2 0,6 1,8 3,8 6,4 8,2 8,2 6,4 3,8 1,8 0,6 0,2 0,0

0,0 0,2 0,6 1,8 3,8 6,4 8,2 8,2 6,4 3,8 1,8 0,6 0,2 0,0

кривизне потока  $\gamma_{\text{к}}$ , в данном случае  $\gamma_{\text{к}} = 1150 \text{ м}$ . Размеры расчетных клеток  $\Delta U H$  вычисляются исходя из площади загрязнения  $35,2 \text{ м}^2$  в конечном створе зоны начального разбавления. Эта площадь (см. пример 4) получилась равной  $35,2 \text{ м}^2$ . Считаем, что на площади  $35,2 \text{ м}^2$  размещаются две расчетные клетки, тогда

$$2\Delta U H = 35,2 \text{ м}^2, \quad \Delta U = \frac{35,2}{2 \times 6} = 3 \text{ м}$$

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)  $\gamma = 0,7 \bar{C} + 6 = 35,4 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$

3. По формуле (III-21)  $W = \frac{35,4 \times 42}{9,8} = 152$

4. По формуле (III-22)  $V_{\text{ср}} = 0,13 \times 152 \times \frac{6}{1150} \times 0,35 = 0,036$

5. По формуле (III-21)  $W = \frac{0,35}{12,3} = 0,028 \text{ м}/\text{с}$

6. Вычисляется  $\frac{V_{\text{ср}} + W}{W} = \frac{0,036 + 0,028}{0,028} = 2,20$

7. По графику Кобш. =  $f\left(\frac{V_{\text{ср}} + W}{W}, \Theta\right)$  (рис. III-6) определяется значение Кобш. = 20.

8. По формуле (III-19)  $\Theta \text{ обн.} = \text{Кобш.} \cdot \Theta = 20 \times 0,0130 = 0,270 \text{ м}^2/\text{с}$

9. По формуле (III-17)  $\Delta X = \frac{V_{\text{ср}} \Delta U^2}{2 \cdot \Theta \text{ обн.}} = \frac{0,35 \cdot 3^2}{2 \cdot 0,270} = 6,7 \text{ м}$

После этого выполняется расчет турбулентной диффузии по формуле (III-16), концентрация загрязняющего вещества в начальных сечениях, являющихся зоной логарифмических сечений зоны начального разбавления ( $\gamma = 30 \text{ м}$ ), вычисляется по зоне моста

$$\frac{C_{\text{сеч}}}{P_{\text{и}}} = \frac{100}{4,7} = 21,0 \text{ мг/м}^3$$

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 объединенных клетках, то есть

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

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

Из таблицы видно, что на расстоянии 420 м от выпуска максимальная концентрация загрязняющего вещества равна  $4,4 \text{ мг/м}^3$ . Кратность основного разбавления  $P_0$  составляет  $\frac{21,0}{4,4} = 4,8$ .

Общая кратность разбавления  $P = P_{\text{и}} \cdot P_0 = 4,7 \times 4,8 = 22,6$ .

#### ПРИМЕР 6

Требуется рассчитать изменение фоновой концентрации консервативного вещества в водохранилище. Используем метод ГИ при следующих исходных данных: объем водохранилища  $W_k = 20,0 \times 10^8 \text{ м}^3$ , приток в водохранилище равен  $Q_{\text{пр}} = 10,0 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{год}$ ; содержание лимитирующего вещества в воде подъема до начала сброса в него сточных вод, то есть бытовая фоновая концентрация вещества  $C_b = 10 \text{ мг/м}^3$ ; в водах естественных притоков концентрация лимитирующего вещества  $C_{\text{пр}} = C_b$ ; в сбрасываемых в южном сточных водах лимитирующее вещество находится в концентрации  $C_{\text{ск}} = 1000 \text{ мг/м}^3$ , расход сточных вод  $Q_s = 0,1 \cdot 10^8 \text{ м}^3/\text{год}$ ; для бытовых и изменяющихся условий расход воды, вытекающей из водоема  $Q_b = Q_{\text{вых}} = 10,0 \cdot 10^8 \text{ м}^3/\text{год}$ , время условного



## продолжение таблицы I-3

последне укрупнение

$$\Delta Y = 6,0 \text{ м}, \quad \Delta X = 22,8 \text{ м}$$

ур.х.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 4,1

4,2 4,2 4,2 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 4,7 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 4,1

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

ур.х.б. I

42°

264

водообмена водоема после начала сброса сточных вод остается неизменным.

Требуется определить

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

какие значения средней концентрации рассматриваемого вещества устанавливаются в водоеме либо через  $1/2$ ,  $1$ ,  $2$ ,  $5$ , и  $10$  лет после начала сброса сточных вод.

Величинам время условного водообмена

$$\frac{W_k}{Q_0} = \frac{20,0 \cdot 10^8}{18,0 \cdot 10^6} = 1,11 \text{ года}$$

Концентрации  $C_x$  находим по формуле:

$$C_x = \frac{Q_{np} C_0 + Q C_{sh}}{Q_0} = \frac{18,0 \times 10^8 \times 10,0 + 1 \times 10^8 \times 1000}{18,0 \times 10^6} = 16,66 \text{ мг/м}^3$$

По формуле (IV-7) находим значения  $C_p$  для заданных отрезков времени. Результаты представлены в таблице I-4.

Таблица I-4

|      | $t, \text{ч}$ | $e^{-\frac{t}{T}}$ | $(C_x - C_0)e^{-\frac{t}{T}}$ | $C_p, \text{мг/м}^3$ |
|------|---------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| 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               | 0,96                          | 14,61                |
| 5,0  | 4,5           | 0,01               | 0,06                          | 16,50                |
| 10,0 | 9,01          | 0,0                | 0,0                           | 16,56                |
| 20,0 | 18,0          | 0,0                | 0,0                           | 16,60                |

Приложение 2

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

1. 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 артезианской скважины.

Данные исследований сточных вод английского химического завода

Проба - среднепропорциональная, взята из общего сброса сточных в. Средний расход сточных вод  $Q_s = 0,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ , концентрация растворенного кислорода в сточной воде  $\sigma_{\text{р}} = 8 \text{ мг/л}$ .

1. Окраска сточной воды - бурая, исчезает при разведении 1:15 в стакне высотой 20 см; 1:8 в стакне высотой 10 см.

2. Запах сточной воды - специфический, исчезает при разведении 1:15.

3. Прозрачность близка к "0", после двухчасового отстоя - 15 см

4. Хлоридов - 120 мг/л

5. Водоемкимо вещества при  $105^{\circ}\text{C}$  - 50 мг/л

6. Сульфаты - 80 мг/л

7. Жухой остаток при  $110^{\circ}\text{C}$  - 140 мг/л

8. Окисляемость в  $\text{O}_2$  - 160 мг/л

9. Биохимическое потребление кислорода (помеха) - 190 мг/л  
(при разведении 1:100)

10. Свинец - 3,5 мг/л

11. Цинк - 6 мг/л

12. Бензол - 16 мг/л

13. Нитроклорензол - 0,3 мг/л

14. Фенилтрехлорбензол - 8 мг/л

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

Далее исследования реки...

Средний расход воды в реке на участке от города К. до населенного пункта В.  $Q = 60 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Средняя скорость на том же участке  $U_f = 0,3 \text{ м/сек}$

Средняя глубина на том же участке  $H_{op} = 1,20 \text{ м}$

Санитарные виталии воды реки Н. на подступах к городу отвечают требованиям ГОСТа 17.3.03-77.

Растворенный кислород  $Op = 8 \text{ мг/л}$

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

Взвешенные пыльцы - 1,5 мг/л

Цинк - 0,7 мг/л

Свинец - 0,01 мг/л

Выпуск сточных вод проектируется в стражень 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

$$\frac{U_f}{Q} = \frac{0,2 \text{ м}^3/\text{сек.}}{60 \text{ м}^3/\text{сек.}} = 0,00333, \text{ что означает, что для}$$

расчета может быть использован метод ВИНИВО (ГЕО).

По формуле (Ш-12) определяем коэффициент турбулентной диффузии

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

где

$$\bar{C} = \frac{4}{\pi} R^{\frac{1}{4}} = \frac{1}{0.05} (1.2)^{\frac{1}{4}} = \frac{1.055}{0.05} = 34.4 \text{ м}^{\frac{1}{4}}/\text{сек.}$$

$$\mu = 0.7 \bar{C} + 6 + 0.7 = 54.4 + 6 = 60 \text{ м}^{\frac{1}{4}}/\text{сек.}$$

тогда

$$D = \frac{9.8 \cdot 1.2 \cdot 0.3}{20 \cdot 34.4} = \frac{2.5}{30 \cdot 34.4} = 0.00338 \text{ м}^2/\text{сек.}$$

Учитывая, что участок реки от пунктов К. до В. - прямой, а выпуск сточных вод осуществляется в стражень реки в формуле (Ш-11) величина  $\xi = 1.5$ , а  $\varphi = 1$ , тогда

$$d = 1.5 \times 10 \times \sqrt{\frac{0.00338}{0.2}} = 1.5 \times 1.0 \times 0.13 = 0.195$$

Для определения  $\beta = \frac{Q}{d \sqrt{x}}$  предварительно "взяли"  $d \sqrt{x} = 0.195 \times \sqrt{4000} = 0.195 \cdot 15.87 = 3.1$ , где  $x$  - расстояние в метрах от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению границы пункта В. Используя таблицей (Ш-1), находим  $\beta = 0.0454$ .

Теперь найдем коэффициент смещения по формуле

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{d} \beta} = \frac{1 - 0.0454}{1 + \frac{60}{0.2} \cdot 0.0454} = \frac{0.9546}{1 + 13.62} = 0.036$$

Этому значению коэффициента смещения соответствует кратность разбавления  $\Pi = \frac{Q}{\gamma} = \frac{60}{0.2} = 0.066 \cdot 60 = 1 - 20$

### Расчеты по общесанитарному признаку вредности

#### 1. ПМК 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 (IV-9).

Величина  $10^{-k_1 t}$ , определяется по таблице (Ш-3.)

Принимается, что  $k_1' = k_1 \cdot k_2 = 0,1$ , так как в нашем примере при загрязнении простыми гликолями и органическими кислотами

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

$$t = \frac{V \cdot x}{U_{ср.}} \text{, где } x = 4000 \text{ м, } U_{ср.} = 0,3 \text{ м/сек}$$
$$t = \frac{4000}{0,3 \cdot 3600} = 4 \text{ часа.}$$

Значение  $10^{-k_1 t} = 0,962$  подставляется в формулу (IV-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 БИК

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).

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

### Расчеты по органолептическому признаку вредности

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

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

$$\text{Сст.пр.} = \frac{0,055 \cdot 60}{0,2} (0,5 - 0) + 0,5 + II \text{ мг/л}$$

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 отходах, расчет должен строиться таким образом:

1. Изначается такое значение Сст для каждого из двух веществ (например, свинец, бензол), чтобы концентрации их в контрольном створе Сп.вод. вычисляемые по формуле (П-4), удовлетворили условию Сп.вод.  $\leq$  ПДК. (i = 1,2 соответствует 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 конфициированного действия веществ):

3. По формуле (П-2) 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 - 0,1 мг/л, для бензола - 0,5 мг/л, для нитрохлорбензола - 0,05 мг/л, для расчета принципиально соответственно 0,03 мг/л; 0,16 мг/л; 0,016 мг/л. По формуле (П-2):

1) для свинца

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

В) для бензола

$$\text{Сост.пр.} = \frac{0,035 \cdot 60}{0,2} (0,16 - 0) + 0,16 = 3,52 \text{ мг/л}$$

Д) для Нитрохлорбензола

$$\text{Сост.пр.} = \frac{0,035 \cdot 60}{0,2} (0,016 - 0) + 0,016 = 0,36 \text{ мг/л}$$

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

Во-первых могут быть 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.

Во-вторых случае следует:

а) путем обследования предприятия и ознакомления с техническими отчетными данными установить, на произошли ли изменения в помоечной и технологии производства, которые могли существенно изменить расход сточных вод (0, м3/сутки или 0, м3/час) и их состав против принятых в проекте. Наряду с этим следует установить, не произошли ли изменения в санитарной обстановке на реке Я. и можно ли продолжать считать ближайший пунктом водопользования населенный пункт В.

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

б) если предприятие действует в усло-иях, 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. Обязательен отбор проб воды в сточном створе для плавки (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 приюре это касается взвешенных веществ, Нітропн., свинца, бензола).

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

в) если состав сточных вод, а также качество и состав воды водотока соответствуют в контрольном створе предусмотренному проектом и Правилами, еще нельзя делать вывод о том, что грозящий сброс сточных вод полностью отвечает условию "санитарно" налож-

енности и безопасности. Отбор проб воды водотока в контрольном створе производится в любое время, однако требования к очистке, изо-загрязнению сточных вод определяются для худших условий (п. 39 Правил). Поэтому для период отбора проб из водотока (по нормальным органам водного надзора) должен быть установлен фактический расход воды ( $Q_{\text{факт.}}$ ) у контрольного створа и сооставлен с расчетным ( $Q_{\text{расч.}}$ ), который принят проектом. Обнаруженные в воде водотока концентрации веществ должны быть оценены с поправкой, равной степени превышения  $Q_{\text{факт.}}$ , над  $Q_{\text{расчетным}}$ .

Часть 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 следует:

- а) подробно и последовательно обследовать все цехи предприятия для выявления технологических процессов, с которыми связана 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 пучка водопользования В.
  - отбор проб воды водотока в створах (на 1 км выше) этого пучка 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 содержания в воде водотока специфических веществ на уровне ПДК следует воспользоваться косвенными методами.

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

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

нитрохлорбензала, лимитируемого по санитарно-токсикологическому признаку вредности, - можно, анализ его содержание в сточных водах (С.в.) и определив, как наложено выше, степень смешения и разбавления (n) сточных вод у пункта водопользования, расчетным путем, определить концентрацию нитрохлорбензола (С<sub>р</sub>) в воде водного объекта.

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

г) если применительно к вышеуказанному примеру при текущем санитарном надзоре в воде водотока оказалось несколько веществ, относящихся к одной группе по лимитирующему признаку вредности, следует определить доли концентраций этих веществ от ПДК каждого из них. Так, найдено Р<sub>в</sub> 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 органами 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 оказываются результаты этих исследований.

Ш. В дальнейшем, когда условия сброса сточных вод в 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

1. При условиях примера 2 (приложение 1), а также дополнительных условиях:

ННПоли.ст.вод. - 20 мг/л;

ВКречных вод - 1,5 мг/л;

концентрации растворенного кислорода

в реке - 8 мг/л;

в сточных водах - 0 мг/л;

запах и окраска сточных вод исчезают при разбавлении

1:5;

в сточных водах содержатся следующие вещества в концентрациях: бензол - 2 мг/л, ксиол - 0,1 мг/л, энтомбакт и - 50 мг/л; нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии - 0,1 мг/л; аликилсульфонат - 3 мг/л (перечисленные вещества отсутствуют в речной воде).

определить концентрации вредных веществ в сточной воде при удовлетворении рыбоводческих требований к сплаву сточных вод на дистанции  $L = 500$  м от выпуска, определяем согласно п.24 Правил. Водный объект не используется для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду.

РАСЧЕТЫ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К СОСТАВУ И СВОЙСТВАМ  
ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

1) ИЧИСЛЕННОЕ

Ввиду малости расстояния ( $L = 600$  м) в ИЧИСЛЕННОМ определяется по формуле (IV-II)<sup>x</sup>

$$\text{Сост.пр.} = \frac{TQ}{Q_p} \quad (\text{Спр.д.} = \text{Ср}) + \text{Спр.д.}$$

в которой  $\frac{TQ}{Q_p}$  определяется по формуле (Ш-2):

а) пример  $\frac{TQ}{Q_p} = 16,3$ , б - при  $\lambda = 6,37$  (результат решения примера 2 (Приложение I)).

Согласно (Ш-2) получаем

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

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

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

$$b) \text{Сост.пр.} = \frac{0,0179 \cdot 120}{0,4} (3 - 1,5) + 3 = 11,06 \text{ мг/л}$$

2) Растворенный кислород

Содержание растворенного кислорода в воде определяется по формуле (IV-13)<sup>x</sup>

$$a) \text{Сост.} = \frac{0,051 \cdot 120}{0,4 + 0,051 \cdot 120} \cdot 8 + \frac{0,4}{0,4 + 0,051 \cdot 120} \cdot 0 = 11,51 \text{ мг/л}$$

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

ПРИМЕЧАНИЕ: Дополнительными расчетами следует убедиться, что на участке реки ниже створа  $L = 500$  м не ухудшится кислородное состояние.

### РАСЧЕТЫ ПО ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ВРЕДНОСТИ

1. Окраска и запах воды. Для устранения опасности в запахе сточных вод необходимо разбавление 1:6. В линейном изображении кратность разбавления а)  $n = 16,3$ , б)  $n = 6,37$ .

2. По органолептическому показателю нормируется концентрация Спр.д. = 0,55 по формуле (IV-II)<sup>X</sup> имеем

а) Сот.пр. =  $\frac{0,051 \cdot 120}{0,4} (0,05 - 0) + 0,05 = 0,915$ ,

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

### РАСЧЕТЫ ПО САНИТАРНО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

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

По формуле (IV-II)<sup>X</sup> имеем

а) Сот.пр. =  $\frac{0,051 \cdot 120}{0,4} (0,5 - 0) + 0,5 = 3,15 \text{ мг/л}$

б) Сот.пр. =  $\frac{0,0179 \cdot 120}{0,4} (0,5 - 0) + 0,5 = 3,19 \text{ мг/л}$

### РАСЧЕТЫ ПО ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

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

По формуле (IV-II) имеем

а) Сот.пр. =  $\frac{0,051 \cdot 120}{0,4} (0,5 - 0) + 0,5 = 3,15 \text{ мг/л}$

б) Сот.пр. =  $\frac{0,0179 \cdot 120}{0,4} (0,5 - 0) + 0,5 = 3,19 \text{ мг/л}$

### РАСЧЕТЫ ПО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВРЕДНОСТИ

По рыбхозяйственным показателям вредности нормируются нефть и нефть, продукты в растворенном и эмульгированном состоянии Спр.д. = 0,06 мг/л.

По формуле (IV-II) <sup>K</sup> имеем

$$a) \text{Спр.д.} = \frac{0,061}{0,4} \cdot \frac{120}{120} (0,06 - 0) + 0,06 = 0,816 \text{ мг/л}$$

$$b) \text{Спр.д.} = \frac{0,0179}{0,4} \cdot \frac{120}{120} (0,06 - 0) + 0,06 = 0,319 \text{ мг/л}$$

### РАСЧЕТЫ ПО ОБЩЕСАИЛТАРНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ ВРЕДНОСТИ

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

По формуле (IV-II) <sup>K</sup> имеем

$$a) \text{Спр.д.} = \frac{0,061}{0,4} \cdot \frac{120}{120} (10 - 0) + 10 = 16,9 \text{ мг/л}$$

$$b) \text{Спр.д.} = \frac{0,0179}{0,4} \cdot \frac{120}{120} (10 - 0) + 10 = 63,7 \text{ мг/л}$$

Таким образом, рыбхозяйственные требования не выполняются ни в <sup>1</sup> раза, поскольку, которое должно быть уменьшено до 11,06 мг/л при береговом спуске сточных вод в реку.

П. В отличие от приложения I настоящего приложения, где рассмотрены сородичные выпуски, расположенные в стоках и у берега реки, рассмотрим случай сброса сточных вод расстояниями струйкой.

Соруков <sup>2</sup> мг/л этому случаю расчет кратким начального сбрасывания приведен в приложении 3 (Приложение I). Найденное в

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.

В. Для действующих предприятий необходимо производить проверку соответствия выпуска сточного вод рыболовным требованиям и нормативам, изложенным в Правилах окраины поверхностных вод от загрязнения сточными водами № 1166-74.

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

Ходжадаш-І. ЗАЛИСИМОСТЬ ЗНАЧЕНИЯ  $\frac{dV}{V}$  ОТ  
ЗНАЧЕНИЯ  $dV$

| $dV$ | $\frac{dV}{V}$ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0,5  | 0,614          | 1,15           | 0,317          | 2,55           | 0,0781         | 3,36           | 0,0194         | 5,7            | 0,00337        |
| 0,52 | 0,695          | 1,2            | 0,301          | 2,6            | 0,0745         | 4              | 0,0184         | 5,8            | 0,00304        |
| 0,54 | 0,683          | 1,25           | 0,286          | 2,65           | 0,0704         | 4,05           | 0,0175         | 5,9            | 0,00276        |
| 0,56 | 0,575          | 1,3            | 0,272          | 2,7            | 0,0675         | 4,1            | 0,0167         | 6              | 0,00249        |
| 0,58 | 0,553          | 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 | 0,538          | 1,45           | 0,235          | 2,85           | 0,058          | 4,25           | 0,0144         | 6,3            | 0,00186        |
| 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           | 0,0131         | 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            | 0,044          | 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 | 0,447          | 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            | 0,0336         | 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            | 0,00634        | 7,9            | 0,00037        |
| 0,96 | 0,384          | 2,3            | 0,1005         | 3,7            | 0,0249         | 5,2            | 0,00595        | 8              | 0,00034        |
| 0,98 | 0,376          | 2,35           | 0,0958         | 3,75           | 0,0236         | 5,3            | 0,00553        | 8,5            | 0,00024        |
| 1    | 0,368          | 2,4            | 0,0911         | 3,8            | 0,0225         | 5,4            | 0,00497        | 9              | 0,000124       |
| 1,02 | 0,36           | 2,45           | 0,0865         | 3,85           | 0,0214         | 5,5            | 0,00455        | 9,5            | 0,000076       |
| 1,04 | 0,333          | 2,5            | 0,0824         | 3,9            | 0,0204         | 5,6            | 0,00372        | 10             | 0,000046       |

Таблица Б-2

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

| X   | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,0 | 00000 | 01128 | 02256 | 03384 | 04511 | 05537 | 06762 | 07885 | 09008 | 10128 |
| 0,1 | 11245 | 12322 | 13476 | 14587 | 15695 | 16800 | 17901 | 18999 | 20094 | 21184 |
| 0,2 | 22270 | 23352 | 24430 | 25502 | 26570 | 27633 | 28690 | 29742 | 30788 | 31828 |
| 0,3 | 32863 | 33891 | 34913 | 35928 | 36936 | 37936 | 38933 | 39921 | 40901 | 41674 |
| 0,4 | 42639 | 43797 | 44747 | 45689 | 46622 | 47548 | 48466 | 49374 | 50275 | 51167 |
| 0,5 | 52050 | 52924 | 53793 | 54646 | 55494 | 56332 | 57162 | 57982 | 58792 | 59594 |
| 0,6 | 60365 | 61168 | 61941 | 62705 | 63459 | 64203 | 64933 | 65663 | 66378 | 67084 |
| 0,7 | 67780 | 68457 | 69143 | 69810 | 70488 | 71116 | 71754 | 72382 | 73004 | 73610 |
| 0,8 | 74210 | 74900 | 75581 | 75952 | 76514 | 77067 | 77610 | 78144 | 78669 | 79184 |
| 0,9 | 79591 | 80188 | 80677 | 81155 | 81627 | 82099 | 82542 | 82987 | 83423 | 83851 |
| 1,0 | 84270 | 84981 | 85084 | 85478 | 85865 | 86244 | 86614 | 86977 | 87333 | 87680 |
| 1,1 | 88020 | 88353 | 88579 | 88997 | 89303 | 89612 | 89910 | 90209 | 90494 | 90781 |
| 1,2 | 91031 | 91295 | 91553 | 91805 | 92050 | 92290 | 92524 | 92751 | 92973 | 93190 |
| 1,3 | 93401 | 93505 | 93805 | 94002 | 94191 | 94376 | 94556 | 94731 | 95902 | 95057 |
| 1,4 | 95228 | 95356 | 95583 | 95686 | 95930 | 95970 | 96105 | 96237 | 96355 | 96490 |

продолжение таблицы № 2

| X   | C     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,5 | 96610 | 96728 | 96841 | 96951 | 97059 | 97152 | 97263 | 97360 | 97455 | 97546 |
| 1   | 97650 | 97721 | 97804 | 97884 | 97962 | 98038 | 98110 | 98181 | 98249 | 98315 |
| 1,7 | 98379 | 98441 | 98500 | 98558 | 98614 | 98667 | 98719 | 98769 | 98817 | 98864 |
| 1,8 | 98909 | 98952 | 98994 | 99035 | 99074 | 99111 | 99147 | 99182 | 99216 | 99248 |
| 1,9 | 99279 | 99309 | 99338 | 99366 | 99362 | 99418 | 99443 | 99466 | 99489 | 99511 |
| 2,0 | 99512 | 99552 | 99572 | 99591 | 99609 | 99625 | 99642 | 99658 | 99673 | 99688 |
| 2,1 | 99702 | 99716 | 99728 | 99741 | 99772 | 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 | 99965 | 99967 | 99969 | 99971 | 99972 | 99974 | 99976 |
| 2,6 | 99976 | 99978 | 99989 | 99980 | 99981 | 99982 | 99983 | 99984 | 99985 | 99986 |
| 2,7 | 99987 | 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 | 99993 | 99998 | 99996 | 99998 | 99998 | 99998 | 99998 | 99999 | 99999 | 99999 |

Таблица 3-3

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

| $k_1$ | Значения величины $10^{-k_1 t}$ при $t$ , сут, равных |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 0,25  | 0,5   | 1     | 1,5   | 2     | 2,5   | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 0,04  | 0,981   | 0,955 | 0,912 | 0,871 | 0,832 | 0,794 | 0,759 | 0,692 | 0,631 | 0,575 |
| 0,06  | 0,955   | 0,933 | 0,871 | 0,812 | 0,769 | 0,708 | 0,651 | 0,525 | 0,501 | 0,487 |
| 0,08  | 0,955   | 0,912 | 0,832 | 0,769 | 0,692 | 0,631 | 0,757 | 0,489 | 0,408 | 0,331 |
| 0,1   | 0,944   | 0,891 | 0,794 | 0,708 | 0,631 | 0,572 | 0,601 | 0,398 | 0,316 | 0,251 |
| 0,12  | 0,863   | 0,871 | 0,759 | 0,651 | 0,575 | 0,501 | 0,436 | 0,331 | 0,251 | 0,191 |
| 0,14  | 0,922   | 0,851 | 0,724 | 0,617 | 0,525 | 0,447 | 0,332 | 0,275 | 0,2   | 0,145 |
| 0,16  | 0,912   | 0,832 | 0,692 | 0,575 | 0,479 | 0,398 | 0,331 | 0,229 | 0,159 | 0,11  |
| 0,18  | 0,903   | 0,813 | 0,661 | 0,557 | 0,437 | 0,355 | 0,268 | 0,191 | 0,126 | 0,083 |
| 0,2   | 0,891   | 0,794 | 0,631 | 0,501 | 0,393 | 0,316 | 0,251 | 0,165 | 0,1   | 0,163 |
| 0,22  | 0,881   | 0,776 | 0,603 | 0,478 | 0,353 | 0,263 | 0,219 | 0,132 | 0,079 | 0,049 |
| 0,24  | 0,871   | 0,759 | 0,575 | 0,437 | 0,331 | 0,251 | 0,191 | 0,11  | 0,053 | 0,036 |
| 0,25  | 0,851   | 0,741 | 0,55  | 0,407 | 0,302 | 0,244 | 0,165 | 0,091 | 0,05  | 0,075 |
| 0,28  | 0,851   | 0,724 | 0,525 | 0,38  | 0,275 | 0,199 | 0,145 | 0,076 | 0,05  | 0,021 |
| 0,3   | 0,841   | 0,708 | 0,501 | 0,235 | 0,251 | 0,178 | 0,126 | 0,063 | 0,032 | 0,016 |
| 0,4   | 0,794   | 0,631 | 0,398 | 0,251 | 0,158 | 0,1   | 0,063 | 0,025 | 0,01  | 0,004 |
| 0,5   | 0,75  | 0,565 | 0,316 | 0,178 | 0,1   | 0,055 | 0,032 | 0,01  | 0,003 | 0,001 |