

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Разработчик: профессор, д.б.н. Лекомцев П.В.**

**Санкт-Петербург
2018**

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые методические указания являются обобщением опыта чтения лекций, проведения практических занятий и самостоятельных работ студентов по дисциплинам «Оценка экологического риска и воздействия на окружающую среду», «Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)». Данные дисциплины представляют собой логическое продолжение других дисциплин: «Промышленная экология», «Метрология, стандартизация и сертификация». Они также взаимосвязаны с курсами «Экономика природопользования» и «Экологический менеджмент». Одной из основных задач дисциплины является приобретение студентами практических навыков анализа и оценок правильности проектных решений, связанных с расчетами загрязнения атмосферы и водной среды, величинами предельно допустимых выбросов и нормативов допустимых сбросов, размерами санитарно-защитных зон и зон влияния предприятий, определением приоритетных загрязняющих веществ и источников их выбросов и сбросов и др.

Указания состоят из двух частей. В первой части (данное издание) приведены необходимые термины для освоения дисциплины, а также основные методики типовых расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водотоки и водоемы. Во второй части представлены основы расчета и оценки влияния автотранспорта на атмосферу, поверхностные воды и почву.

В конце каждой части приведены контрольные задания (по 30 вариантов в каждой задаче). Номер выполняемого варианта для заочной формы обучения определяется последней цифрой номера студенческого билета, а для очной – указаниями преподавателя.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Источник выделения загрязняющих веществ – объект, в котором происходит образование загрязняющих веществ (установка, аппарат, устройство, емкость для хранения, двигатель, свалка отходов и т.п.).

Источник загрязнения атмосферы (источник выброса) – объект, от которого загрязняющее вещество поступает в атмосферу (труба, вентиляционная шахта, аэрационный фонарь, открытая стоянка транспорта и т.п.).

Стационарный источник – источник, имеющий постоянное место в пространстве относительно заводской системы координат (труба котельной, открытые фрамуги цеха и т.п.).

Передвижной источник – источник, не занимающий постоянное место на территории предприятия (транспортные средства, передвижные компрессоры и дизель-генераторы электросварки и т.п.).

Организованный источник – источник, осуществляющий выброс через специально сооруженные устройства (трубы, газоходы, вентиляционные шахты).

Неорганизованный источник – источник загрязнения, осуществляющегося в виде ненаправленных потоков газа. Как результат, например, нарушения герметичности оборудования, отсутствие или неэффективная работа систем по отсосу газов (пыли) в местах загрузки (выгрузки) или хранения продукта (топлива), а также пылящие отвалы, открытые емкости, стоянки, площадки малярных работ и т.п.

Точечный источник – источник в виде трубы или вентиляционной шахты с размерами сечения, близкими друг к другу (трубы круглого, квадратного, прямоугольного сечения и т.п.).

Линейный источник – источник в виде канала (щели) для прохода загрязненного газа (воздуха) с поперечным сечением, имеющим значительную протяженность (длину) в несколько раз большую, чем ширина (высота). Например, ряд открытых, близко расположенных, в одну линию, оконных фрамуг, либо аэрационные фонари и т.п.

Плоскостной источник – источник, имеющий значительные геометрические размеры площадки, по которой относительно равномерно происходит выделение загрязнений, в том числе как результат рассредоточения на площадке большого числа источников (бассейн, открытая стоянка автотранспорта и т.п.).

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это зона, отделяющая территорию промышленной площадки от жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта с обязательным обозначением границ специальными информационными знаками.

Роза ветров — диаграмма, показывающая повторяемость ветров различных румбов (направлений) горизонта для какого-либо пункта.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это максимальное количество вредного вещества в единице объема (воздуха, воды или др. жидкостей) или веса (например, пищевых продуктов), которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

Предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{РЗ}, мг/м³) – это концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать в состоянии здоровья настоящего и последующего поколений заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы.

Рабочая зона – это пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест (ПДК_{МР}, мг/м³) – это концентрация при вдыхании в течение 20 мин не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

Предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе населенных мест (ПДК_{СС}, мг/м³) – это концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном вдыхании.

Предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы (ПДК_П, мг/кг) – это концентрация не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) – предельно допустимый уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

Предельно допустимый выброс (ПДВ, г/с) – масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени. Она устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы (и для каждой примеси, выбрасываемой этим источником) таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК_{МР}.

Временно согласованный выброс (ВСВ) – временный лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса.

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

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

Водоток – это водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

Створ начального разбавления – это поперечное сечение потока, отстоящее от оголовка рассеивающего выпуска на величину длины зоны начального разбавления.

Зона начального разбавления – это относительное расстояние между оголовками рассеивающего выпуска.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_В, мг/л) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования. ПДК_В устанавливается с учетом трех показателей вредности: органолептического, общесанитарного, санитарно-токсикологического.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{Вр}, мг/л) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых. ПДК_{Вр} устанавливается с учетом пяти показателей вредности: органолептического, санитарного, санитарно-токсикологического, токсикологического, рыбохозяйственного.

Лимитирующий признак вредности веществ в воде – это признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Общесанитарный показатель вредности вод определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры.

Органолептический показатель вредности воды характеризует способность вещества изменять органолептические свойства воды, определяется с помощью органов чувств – обоняния, вкуса, зрения.

Санитарно-токсикологический показатель вредности характеризует вредное воздействие на организм человека.

Токсикологический показатель вредности показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект.

Рыбохозяйственный показатель вредности определяет порчу качеств промысловых рыб.

Фоновая концентрация – это концентрация вещества в воде, рассчитываемая применительно к данному источнику примесей в фоновом створе водного объекта при расчетных гидрологических условиях, учитывающая влияние всех источников примесей за исключением данного источника.

Фоновая концентрация загрязняющего вещества – это количество загрязняющего вещества, содержащегося в единице объема природной среды, подверженной антропогенному воздействию.

Створ – это условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором проводится комплекс работ для получения данных.

Фоновый створ – это поперечное сечение потока, в котором определяется фоновая концентрация вещества в воде.

Контрольный створ – это поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

Нормативно допустимый сброс (НДС, г/с) – это максимальное количество загрязняющих веществ, сбрасываемых в водный объект со сточными водами в единицу времени, которое в контрольном створе не создает концентрации загрязнителя, превышающей ПДК.

Вертикаль створа – это условно отвесная линия от поверхности воды (или льда) до дна водоема или водотока, на которых выполняется работа о показателях качества воды.

Горизонт створа – это место на вертикале (по глубине), на котором производят комплекс работ по определению качества воды.

Кратность разбавления – это количественная характеристика интенсивности процесса снижения концентрации загрязняющих веществ в водоемах или водотоках, вызванного перемешиванием и разбавлением сточных вод в окружающей водной среде.

Консервативное вещество – это вещество, не претерпевающее изменений в воде за счет химических и гидрологических процессов. Уменьшение концентрации консервативных веществ происходит в результате разбавления.

Неконсервативное вещество – это вещество, концентрация которого в воде уменьшается как за счет разбавления, так и за счет химических и гидробиологических процессов.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия вещества (ОБУВ) – временный рыбохозяйственный норматив, необходимый для решения вопросов о допустимости закупки за рубежом, организации производства, использования того или иного соединения в народном хозяйстве с последующим установлением допустимого уровня его содержания в воде рыбохозяйственных водоемов.

Ориентировочный допустимый уровень (ОДУ) – временный гигиенический норматив, разрабатываемый на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применимый только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями.

2. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

2.1. Расчет санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия

Санитарно-защитная зона предприятия (СЗЗ) устанавливается на предприятии в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных пределов после проведения на предприятии всех мер по очистке промышленных выбросов. Зона должна быть соответствующим образом планировочно организована, озеленена и благоустроена.

Определение размеров СЗЗ сводится к комплексному расчету рассеивания вредных веществ, выделяемых всеми источниками, с учетом суммации их действия и наличия загрязнений, создаваемых соседними предприятиями и транспортом. Полученные размеры санитарно-защитных зон уточняются как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения в зависимости от розы ветров района расположения предприятия по формуле (ОНД-86) [1]:

$$L = L_0 \frac{P}{P_0}, \quad (2.1)$$

где L – расчетный размер СЗЗ, м;

L_0 – расчетный размер участка в данном направлении, где концентрация вредных веществ превышает ПДК, м;

P – среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %, так при 8-румбовой розе ветров $P_0 = \frac{100}{8} = 12,5 \%$.

В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [2]) устанавливаются следующие размеры СЗЗ (L_0) предприятий:

- первого класса – 1000 м;
- второго класса – 500 м;
- третьего класса – 300 м;

- четвертого класса – 100 м;
- предприятия пятого класса – 50 м.

Расчет и построение СЗЗ предприятия производится в два этапа.

Рассмотрим пример.

Исходные данные: класс опасности предприятия III (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Среднегодовая повторяемость направлений ветров

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
8	5	4	7	8	8	16	10

Построить розу ветров и СЗЗ зону предприятия.

I Этап. Построение розы ветров.

Для того чтобы уточнить границы СЗЗ предприятия, необходимо сначала построить розу ветров.

Строится роза ветров обычно по средним многолетним данным для месяца, сезона, года, значения которых выписываются из СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» [3]. Построение ведут в следующем порядке:

1. На листе формата А4 в верхнем правом углу начертите пресекающиеся линии, показывающие основные и промежуточные стороны горизонта. Подпишите названия сторон горизонта (рис. 2.1а).
2. Рассчитайте отношение $\frac{P}{P_0}$ и результаты занесите в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Расчетная таблица

Направление ветра по румбам	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
P	8	5	4	7	8	8	16	10
P/P_0	0,64	0,4	0,32	0,56	0,64	0,64	1,28	0,8

3. Полученные значения (отрезки) отложите в произвольном масштабе от центра в сторону, по направлениям основных румбов, пропорционально повторяемости ветра данного направления и поставьте точки (см. рис. 2.1а).
4. Полученные точки ветров, отмеченные на сторонах горизонта, последовательно соедините линией (см. рис. 2.1а).
5. По построенной розе ветров определите преобладающие ветры. Согласно построенной розе ветров видно (см. рис. 2.1а), что преобладают западные ветры.

II Этап. Построение СЗЗ предприятия.

СЗЗ строят в середине того же листа формата А4, где и расположена роза ветров. Для этого:

1. В центре листа обведите границы предприятия, используя «Карту-схему предприятия», выданную преподавателем, в соответствии с условием задачи.

М 1:1000

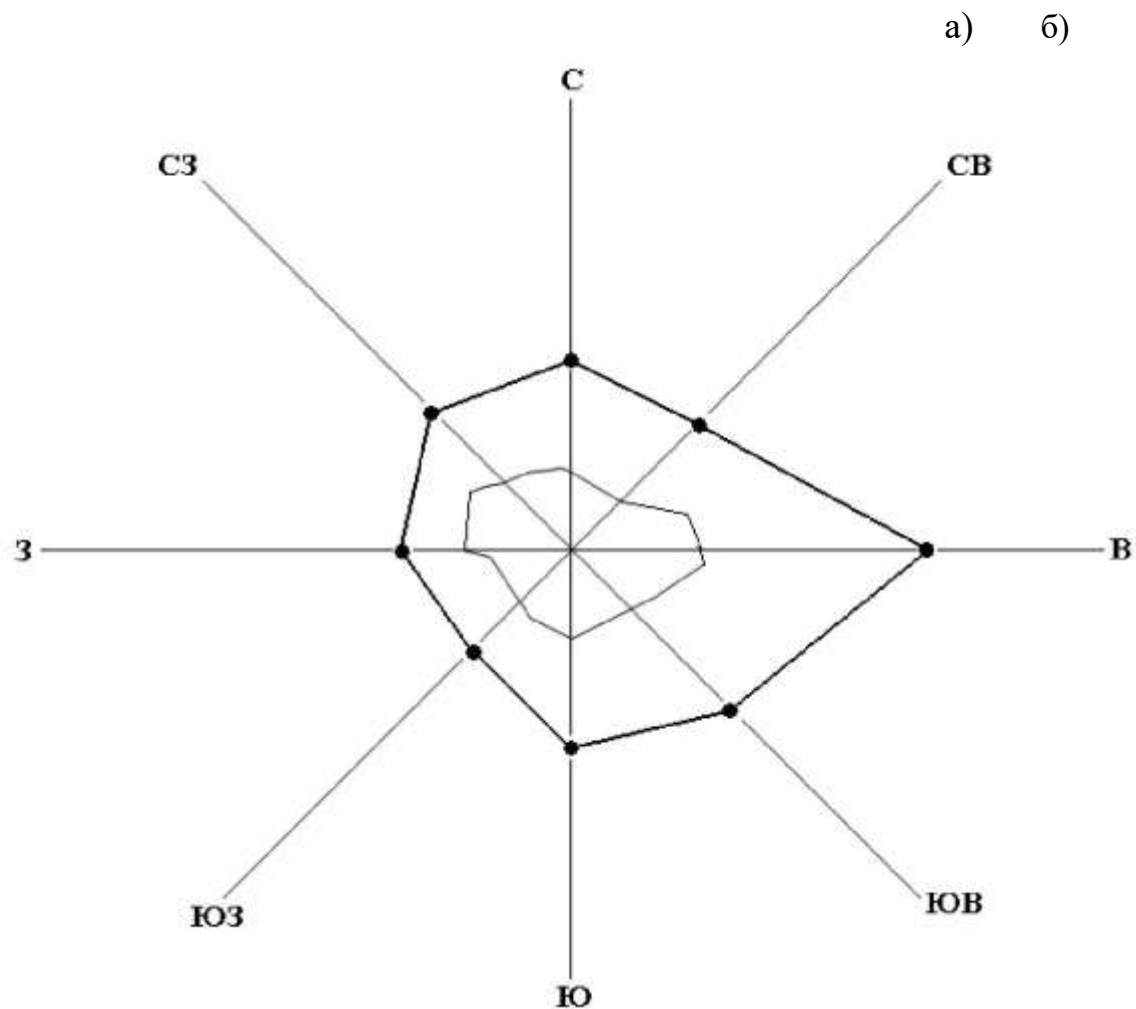
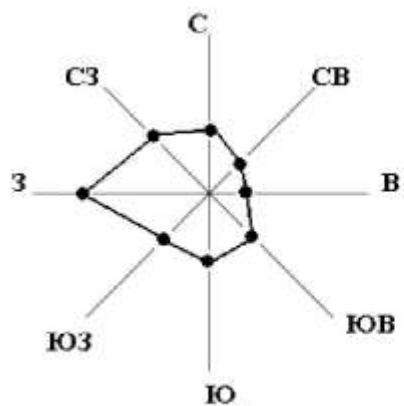


Рис. 2.1. Размер СЗЗ зоны предприятия:
(а) района расположения предприятия; (б) с учетом розы ветров

2. Выберите условный центр предприятия и начертите пересекающиеся линии, показывающие основные и промежуточные стороны горизонта. Подпишите названия сторон горизонта (рис. 2.1б).
3. Используя формулу (2.1), рассчитайте значения L и результаты занесите в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Расчетная таблица

Направление ветра по румбам	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
P	8	5	4	7	8	8	16	10
P/P_0	0,64	0,4	0,32	0,56	0,64	0,64	1,28	0,8
L	192	120	96	168	192	192	384	240

Так как в задании указано, что предприятие относится к III классу опасности, следовательно, $L_0 = 300$ м.

4. Полученные значения L отложите в соответствии с масштабом, указанным на карте-схеме предприятия (например, М1 : 10000, т.е. в 1 см: 10000 см или в 1 см: 100 м) от границы предприятия в сторону, по направлениям, противоположным соответствующему румбу (например, северный ветер вызывает отклонение факела выброса в южную зону и т.д.).
5. Полученные точки, отмеченные на сторонах горизонта, последовательно соедините линией (см. рис. 2.1б).

2.2. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами одиночного точечного источника

2.2.1. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха для нагретых источников

Рассматривается одиночный точечный источник (заводская труба) с круглым устьем, выбрасывающий нагретую газозоудную смесь, содержащую вредные примеси (рис. 2.2). При неблагоприятных метеорологических условиях на некотором расстоянии X_M (м) от источника достигается максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_M (мг/м³), которое определяется по формуле:

$$C_M = \frac{A M F m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}} \quad (2.2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (табл. 2.4);

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания

вредных веществ в атмосферном воздухе:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю), при $F = 1$;

б) для мелкодисперсных аэрозолей, кроме указанных выше, при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – $F = 2$; от 75 до 90 % – $F = 2,5$; менее 75 % и при отсутствии очистки – $F = 3$;

t и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабопересеченной местности, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км (уклон менее 0,05), $\eta = 1$. В других случаях величину η определяют, исходя из анализа картографического материала;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_в$, °С;

V_1 – расход газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Таблица 2.4

Значение коэффициента A [1]

Территория	Коэффициент A
Бурятия и Читинская обл.	250
Районы Европейской территории России южнее 50° с. ш., включая Нижнее Поволжье, Кавказ; Азиатская территория России, включая Сибирь и Дальний Восток	200
Районы Европейской территории России и Урал от 50 до 52° с. ш.	180
Районы Европейской территории России и Урал севернее 52° с. ш. за исключением центра Европейской территории России	160
Центр Европейской территории России (Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области)	140

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, определяется для территории России по таблице 2.4 [1].

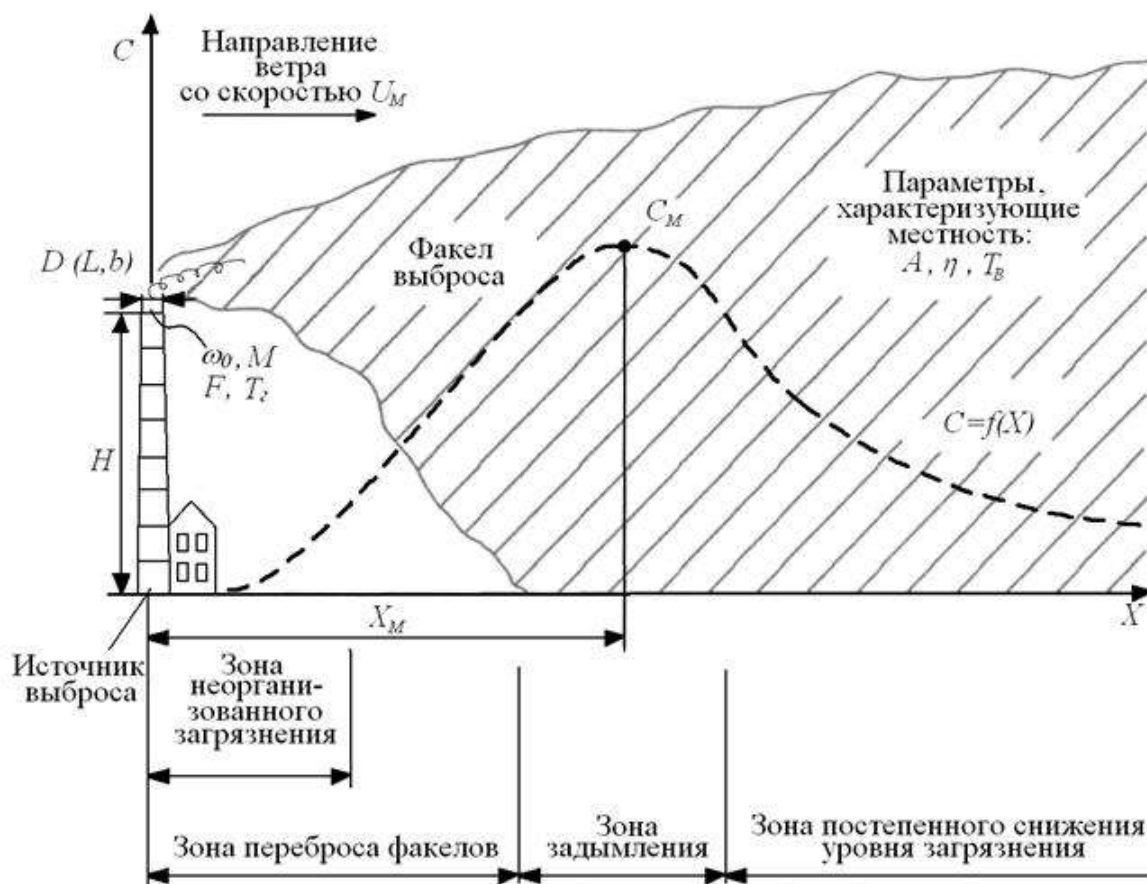


Рис. 2.2. Распределение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на оси факела выброса одиночного точечного источника

При определении значения ΔT ($^{\circ}\text{C}$) следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха $T_{\text{в}}$ ($^{\circ}\text{C}$) равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года. Для котельных, работающих по отопительному графику, допускается при расчетах принимать значения $T_{\text{в}}$ равной средней температуре наружного воздуха за самый холодный месяц. Температура выбрасываемой в атмосферу газозвушной смеси T_2 определяется по технологическим расчетам и действующим для данного производства нормативам.

Величину безразмерного коэффициента m определяют в зависимости от параметров f и f_e .

$$f = 1000 \frac{\omega^2 D}{H^2 \Delta T} \quad (2.4)$$

$$f_e = 800 (v'_m)^3 \quad (2.5)$$

При $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad (2.6)$$

При $f \geq 100$
$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (2.7)$$

При $f_e < f < 100$
$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt[3]{f_e} + 0,34 \sqrt[3]{f_e}}. \quad (2.8)$$

Величину безразмерного коэффициента n определяют в зависимости от параметра v_M .

$$v_M = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (2.9)$$

При $f < 100$

При $v_M \geq 2$
$$n = 1. \quad (2.10)$$

При $0,5 \leq v_M < 2$
$$n = 0,532 v_M^2 - 2,13 v_M + 3,13. \quad (2.11)$$

При $v_M < 0,5$
$$n = 4,4 v_M. \quad (2.12)$$

Расстояние X_M (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_M , определяется по формуле:

$$X_M = \frac{5 - F}{4} d H, \quad (2.13)$$

где d – безразмерный коэффициент. При $f < 100$ он находится по формулам:

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e}\right) \text{ при } v_M \leq 0,5; \quad (2.14)$$

$$d = 4,95 v_M \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}\right) \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2; \quad (2.15)$$

$$d = 7 \sqrt[3]{v_M} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}\right) \text{ при } v_M > 2. \quad (2.16)$$

Значение опасной скорости ветра u_M (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_M , в случае $f < 100$ определяется по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } v_M \leq 0,5; \quad (2.17)$$

$$u_M = v_M \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2; \quad (2.18)$$

$$u_M = v_M \left(1 + 0,12 \sqrt[3]{f}\right) \text{ при } v_M > 2. \quad (2.19)$$

При опасной скорости ветра u_M приземная концентрация вредных веществ C (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях X (м) от источника выброса определяется по формуле:

$$C = S_1 C_M, \quad (2.20)$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения X/X_M и коэффициента F по формулам:

$$S_1 = 3 \left(\frac{X}{X_M}\right)^4 - 8 \left(\frac{X}{X_M}\right)^3 + 6 \left(\frac{X}{X_M}\right)^2 \text{ при } \frac{X}{X_M} \leq 1; \quad (2.21)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{X}{X_M}\right)^2 + 1} \text{ при } 1 < \frac{X}{X_M} \leq 8; \quad (2.22)$$

$$S_1 = \frac{X/X_M}{3,58(X/X_M)^2 - 35,2(X/X_M) + 120} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } X/X_M > 8; \quad (2.23)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X/X_M)^2 + 2,47(X/X_M) - 17,8} \quad \text{при } F > 1,5 \text{ и } X/X_M > 8. \quad (2.24)$$

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере C_Y (мг/м³) на расстоянии Y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по формуле:

$$C_Y = S_2 C, \quad (2.25)$$

где S_2 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра u (м/с) и отношения Y/X по значению аргумента t_Y :

$$t_Y = \frac{u Y^2}{X^2} \quad \text{при } u \leq 5; \quad (2.26)$$

$$t_Y = \frac{5Y^2}{X^2} \quad \text{при } u > 5; \quad (2.27)$$

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5 t_Y + 12,8 t_Y^2 + 17 t_Y^3 + 45,1 t_Y^4)^2}. \quad (2.28)$$

Расчеты загрязнения атмосферы при выбросах газовой смеси из источника с *прямоугольным устьем* (шахты) производятся по приведенным выше формулам при средней скорости ω_0 и значениях $D = D_0$ (м) и $V_1 = V_{1Э}$ (м³/с).

Средняя скорость выхода в атмосферу газовой смеси ω_0 (м/с) определяется по формуле:

$$\omega_0 = \frac{V_1}{L b}, \quad (2.29)$$

где L – длина устья, м;

b – ширина устья, м.

Эффективный диаметр устья $D_{Э}$ (м) определяется по формуле:

$$D_{Э} = \frac{2 L b}{L + b}. \quad (2.30)$$

Эффективный расход выходящей в атмосферу в единицу времени газовой смеси $V_{1Э}$ (м³/с) определяется по формуле:

$$V_{1Э} = \frac{\pi D_{Э}^2}{4} \omega_0. \quad (2.31)$$

Для источников с *квадратным устьем* ($L = b$) эффективный диаметр $D_{Э}$ равняется длине стороны квадрата. В остальном расчет рассеивания вредных веществ производится как для выбросов из источника с круглым устьем.

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\Phi}) H^2}{A F m n \eta} \sqrt[3]{V \Delta T}, \quad (2.32)$$

где C_{Φ} – фоновая концентрация вредного вещества, мг/м³.

Значение ПДВ для источника с прямоугольным и квадратным устьем определяется по тем же формулам, но при $D = D_{\text{э}}$ и $V_1 = V_{1\text{э}}$.

Решение обратных задач по определению высоты H при применении высоких (51...500 м) труб, требуемую для данного источника загрязнения атмосферы высоту трубы $H_{\text{ТР}}$ (м), легко рассчитать по преобразованной формуле (2.2), введя в нее ограничивающий фактор ПДК данного загрязняющего вещества. В этом случае:

$$H_{\text{ТР}} = \sqrt[3]{\frac{A M F \eta}{ПДК}} \sqrt[3]{V \Delta T}. \quad (2.33)$$

Полученная высота $H_{\text{ТР}}$ может быть уточнена с введением в расчеты новых значений m_1 и n_1 , рассчитанных с учетом новой H (т.е. для нового $H_{\text{ТР}}$ находят f и v_m , а с их учетом по формулам (2.4)-(2.12) рассчитывают окончательное значение $H_{\text{ТР}}^0$):

$$H_{\text{ТР}}^0 = H_{\text{ТР}} \sqrt[3]{\frac{m_1 n_1}{1}} \quad \text{при } \frac{m_1 n_1}{1} \neq 1. \quad (2.34)$$

Качество природной среды оценивается путем сравнения максимальных разовых концентраций (C_i) с соответствующими разовыми предельно допустимыми концентрациями вредных веществ ПДК:

$$C_i \leq ПДК \quad \text{или} \quad \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (2.35)$$

При наличии выбросов нескольких веществ из одного источника, обладающих эффектом суммации, условия санитарных норм будут выполнены, если:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^K \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (2.36)$$

При наличии нескольких источников выбросов, требование к качеству воздуха населенного пункта должно соответствовать следующему условию:

$$C_i + C_{\Phi i} \leq ПДК, \quad (2.37)$$

где C_i – фактическая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³;

$C_{\Phi i}$ – фоновая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³.

2.2.2. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха для холодных источников

Величина максимальной приземной концентрации вредного вещества C_M ($\text{мг}/\text{м}^3$) для выброса холодной газовой смеси (выброс считается холодным, если $\Delta T \approx 0$ или при значениях параметра $f \geq 100$) из одиночного точечного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на некотором расстоянии X_M (м) от источника определяется по формуле:

$$C_M = \frac{A M F n \eta K}{H^{4/3}}, \quad (2.38)$$

где

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1 \sqrt{\omega_0} V_1}. \quad (2.39)$$

Коэффициенты A, F, η принимаются также, как и для нагретых источников.

Безразмерный коэффициент n зависит от вспомогательного параметра v'_m и определяется по формулам (1.10)-(1.12) при $v_m = v'_m$.

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} \quad (2.40)$$

Безразмерный коэффициент d находится по формулам:

$$d = 5,7 \quad \text{при } v'_m \leq 0,5; \quad (2.41)$$

$$d = 11,4 v'_m \quad \text{при } 0,5 < v'_m \leq 2; \quad (2.42)$$

$$d = 16 \sqrt{v'_m} \quad \text{при } v'_m > 2. \quad (2.43)$$

Опасная скорость ветра u_m вычисляется по формулам:

$$u_m = 0,5 \quad \text{при } v'_m \leq 0,5; \quad (2.44)$$

$$u_m = v'_m \quad \text{при } 0,5 < v'_m \leq 2; \quad (2.45)$$

$$u_m = 2,2 v'_m \quad \text{при } v'_m > 2. \quad (2.46)$$

Значение ПДВ для холодных выбросов определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_\phi) H^{4/3}}{A F n \eta} \frac{8V}{D}. \quad (2.47)$$

Далее расчет рассеивания вредных веществ для холодных выбросов производится так же, как для нагретых.

3. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

3.1. Расчет разбавления сточных вод в водотоках

Для расчета разбавления в средних и больших реках (рис. 3.1) наибольшее распространение получил метод Фролова–Родзиллера [4], применяемый при условии:

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1, \quad (3.1)$$

где Q – расчетный расход водотока, м³/с;

q – расход сточных вод, м³/с.

В том случае, если условия применимости метода Фролова–Родзиллера не выполняются, кратность разбавления может быть определена численным методом А.В. Караушева [5].

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

$$n = n_H n_0, \quad (3.2)$$

где n_H – кратность начального разбавления;

n_0 – кратность основного разбавления.

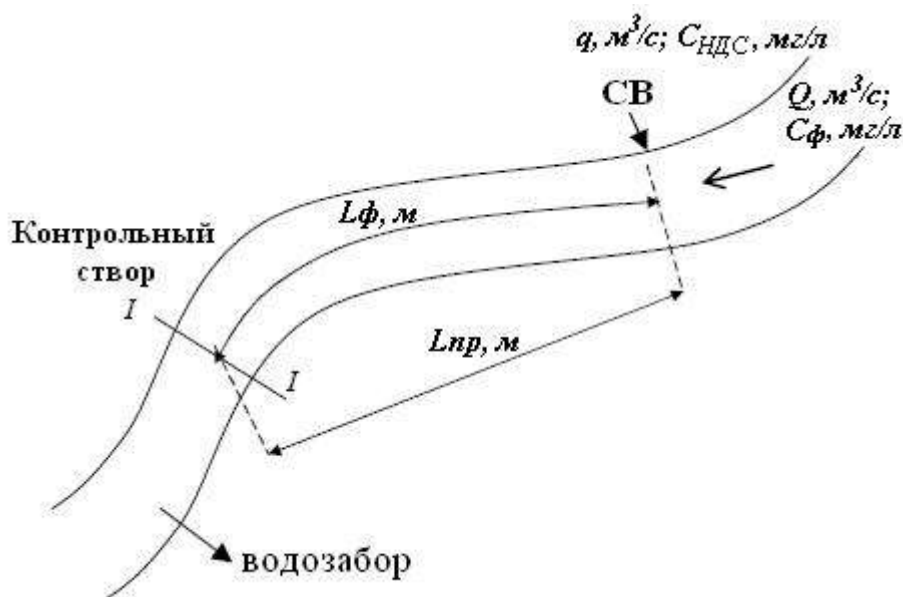


Рис. 3.1. Схема сброса сточных вод в водоток

3.1.1. Определение кратности начального разбавления

Начальное разбавление рассчитывается в следующих случаях:

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

$$v_{cm} \geq 4v_p, \quad (3.3)$$

где v_{cm} – скорость выхода сточных вод, м/с;

v_p – средняя скорость течения воды в водотоке, м/с.

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

Расчет кратности начального разбавления ведут по методу Н.Н. Лапшева [6], для этого сначала вычисляются отношения:

$$\frac{v_0}{v_p} = \frac{v_p + 0,15}{v_p} - 1; m = \frac{v_p}{v_{cm}}, \quad (3.4)$$

где v_0 – скорость на оси струи, м/с.

По полученным значениям отношений $\frac{v_0}{v_p}$ и m , находят отношение

$\frac{d}{d_0}$ по рис. 3.2, где d – диаметр загрязненного пятна в граничном створе

зоны начального разбавления, м; d_0 – диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска, м.

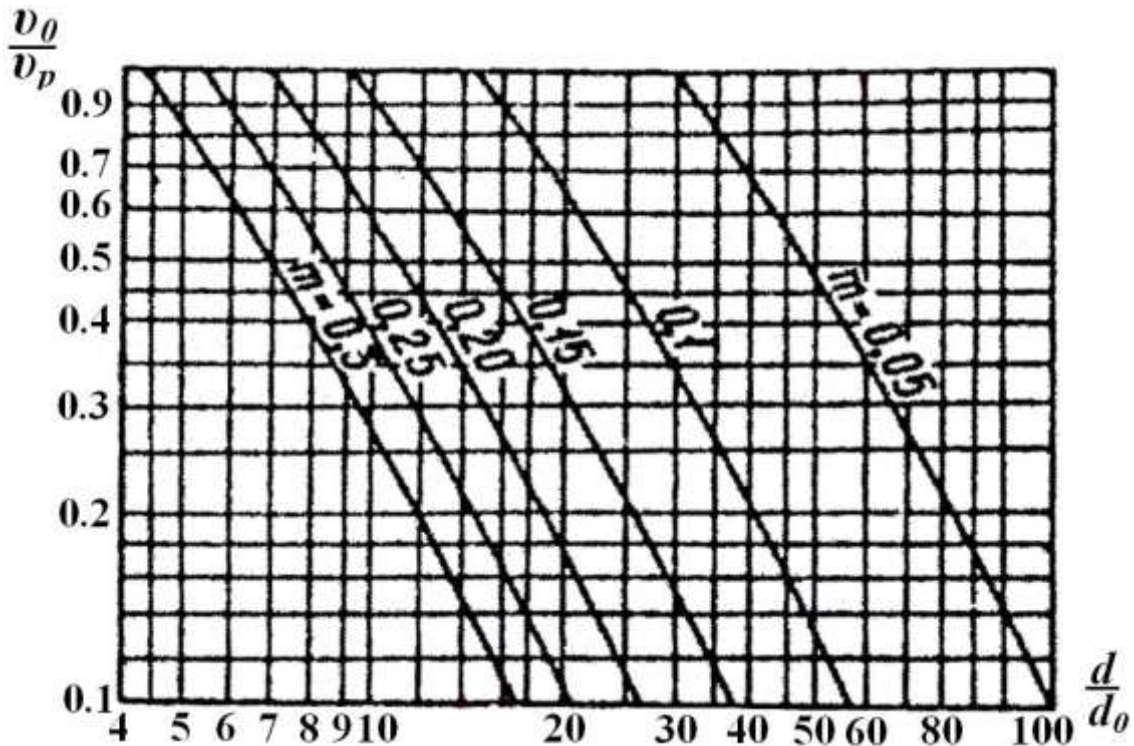


Рис. 3.2. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении [4]

Диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска (м) определяется по формуле:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q}{\pi v_{cm} N_0}}, \quad (3.5)$$

где N_0 – число выпускных отверстий оголовка выпуска сточных вод.

Затем по найденному отношению $\frac{d}{d_0}$ определяется значение d и

сравнивается с глубиной реки H :

- если $d < H$, то по рисунку 3.3 находят кратность начального разбавления n_H ;
- если $d \geq H$, то по рисунку 3.3 находят кратность начального разбавления n_H и умножают её на поправочный коэффициент $\left(\frac{H}{d}\right)^m$, который

определяется из рисунка 3.4.

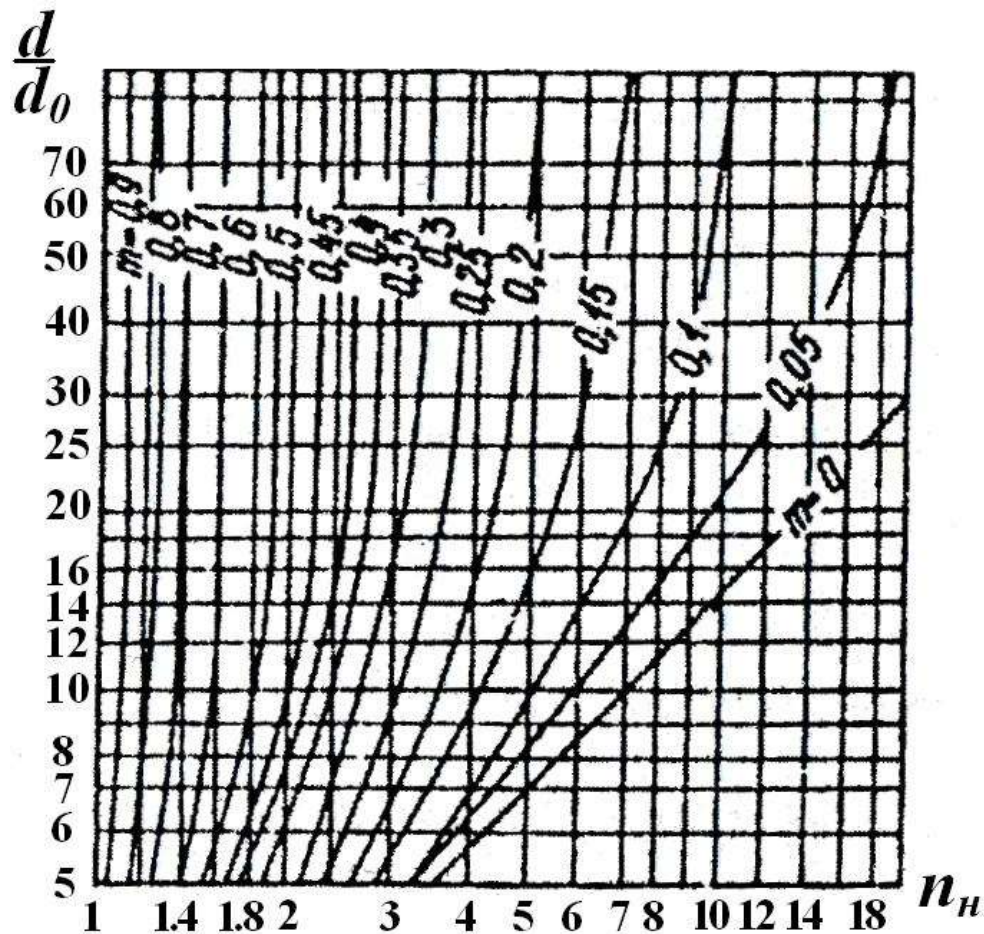


Рис. 3.3. Номограмма для определения начального разбавления в потоке [4]

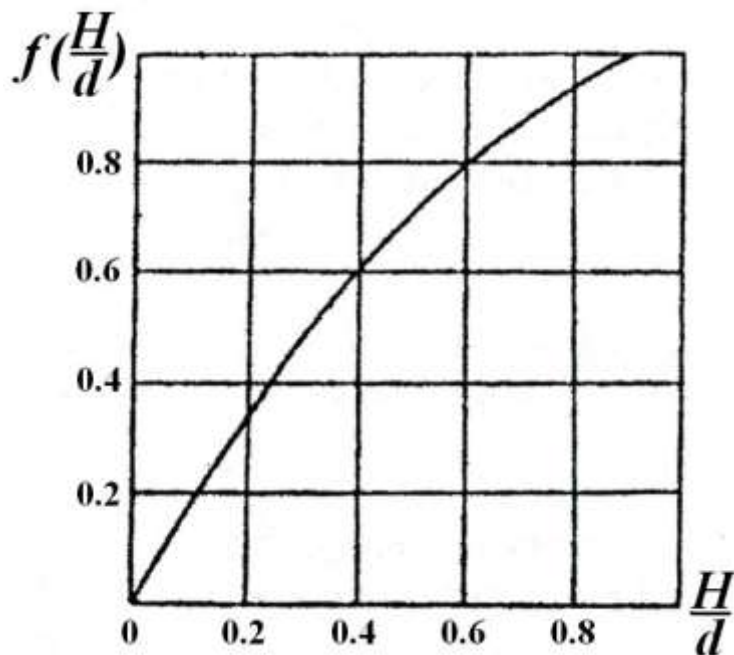


Рис. 3.4. Номограмма для определения поправочного коэффициента [4]

Расстояние до пограничного сечения зоны начального разбавления (l_H , м) определяется по формуле:

$$l_H = \frac{d}{0,48(1-3,12m)}, \quad (3.6)$$

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

Расход смеси сточных вод и воды водотока в том же сечении (q , м³/с) находится по формуле:

$$q_{см} = n_H q. \quad (3.7)$$

Средняя концентрация вещества в граничном сечении (C_{cp} , мг/л) определяется по формуле:

$$C_{cp} = C_{\phi} + \frac{C_{см} - C_{\phi}}{n_H}, \quad (3.8)$$

где $C_{см}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/л;

C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, мг/л.

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

$$C_{max} = \frac{C_{cp}}{0,428}. \quad (3.9)$$

3.1.2. Определение кратности основного разбавления

Кратность основного разбавления n_0 определяется по методу Фролова–Родзиллера:

$$n_0 = \frac{q_{см} + \gamma Q_{ПНР}}{q_{см}}, \quad (3.10)$$

где $Q_{ПНР}$ – расход водотока, участвующий в основном разбавлении на участке от створа начального разбавления до контрольного створа, м³/с:

$$Q_{ПНР} = Q + q - q_{см}; \quad (3.11)$$

γ – коэффициент смешивания, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}, \quad (3.12)$$

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

$$l = L_{\Phi} - l_n, \quad (3.13)$$

где L_{Φ} – расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру, м;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\alpha = \phi \xi \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (3.14)$$

где ϕ – коэффициент извилистости:

$$\phi = \frac{L_{\Phi}}{L_{ПР}}, \quad (3.15)$$

где $L_{ПР}$ – расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по прямой, м;

ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi=1$, при выпуске в стрежень реки $\xi=1,5$ [7]);

D – коэффициент турбулентной диффузии.

Для летнего времени:

$$D = \frac{g v_p \Pi}{37 n_{III} C^2}, \quad (3.16)$$

где g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с²;

v_p – средняя скорость течения воды в водотоке, м/с;

H – глубина водотока, м;

n_{III} – коэффициент шероховатости ложа реки, определяется по таблице 3.1;

C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с:

$$C = \frac{R^y}{n_{III}} \quad (3.17)$$

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

$$y = 2,5\sqrt{n_{III}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_{III}} - 0,1) \quad (3.18)$$

Для зимнего времени (период ледостава):

$$D = \frac{g^0 K_{PP}}{37 n_{PP} C_{PP}^2} \quad (3.19)$$

где R_{PP} , n_{PP} , C_{PP} – приведенные значения, соответственно, гидравлического радиуса, коэффициента шероховатости и коэффициента Шези.

$$R_{PP} \approx 0,5H \quad (3.20)$$

$$n_{PP} = n_{III} \left[1 + \left(\frac{n_{II}}{n_{III}} \right)^{1,5} \right]^{0,67} \quad (3.21)$$

где n_{II} – коэффициент шероховатости нижней поверхности льда (табл. 3.2).

$$C_{PP} = K_{PP} \frac{y_{PP}}{n} \quad (3.22)$$

$$y_{PP} = 2,5\sqrt{n_{PP}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{PP}}(\sqrt{n_{PP}} - 0,1) \quad (3.23)$$

Таблица 3.1

Коэффициенты шероховатости (n_{III}) для водотоков [8]

Характер ложа	n_{III}
Реки в весьма благоприятных условиях (чистое прямое ложе со свободным течением, без обвалов и глубоких промоин)	0,025
Реки в весьма благоприятных условиях течения	0,030
Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	0,035
Реки, имеющие сравнительно чистые русла, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй, или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни), некоторое увеличение количества водорослей	0,040
Реки (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые, с беспокойным течением. Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарник).	0,050
Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей)	0,067

Окончание табл. 3.1

Характер ложа	n_{III}
Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа, русла с бурливым пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,080
Поймы рек такие же, как в предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводями и пр. Горно-водопадного типа русла с крупновалунным строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками. Делает разговор затруднительным	0,100
Характеристика горных рек примерно такая же, как и в предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,133

Таблица 3.2

Коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда (n_L) [9]*

Период	n_L
Первые 10 суток после ледостава (первая–вторая декада декабря)	0,05-0,15
10-20 суток после ледостава (последняя декада декабря – начало января)	0,04-0,1
20-60 суток после ледостава (середина января – первая декада февраля)	0,03-0,05
60-80 после ледостава (конец февраля – начало марта)	0,015-0,04
80-110 после ледостава (март)	0,01-0,025

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

3.2. Расчет разбавления сточных вод в водоемах

При наличии в водоемах устойчивых ветровых течений для расчета кратности общего (суммарного) разбавления n может быть использован метод М.А. Руффеля [9]. В расчетах по этому методу рассматриваются два случая:

- выпуск в мелководную часть или в верхнюю треть глубины водоема, загрязненная струя распространяется вдоль берега под воздействием прямого поверхностного течения, имеющего одинаковое с ветром направление;
- выпуск в нижнюю треть глубины водоема, загрязненная струя распространяется к береговой полосе против выпуска под воздействием донного компенсационного течения, имеющего направление, обратное направлению ветра.

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

Кратность общего (суммарного) разбавления определяется по формуле (3.2), что верно и для водотоков.

3.2.1. Определение кратности начального разбавления

Кратность начального разбавления вычисляется следующим образом:

- при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины

$$n_n = \frac{q + 0,00215 \mathcal{V} H_{cp}^2}{q + 0,000215 \mathcal{V} H_{cp}^2}, \quad (3.24)$$

где q – расход сточных вод выпуска, м³/с;

\mathcal{V} – скорость ветра над водой в месте выпуска сточных вод, м/с;

H_{cp} – средняя глубина водоема на участке сброса и распространения сточных вод, м.

Значение H_{cp} определяется в зависимости от средней глубины водоема в соответствии с таблицей 3.3;

Таблица 3.3

Протяженность участка
для определения глубины водоема [4]

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

- при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_n = \frac{q + 0,00158 \mathcal{V} H_{cp}^2}{q + 0,000079 \mathcal{V} H_{cp}^2}. \quad (3.25)$$

3.2.2. Определение кратности основного разбавления

Кратность основного разбавления вычисляется следующим образом:

- при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины

$$n_0 = 1 + 0,412 \left(\frac{l}{6,53H_{cp}} \right)^{0,627 + \frac{0,0002l}{1,17}}, \quad (3.26)$$

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

- при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_0 = 1,85 + 2,32 \left(\frac{l}{4,41H_{cp}} \right)^{0,41 + \frac{0,0064l}{1,17}}. \quad (3.27)$$

3.3. Расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в выпуске сточных вод

Расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ производят по формулам:

- для консервативных веществ:

$$C_{НДС} = n(C_{ПДК} - C_{\Phi}) + C_{\Phi}, \quad (3.28)$$

где $C_{НДС}$ – допустимая концентрации загрязняющих веществ, мг/л; n

– кратность общего разбавления сточных вод в водотоке;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, мг/л;

C_{Φ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, мг/л.

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

При условии, что $C_{СМ} = C_{ПДК}$, а содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л по сравнению с C_{Φ} (т.е. $C = 0,25$ мг/л), формула $C_{НДС}$ для взвешенных веществ имеет вид:

$$C_{НДС}^{ВЗВ.В-В} = n(C_{СМ} - C_{\Phi}) + C_{\Phi} = n C + C_{\Phi} = n0,25 + C_{\Phi}; \quad (3.29)$$

- для неконсервативных веществ:

$$C_{НДС} = n(C_{ПДК} \cdot e^{kt} - C_{\Phi}) + C_{\Phi}, \quad (3.30)$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества, 1/сут (табл. 3.4);

t – время добегающего от места выпуска сточных вод до контрольного створа, сут:

$$t = \frac{L}{v_p}, \quad (3.31)$$

где L – расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м;

v_p – средняя скорость течения воды в водотоке на участке от выпуска сточных вод до контрольного створа, м/с.

Таблица 3.4

Коэффициенты неконсервативности (скорости разложения) веществ при температуре 20 °С для основания натуральных логарифмов [9]

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

Показатель загрязнения воды, характеризуемый количеством кислорода, которое за установленное время (обычно 5 суток – БПК₅ или 20 суток – БПК_{полн}) пошло на окисление загрязнителей при температуре 20 °С, содержащихся в единице объема воды (мг/л):

$$C_{НДС}^{БПК} = n((C_{ПДК} - C_{ПВ}) e^{k_0 t} - C_{\Phi}) + C_{\Phi}, \quad (3.32)$$

где k_0 – осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, 1/сут; $k_0=0,065$ 1/сут;

$C_{ПВ}$ – концентрация, обусловленная органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега.

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

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, поэтому их нормируют по принципу лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ:

- санитарно-токсикологический;
- общесанитарный;
- органолептический.

Для рыбохозяйственных водоемов используют пять видов ЛПВ:

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

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

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3.33)$$

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

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ данной категории водопользования, относящиеся к одной группе лимитирующих показателей вредности.

Показателем безопасной величины сбрасываемых стоков является нормативно допустимый сбос.

3.4. Расчет нормативов допустимых сбросов

Расчет нормативов допустимых сбросов (НДС, г/с) производят по формуле:

$$НДС = C_{НДС} q, \quad (3.34)$$

где $C_{НДС}$ – допустимая концентрация загрязняющих веществ, мг/л;

q – расход сточных вод, м³/с.

4. Контрольные задания

Задача 1. С помощью формулы (2.1) уточнить размеры санитарно-защитной зоны в соответствии с розой ветров данного района. Среднеговую повторяемость направлений ветров принять с учетом номера варианта по ниже представленной таблице 4.1.

Таблица 4.1

Данные к задаче 1

№	Класс опасности предприятия	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	I	8	10	15	5	4	7	8	18
2	II	9	6	10	14	8	5	5	8
3	III	10	10	12	8	19	8	6	7
4	IV	11	9	6	10	11	15	13	9
5	V	12	9	8	6	6	10	11	9
6	I	15	13	10	8	5	7	9	5
7	II	16	11	9	12	8	7	8	10
8	III	17	13	8	7	6	10	11	9
9	IV	13	18	9	10	8	7	7	6
10	V	5	7	9	11	9	8	10	15
11	I	6	10	15	5	4	7	8	18
12	II	19	6	10	14	8	5	5	8
13	III	4	10	12	8	19	8	6	7
14	IV	5	9	6	10	11	15	13	9
15	V	10	9	8	6	6	10	11	9
16	I	14	13	10	8	5	7	9	5
17	II	13	11	9	12	8	7	8	10
18	III	15	13	8	7	6	10	11	9
19	IV	9	18	9	10	8	7	7	6
20	V	8	7	9	11	9	8	10	15
21	I	7	10	15	5	4	7	8	18
22	II	6	6	10	14	8	5	5	8
23	III	11	10	12	8	19	8	6	7
24	IV	12	9	6	10	11	15	13	9
25	V	17	9	8	6	6	10	11	9
26	I	16	13	10	8	5	7	9	5
27	II	13	11	9	12	8	7	8	10
28	III	14	13	8	7	6	10	11	9
29	IV	5	18	9	10	8	7	7	6
30	V	7	7	9	11	9	8	10	15

Задача 2. Рассчитать максимальные значения приземных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (C_M , мг/м³) от работающей одиночной трубы теплоэлектростанции (или котельной) по оси направления ветра на расстояниях $X_M/2$, X_M , $2X_M$, $5X_M$, $8X_M$, $10X_M$. Построить график изменения концентраций в зависимости от расстояния при найденной опасной скорости ветра. Рассчитать ПДВ. Рельеф местности считать ровным. Другие параметры принять в соответствии с номером варианта.

Таблица 4.2

Данные к задаче 2

№	Регион	D	H	C_2	$T_2, ^\circ\text{C}$	$T_6, ^\circ\text{C}$	ω_0 , м/с	V_1 , м ³ /с
1	Тульская обл.	150 см	35 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	90	25	5	-
2	Московская обл.	78×70 см	50 м	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	25	23,5	6	-
3	Свердловская обл.	70×70 см	2500 см	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	150	21	-	21
4	Челябинская обл.	2,1 м	31 м	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	100	22,5	-	11
5	Ивановская обл.	65×70 см	4300 см	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	25	25	6,5	-
6	Рязанская обл.	50×50 см	22 м	Пыль 28 г/м ³ Сажа 60 мг/м ³	88	24	6	-
7	Казахстан	3 м	45 м	Пыль 48 г/м ³ CO 35 мг/м ³	96	25	-	15
8	Читинская обл.	200 см	28 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	26	21,5	4	-
9	Бурятия	350 см	48 м	SO ₂ 50 мг/м ³ Пыль 28 г/м ³	190	23,5	-	30
10	Свердловская обл.	69×65 см	2300 см	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	150	21	-	21
11	Челябинская обл.	1,5 м	40 м	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	24	22,5	-	11

Продолжение табл. 4.2

№	Регион	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>C</i> ₂	<i>T</i> ₂ , °C	<i>T</i> ₆ , °C	ω_0 , м/с	<i>V</i> ₁ , м ³ /с
12	Тульская обл.	1,5 м	49 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	90	25	-	13
13	Московская обл.	130 см	50 м	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	115	23.5	5	-
14	Молдова	65×65 см	4300 см	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	25	25	6,5	-
15	Ивановская обл.	2,5 м	5500 см	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	120	25	8	-
16	Тульская обл.	3,5 м	41 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	30	25	7	-
17	Московская обл.	73×76 см	41 м	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	96	23,5	-	15
18	Свердловская обл.	150 см	3500 см	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	23	21	5	-
19	Челябинская обл.	40×40 см	34 м	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	100	22,5	6	-
20	Ивановская обл.	320 см	52 м	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	96	25	6,5	-
21	Рязанская обл.	93×80 см	49 м	Пыль 28 г/м ³ Сажа 60 мг/м ³	250	24	6	-
22	Казахстан	280 см	3900 м	Пыль 48 г/м ³ CO 35 мг/м ³	125	25	-	15
23	Читинская обл.	76×76 см	56 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	88	21,5	4	-
24	Бурятия	120 см	59 м	SO ₂ 50 мг/м ³ Пыль 28 г/м ³	25	23,5	6	-
25	Свердловская обл.	2 м	4300 см	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	70	21	5	-

Окончание табл. 4.2

№	Регион	D	H	C_2	$T_2, ^\circ\text{C}$	$T_6, ^\circ\text{C}$	$\omega_0, \text{м/с}$	$V_1, \text{м}^3/\text{с}$
26	Челябинская обл.	74×69 см	35 м	ПЫЛЬ 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	49	22,5	-	11
27	Тульская обл.	100 см	53 м	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	26	25	5,4	-
28	Московская обл.	230 см	45 м	CO 15 мг/м ³ ПЫЛЬ 31 г/м ³	68	23,5	5	-
29	Молдова	96×65 см	3400 см	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	360	25	6,5	-
30	Ивановская обл.	260 см	3100 см	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	98	25	5,5	-

Задача 3. Определить НДС сточных вод из очистных сооружений города в реку, которая используется в качестве источника централизованного водоснабжения для другого населенного пункта, расположенного вниз по течению реки. Исходные данные принять по ниже представленной таблице 4.3 в соответствии с номером варианта.

Таблица 4.3

Данные к задаче 3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{ст}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф}, \text{ м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/п	БПК	Взв. в-ва	Н/п	БПК			
1	0,35	10	3,0	0,5	3,1	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	20	5,6	146,9	7	0	2,1	1000 (1500)	Хозяйственно-питьевое	20-60 суток после ледостава
2	0,4	20	3,1	0,4	3,2	Реки в весьма благоприятных условиях течения	21	10,9	147,0	6	0	2,2	480	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
3	0,5	15	2,1	0,4	3,4	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	22	38,7	148,1	5	0,01	2,3	450	Рыбохозяйственное	10-20 суток после ледостава
4	0,7	25	2,2	0,5	3,5	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	23	9,0	147,5	7	0,02	2,4	420	Рыбохозяйственное	60-80 суток после ледостава
5	1,5	25	2,3	0,5	3,6	Русла (больших и средних рек) значительно засоренные	24	15,5	145,6	4	0,05	2,5	950 (1250)	Культурно-бытовое	80-110 суток после ледостава

Продолжение табл. 4.3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{см}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф. м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
6	1,1	30	2,4	0,5	3,7	Порожистые участки равнинных рек	25	22,8	139,8	8	0,03	2,6	480	Рыбохозяйственное	20-60 суток после ледостава
7	0,29	15	2,5	0,6	3,8	Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами	26	9,7	156,9	9	0	2,7	475	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
8	1,2	30	2,6	0,6	3,9	Реки и поймы весьма заросшие с сильно неправильным течением, заводями и пр.	27	11,1	153,5	5	0	2,8	400	Рыбохозяйственное	10-20 суток после ледостава
9	1,7	20	2,7	0,6	3,3	Реки болотного типа	28	10,8	160,3	6	0,01	2,9	720 (850)	Хозяйственно-питьевое	60-80 после ледостава
10	1,7	10	2,8	0,6	4,0	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	29	6,8	143,3	7	0,01	3,0	485	Рыбохозяйственное	80-110 после ледостава
11	0,55	16	2,9	0,6	4,1	Реки в весьма благоприятных условиях течения	30	19,7	155,5	5	0	3,1	490	Рыбохозяйственное	20-60 суток после ледостава

Продолжение табл. 4.3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{см}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ДПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф}, \text{ м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
12	0,6	26	3,1	0,7	4,2	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	31	36,7	158,3	8	0,05	3,2	462	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
13	0,42	37	3,2	0,7	4,3	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	32	15,9	146,9	5	0,03	3,3	910 (1000)	Культурно-бытовое	10-20 суток после ледостава
14	0,33	15	3,3	0,7	4,4	Русла (больших и средних рек) значительно засоренные	33	8,7	147,0	4	0,02	3,4	498	Рыбохозяйственное	60-80 суток после ледостава
15	0,28	28	3,4	0,8	4,5	Порожистые участки равнинных рек	34	14,6	148,1	6	0	3,5	486	Рыбохозяйственное	80-110 суток после ледостава
16	0,37	15	3,5	0,8	4,5	Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами	35	15,1	147,5	7	0,01	3,6	492	Рыбохозяйственное	20-60 суток после ледостава
17	1,4	27	3,7	0,8	4,8	Реки болотного типа	37	22,4	145,6	9	0,05	3,7	1100 (1450)	Хозяйственно-питьевое	10-20 суток после ледостава

Продолжение табл. 4.3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{см}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ДПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф}, \text{ м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
18	1,3	38	3,6	0,8	4,7	Реки и поймы весьма заросшие, с сильно неправильным течением, заводями и пр.	36	20,7	139,8	8	0	3,8	490	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
19	1,35	13	2,1	0,5	4,9	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	38	8,5	156,9	4	0	3,9	470	Рыбохозяйственное	60-80 суток после ледостава
20	1,45	31	2,2	0,4	3,0	Реки в весьма благоприятных условиях течения	39	31,1	153,5	5	0,01	4,0	480	Рыбохозяйственное	80-110 суток после ледостава
21	1,65	25	2,3	0,5	3,1	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	40	10,7	160,3	6	0,02	4,1	1150 (1350)	Культурно-бытовое	20-60 суток после ледостава
22	1,48	10	2,4	0,4	3,2	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	41	19,8	143,3	7	0,02	4,2	491	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
23	0,37	30	2,6	0,6	3,4	Порожистые участки равнинных рек	43	27,0	155,5	9	0	4,3	484	Рыбохозяйственное	60-80 суток после ледостава

Продолжение табл. 4.3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{см}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ДПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф}, \text{ м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
24	0,96	20	2,5	0,5	3,3	Русла (больших и средних рек) значительно засоренные	42	13,9	158,3	8	0,01	4,4	469	Рыбохозяйственное	10-20 суток после ледостава
25	0,52	35	2,7	0,6	3,5	Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами	44	7,4	149,7	4	0	4,5	999 (1235)	Культурно-бытовое	80-110 суток после ледостава
26	1,36	45	2,8	0,5	3,6	Реки и поймы весьма заросшие с сильно неправильным течением, заводями и пр.	45	6,0	151,9	5	0,04	4,6	474	Рыбохозяйственное	20-60 суток после ледостава
27	1,29	38	2,9	0,6	3,7	Реки болотного типа	45	17,7	155,6	6	0,02	4,7	487	Рыбохозяйственное	Первые 10 суток после ледостава
28	0,89	47	3,0	0,6	3,8	Реки в благоприятных условиях (чистое прямое ложе)	46	15,5	165,9	7	0	4,8	490	Рыбохозяйственное	10-20 суток после ледостава
29	1,15	23	3,1	0,7	3,9	Реки в весьма благоприятных условиях течения	47	9,3	160,1	8	0	4,9	1375 (1600)	Хозяйственно-питьевое	60-80 суток после ледостава

Окончание табл. 4.3

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{см}, \text{ м/с}$	$v_p, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	Характер ложа	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, мг/л			Фоновая концентрация загрязняющих веществ, мг/л			$L_{ДПР}, \text{ м}$ ($L_{Ф}, \text{ м}$)	Вид водопользования	Период
							Взв. в-ва	Н/П	БПК	Взв. в-ва	Н/П	БПК			
30	0,66	17	3,2	0,7	4,0	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	48	19,7	179,8	9	0,01	5,0	500	Рыбохозяйственное	80-110 суток после ледостава

Задача 4. Рассчитать общую (суммарную) кратность разбавления при выпуске сточных вод в мелководную часть или верхнюю треть глубины водоема, а также при выпуске в нижнюю треть глубины водоема. Исходные данные принять по ниже представленной таблице 4.4 в соответствии с номером варианта.

Таблица
4.4

Данные к задаче 4

№	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	Протяженность участка, примыкающего к выпуску сточных вод, на котором определяется глубина, м	$\mathcal{G}, \text{ м/с}$
1	0,090	100	6,0
2	0,089	150	5,0
3	0,088	200	4,0
4	0,087	250	6,0
5	0,086	100	5,0
6	0,06	150	4,0
7	0,083	200	7,0
8	0,092	250	5,0
9	0,063	100	6,0
10	0,056	150	6,5
11	0,091	200	4,5
12	0,079	250	4,1
13	0,077	100	6,3
14	0,076	150	5,5
15	0,075	200	5,9
16	0,074	250	6,1
17	0,083	100	5,1
18	0,086	150	5,2
19	0,090	200	2,4
20	0,089	250	6,2
21	0,088	100	5,6
22	0,087	150	6,6
23	0,086	200	7,0
24	0,060	250	6,9
25	0,083	100	5,3
26	0,096	150	5,5
27	0,098	200	4,9
28	0,091	250	5,1
29	0,095	100	6,3
30	0,099	150	6,8