

КРИНИЦЫН Г.Г., ЭРДМАН С.В.

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

РАСЧЁТ РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОКАХ

Введение

Работа промышленных и энергетических предприятий связана с потреблением воды. Вода используется в технологических и вспомогательных процессах, может использоваться в качестве сырьевого материала или входит составной частью выпускаемой продукции. При этом образуются сточные воды, которые чаще всего сбрасываются в близлежащие водные объекты.

Сброс сточных вод в водоем недопустим, если не выполняется условие: $C_{\phi} \geq \text{ПДК}$. Согласно нормативным документам (например, СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод») запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, которые:

- могут быть устранены путем организации малоотходных производств, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения после соответствующей очистки и обеззараживания в промышленности, городском хозяйстве и для орошения в сельском хозяйстве;
- содержат возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы;
- содержат вещества, для которых не установлены гигиенические ПДК или ОДУ;
- содержат чрезвычайно опасные вещества, для которых нормативы установлены с пометкой «отсутствие».

Запрещается сброс сточных вод в границах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, рыбоохранных зон, рыбохозяйственных заповедных зон и в некоторых других случаях.

Сточные воды можно сбрасывать в водные объекты при условии соблюдения гигиенических требований применительно к воде водного объекта в зависимости от вида водопользования.

Виды водопользования

1. Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование

СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

I категория водопользования – водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

II категория водопользования – водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

2. Рыбохозяйственное водопользование

К водным объектам рыбохозяйственного значения относятся водные объекты, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов.

Высшая категория – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов.

I категория – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода.

II категория – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчётном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают:

- общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в зависимости от вида водопользования;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.

В расчётном створе (место для отбора и использования воды в различных целях) вода должна удовлетворять нормативным требованиям. В качестве норматива используется предельно допустимая концентрация – ПДК.

Все вредные вещества, для которых определены ПДК, подразделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ), под которыми понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данными веществами. Принадлежность веществ к одному и тому же ЛПВ предполагает суммацию действия этих веществ на водный объект.

Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования используют три вида ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический.

Для рыбохозяйственных водоемов: санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический, токсикологический и рыбохозяйственный.

Вещества, концентрация которых изменяется в воде водного объекта только путем разбавления, называются *консервативными*; вещества, концентрация которых изменяется как под действием разбавления, так и вследствие протекания различных химических, физико-химических и биологических процессов – *неконсервативными*.

Разбавление сточных вод – это процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водотоках и водоёмах, протекающий вследствие перемешивания сточных вод с окружающей водной средой. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления, которая равна отношению суммы расходов сточной воды и окружающей водной среды к расходу сточной воды, или отношением избыточных концентраций загрязнений в месте выпуска к аналогичным концентрациям в рассматриваемом сечении водотока.

Распространение примесей происходит в направлении господствующих течений, и в этом же направлении кратность разбавления имеет тенденцию к увеличению. Так, в начальном сечении (в месте выпуска) кратность разбавления равна единице, а затем, по мере увеличения количества жидкости, концентрация примеси снижается, а кратность

разбавления растёт. В пределе, когда в процесс перемешивания вовлекаются все возможные для данного водного объекта количества воды, наступает полное перемешивание. В условиях полного перемешивания концентрация загрязняющих веществ стремится к фоновой. Участок водоёма или водотока от места выпуска сточных вод до сечения, где произойдёт их полное перемешивание, условно разделяют на три зоны (см. рис. 1):

- 1-я зона – начальное разбавление. Здесь процесс разбавления происходит вследствие увеличения окружной скорости жидкости турбулентным струйным потоком, образующимся при истечении сточной воды из оголовка выпуска. В конце первой зоны разность скоростей струйного потока и окружающей среды становится незначительной.
- 2-я зона – основное разбавление. Степень разбавления в этой зоне определяется интенсивностью турбулентного обмена.
- 3-я зона – в этой зоне разбавления сточной воды практически нет. Снижение концентраций загрязняющих веществ происходит в основном за счёт процессов самоочищения воды.

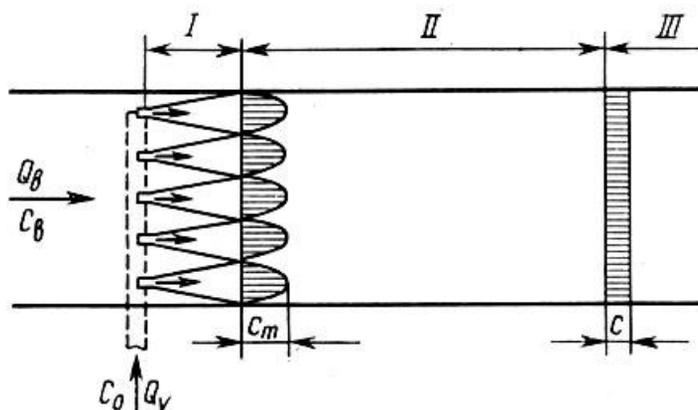


Рис. 1. Схема распределения сточных вод в водотоке

Таким образом, решить задачу о разбавлении сточной воды в водотоке или водоёме означает – определить концентрацию одного или нескольких загрязняющих веществ в любой точке локальной зоны водного объекта, подверженной влиянию сточных вод.

При этом нужно:

- 1) установить картину распространения загрязняющих веществ в водотоке под влиянием сброса сточных вод, с учётом гидродинамических факторов;
- 2) выявить влияние естественных факторов на процесс разбавления с целью наилучшего использования местных условий для его регулирования;
- 3) определить возможность применения искусственных мероприятий для интенсификации разбавления сточных вод.

Характер течения водного потока в реках делится на два вида. Один – спокойное, без перемешивания струй, называется ламинарным течением; другой вид – турбулентное течение. Турбулентным называется течение, при котором частицы жидкости совершают неупорядоченные, хаотические движения по сложным траекториям. При этом основные параметры среды – скорость, температура, давление, плотность испытывают хаотичные флуктуации (т. е. случайные отклонения от их средних значений). Турбулентное течение отличается (от ламинарного) интенсивным перемешиванием, теплообменом, большими значениями коэффициента трения. Критерием возникновения турбулентного движения является, что число Рейнольдса (Re) больше некоторого его критического значения, т. е. $Re > Re_{кр}$. Турбулентное течение является случайным процессом.

Диффузия (от лат. Diffusio – растекание, рассеяние) – движение частиц среды, приводящее к переносу вещества и выравниванию концентраций. Турбулентная диффузия жидкости – выравнивание концентраций жидкой среды при переносе каких-либо веществ в ней в турбулентном потоке. Разбавление сточных вод в водотоках определяется комплексным влиянием следующих процессов:

- распределение сточных вод в начальном сечении водотока, которое зависит от конструкции выпускного сооружения;
- начальное разбавление сточных вод, протекающее под действием турбулентных струй;
- основное разбавление сточных вод, определяющееся гидродинамическими процессами водоёмов и водотоков.

Все факторы и условия, определяющие процесс разбавления, можно разделить на две группы:

1 группа – конструктивные и технологические особенности выпуска сточных вод (конструкция выпускного сооружения; число, форма и размеры выпускных отверстий; расход и скорость выпускаемых сточных вод; технология и санитарные показатели сточных вод (физические свойства, концентрация загрязняющих веществ и др.);

2 группа – гидрометеорологические особенности водоёмов и водотоков (характер движения водных масс; причины, вызывающие эти движения (сток, ветер, температура, плотность и т. д.; морфологические характеристики русла водотока или ложа водоёма; степень проточности водоёма; состав и свойства водной среды; вид и характеристики донного грунта и т. д.). Например, из факторов первой группы: установлено, что разбавление протекает более интенсивно при рассеивающих выпусках. Из физических свойств сточной воды наибольшее влияние на разбавление оказывают начальная плотность и температура, причём не их абсолютные значения, а разность между параметрами сточной воды и окружающей водной среды. Из второй группы особое влияние оказывают вторичные течения, например, на повороте русла, когда потоки движутся не только в основном, но и обратном направлении.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие мероприятия по улучшению качества воды в реке вы можете предложить?
2. Какие меры могут способствовать уменьшению водопотребления на производственные нужды?
3. Какие параметры сточной воды оказывают наибольшее влияние на предельно допустимый сброс?
4. Какое влияние на концентрацию загрязнителя в водоеме оказывает фоновая концентрация загрязнителя?
5. Какое влияние на концентрацию загрязнителя в водоёме после спуска сточных вод оказывают расход сточной воды, расход воды в водоеме и ПДК загрязнителя в воде водоема?
6. Какое влияние на максимально допустимую концентрацию загрязнителя в сточной воде оказывают расход воды в водоеме, расход сточных вод и расстояние от места сброса сточных вод до контрольного створа?
7. Какое влияние на предельно допустимый сброс оказывают расход воды в водоеме, расход сточной воды и концентрация загрязнителя в сточной воде?
8. Назовите зоны перемешивания сточных вод.
9. С помощью каких мероприятий можно уменьшить концентрацию загрязнителя в водоеме?
10. Чем характеризуется интенсивность разбавления сточных вод?
11. Чем характеризуются зоны перемешивания сточных вод?
12. Чему равна кратность разбавления в месте выпуска сточных вод?

13. Что называется максимально допустимой концентрацией загрязнителя в сточной воде?
14. Что называется предельно допустимым сбросом?
15. Что называется разбавлением сточных вод?
16. Что называется сточными водами?
17. Что называется фоновой концентрацией загрязнителя в водоёме?

ГЛОССАРИЙ

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.

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

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.

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.

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.

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

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

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

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Список литературы

1. Резинских З.Г. Расчёт, нормирование и контроль выбросов и сбросов загрязняющих веществ. – Екатеринбург: изд-во УГУЛТУ, 2012. – 28 с.
2. ОНД–86. Методика расчёта концентраций в воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Госкомгидромет, 1986. – 36 с.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М., 2003. – 23 с.
4. Караушев А.В. Методические основы оценки и регламентирования мантропогенного влияния вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 287 с.
5. Лапшев Н.Н. Расчёты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977. – 87 с.

Интернет-ресурсы

6. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zavantag.com/docs/index-3580228.html>, вход свободный.
7. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tsuab.ru/materials/193.pdf>, вход свободный.
8. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-216194124.pdf, вход свободный.
9. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.su/20_21248_primer-rascheta-kratnosti-razbavleniya-dlya-vipuska-stochnih-vod-raspolozhennogo-na-vodotoke.html, вход свободный.