

ГЛАВА 1. Состав и свойства сточных вод.

1.1. Формирование состава сточных вод

В понятие «сточные воды» входят различные по происхождению, составу и физическим свойствам воды, которые использовались человеком для бытовых и технологических нужд. При этом вода получила загрязнения, и ее физико-химические свойства изменились. Сточные воды разнообразны по составу и, следовательно, по свойствам.

По своей природе загрязнения сточных вод подразделяются на органические, минеральные, биологические. Органические загрязнения – это примеси растительного и животного происхождения. Минеральные загрязнения – это кварцевый песок, глина, щелочи, минеральные кислоты и их соли, минеральные масла и т. д. Биологические и бактериальные загрязнения – это различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии и др.

Все примеси сточных вод, независимо от их происхождения, разделяют на четыре группы в соответствии с размером частиц.

К первой группе примесей относят нерастворимые в воде *грубодисперсные примеси*. Нерастворимыми могут быть примеси органической или неорганической природы. К этой группе относят микроорганизмы (простейшие, водоросли, грибы), бактерии и яйца гельминтов. Эти примеси образуют с водой неустойчивые системы. При определенных условиях они могут выпадать в осадок или всплывать на поверхность воды. Значительная часть загрязнений этой группы может быть выделена из воды в результате гравитационного осаждения.

Вторую группу примесей составляют *вещества коллоидной степени дисперсности* с размером частиц менее 10^{-6} см. Гидрофильные и гидрофобные коллоидные примеси этой группы образуют с водой системы с особыми молекулярно-кинетическими свойствами. К этой группе относятся и высокомолекулярные соединения, так как их свойства сходны с коллоидными системами. В зависимости от физических условий, примеси этой группы способны изменять свое агрегатное состояние. Малый размер частиц затрудняет осаждение под действием сил тяжести. При разрушении агрегативной устойчивости примеси выпадают в осадок.

К третьей группе относят примеси с размером частиц менее 10^{-7} см. Они имеют *молекулярную степень дисперсности*. При их взаимодействии с водой образуются растворы. Для очистки сточных вод от примесей третьей группы применяют биологические и физико-химические методы.

Примеси четвертой группы имеют размер частиц менее 10^{-8} см, что соответствует *ионной степени дисперсности*. Это растворы кислот, солей и оснований. Некоторые из них, в частности, аммонийные соли и фосфаты, частично удаляются из воды в процессе биологической очистки. Однако, технология очистки бытовых сточных вод (полная биологическая очистка) не позволяет изменить солесодержание воды. Для снижения концентрации солей используют следующие физико-химические методы очистки: ионный обмен, электродиализ и т. д.

Различают три основные категории сточных вод в зависимости от их происхождения:

- хозяйственно-бытовые;
- производственные;
- атмосферные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды поступают в водоотводящую сеть от жилых домов, бытовых помещений промышленных предприятий, комбинатов общественного питания и лечебных учреждений. В составе таких вод различают фекальные сточные воды и хозяйственные, загрязненные хозяйственными отбросами, моющими средствами. Хозяйственно-бытовые сточные воды всегда содержат большое количество микроорганизмов, которые являются продуктами жизнедеятельности человека, среди которых могут быть и патогенные. Особенностью хозяйственно-бытовых сточных вод является относительное постоянство их

состава. Основная часть органических загрязнений таких вод представлена белками, жирами, углеводами и продуктами их разложения. Неорганические примеси составляют частицы кварцевого песка, глины, соли, образующиеся в процессе жизнедеятельности человека. К последним относят фосфаты, гидрокарбонаты, аммонийные соли (продукт гидролиза мочевины). Из общей массы загрязнений бытовых сточных вод на долю органических веществ приходится 45-58%.

Производственные сточные воды образуются в результате технологических процессов. Качество сточных вод и концентрация загрязняющих веществ определяются: видом промышленного производства и исходного сырья, режимами технологических процессов. Концентрация загрязнений сточных вод различных предприятий неодинакова. Она колеблется в весьма широких пределах, в зависимости от расхода воды на единицу продукции, совершенства технологического процесса и производственного оборудования. Концентрация загрязнений в производственных сточных водах может колебаться во времени и зависит от хода технологического процесса в отдельных цехах или на предприятии в целом. Неравномерность притока сточных вод и их концентрации во всех случаях ухудшает работу очистных сооружений и усложняет эксплуатацию.

Атмосферные сточные воды образуются в результате выпадения осадков. К этой категории сточных вод относят талые воды, а также воды от поливки улиц. В атмосферных водах наблюдается высокая концентрация кварцевого песка, глинистых частиц, мусора и нефтепродуктов, смываемых с улиц города. Загрязнение территории промышленных предприятий приводит к появлению в ливневых водах примесей, характерных для данного производства. Отличительной особенностью ливневого стока является его эпизодичность и резко выраженная неравномерность по расходу и концентрациям загрязнений.

В зависимости от гидрогеологических условий местности, характера производственных процессов в данном регионе, расхода воды на хозяйственно-бытовые и производственные цели, выбирается та или иная система водоотведения и, соответственно, схема водоотводящей сети. Загрязнения хозяйственно-бытовых и производственных стоков влияют на технологию очистки воды и на экологическую ситуацию в данном районе.

1.2. Санитарно-химические показатели загрязнения сточных вод.

Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам санитарно-химического анализа, включающего наряду со стандартными химическими тестами целый ряд физических, физико-химических и санитарно-бактериологических определений.

Сложность состава сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ приводит к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ. Такие показатели называются групповыми или суммарными. Например, определение органолептических показателей (запах, окраска) позволяет избежать количественного определения в воде каждого из веществ, обладающих запахом или придающих воде окраску.

Полный санитарно-химический анализ предполагает определение следующих показателей: температура, окраска, запах, прозрачность, величина рН, сухой остаток, плотный остаток и потери при прокаливании, взвешенные вещества, оседающие вещества по объему и по массе, перманганатная окисляемость, химическая потребность в кислороде (ХПК), биохимическая потребность в кислороде (БПК), азот (общий, аммонийный, нитритный, нитратный), фосфаты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и другие токсичные элементы, поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, растворенный кислород, микробное число, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), яйца гельминтов. Кроме перечисленных показателей, в число обязательных тестов полного санитарно-химического анализа на городских очистных станциях может быть включено определение специфических примесей, поступающих в водоотводящую сеть населенных пунктов от промышленных предприятий.

Температура — один из важных технологических показателей. Функцией температуры является вязкость жидкости и, следовательно, сила сопротивления оседающим частицам.

Поэтому температура - один из определяющих факторов процесса седиментации. Важнейшее значение имеет температура для биологических процессов очистки, так как от нее зависят скорости биохимических реакций и растворимость кислорода в воде.

Окраска - один из органолептических показателей качества сточных вод. Хозяйственно-фекальные сточные воды обычно слабо окрашены и имеют желтовато-буроватые или серые оттенки. Наличие интенсивной окраски различных оттенков — свидетельство присутствия производственных сточных вод.

Запах - органолептический показатель, характеризующий наличие в воде пахнущих летучих веществ. Обычно запах определяют качественно при температуре пробы 20°C и описывают как фекальный, гнилостный, керосиновый, фенольный и т.д. При неясно выраженном запахе определение повторяют, подогревая пробу до 65°C. Иногда необходимо знать пороговое число - наименьшее разбавление, при котором запах исчезает.

Концентрация ионов водорода выражается величиной pH. Этот показатель чрезвычайно важен для биохимических процессов, скорость которых может существенно снижаться при резком изменении реакции среды. Установлено, что сточные воды, подаваемые на сооружения биологической очистки, должны иметь значение pH в пределах 6,5 - 8,5. Производственные сточные воды (кислые или щелочные) должны быть нейтрализованы перед сбросом в водоотводящую сеть, чтобы предотвратить ее разрушение. Городские сточные воды обычно имеют слабощелочную реакцию среды (pH = 7,2-7,8).

Прозрачность характеризует общую загрязненность сточной воды нерастворенными и коллоидными примесями, не идентифицируя вид загрязнений. Прозрачность городских сточных вод обычно составляет 1-3 см, а после очистки увеличивается до 15 см.

Сухой остаток характеризует загрязненность сточных вод органическими и минеральными примесями в различных агрегативных состояниях (в мг/л). Определяется этот показатель после выпаривания и дальнейшего высушивания при $t = 105^\circ\text{C}$ пробы сточной воды. После прокаливания (при $t = 600^\circ\text{C}$) определяется зольность сухого остатка. По этим двум показателям можно судить о соотношении органической и минеральной частей загрязнений в сухом остатке.

Плотный остаток - это суммарное количество органических и минеральных веществ в профильтрованной пробе сточных вод (в мг/л). Определяется при таких же условиях, что и сухой остаток. После прокаливании плотного остатка при $t = 600^\circ\text{C}$ можно ориентировочно оценить соотношение органической и минеральной частей растворимых загрязнений сточных вод. При сравнении прокаленных сухого и плотного остатков городских сточных вод определено, что большая часть органических загрязнений находится в нерастворенном состоянии. При этом минеральные примеси в большей степени находятся в растворенном виде.

Взвешенные вещества - показатель, характеризующий количество примесей, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтровании пробы. Это один из важнейших технологических показателей качества воды, позволяющий оценить количество осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод. Кроме того, этот показатель используется в качестве расчетного параметра при проектировании отстойников. Количество взвешенных веществ - один из основных нормативов при расчете необходимой степени очистки сточных вод. Потери при прокаливании взвешенных веществ определяются так же, как для сухого и плотного остатков, но выражаются обычно не в мг/л, а в виде процентного отношения минеральной части взвешенных веществ к их общему количеству по сухому веществу. Этот показатель называется зольностью. Концентрация взвешенных веществ в городских сточных водах обычно составляет 100 - 500 мг/л.

Оседающие вещества — часть взвешенных веществ, оседающих на дно отстойного цилиндра за 2 ч отстаивания в покое. Этот показатель характеризует способность взвешенных частиц к оседанию, позволяет оценить максимальный эффект отстаивания и максимально возможный объем осадка, который может быть получен в условиях покоя. В городских сточных водах оседающие вещества в среднем составляют 50-75% общей концентрации взвешенных веществ.

Под *окисляемостью* понимают общее содержание в воде восстановителей органической и неорганической природы. В городских сточных водах подавляющую часть восстановителей составляют органические вещества, поэтому считается, что величина окисляемости полностью относится к органическим примесям. Окисляемость - групповой показатель. В зависимости от природы используемого окислителя различают химическую окисляемость, если при определении используют химический окислитель, и биохимическую, когда роль окислительного агента выполняют аэробные бактерии – этот показатель – биохимическая потребность в кислороде – БПК. В свою очередь, химическая окисляемость может быть перманганатной (окислитель KMnO_4), бихроматной (окислитель $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) и иодатной (окислитель KIO_3). Результаты определения окисляемости независимо от вида окислителя выражают в мг/л O_2 . Бихроматную и иодатную окисляемость называют химической потребностью в кислороде или ХПК. Определяя ХПК, можно достаточно полно оценить степень загрязненности воды органическими веществами и возможность присутствие в них промышленных сточных вод.

БПК — кислородный эквивалент степени загрязненности сточных вод биохимически окисляемыми органическими веществами. БПК определяет количество кислорода, необходимое для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении органических соединений. БПК характеризует биохимически окисляемую часть органических загрязнений сточной воды, находящихся в первую очередь в растворенном и коллоидном состояниях, а также в виде взвеси.

Для математического описания процесса биохимического потребления кислорода наиболее часто используют кинетическое уравнение первого порядка. Для вывода уравнения введем ряд обозначений: L_a - количество кислорода, необходимое для окисления всего органического вещества, т.е. $\text{БПК}_{\text{полн}}$ мг/л; L_t - то же, потребленное к моменту времени t , т.е. БПК_t , мг/л; $L_a - L_t$ - то же, остающееся в растворе к моменту времени t , мг/л. В рассматриваемом случае уравнение первого порядка имеет вид:

$$dL_t / dt = K(L_a - L_t) \quad (1.1)$$

После преобразования, интегрирования и введения десятичных логарифмов уравнение будет иметь вид:

$$t = 1/k \lg(\text{БПК}_{\text{полн}}/\text{БПК}_{\text{полн}} - \text{БПК}_t) \quad (1.2)$$

где k - константа скорости потребления кислорода, для городских сточных вод в зависимости от их состава $k = 0,15 - 0,25$.

Для определения $\text{БПК}_{\text{полн}}$ вводят ограничение, по которому процесс биохимического потребления кислорода считается законченным, когда:

$$\text{БПК} = 0,99 \text{ БПК}_{\text{полн}}, \quad (1.3)$$

Следовательно, получим уравнение:

$$t = 1/k \lg(\text{БПК}_{\text{полн}}/\text{БПК}_{\text{полн}} - 0,99\text{БПК}_{\text{полн}}). \quad (1.4)$$

Величина $\text{БПК}_{\text{полн}}$ определяет расход кислорода в процессе биохимического окисления и является важнейшей технологической характеристикой для любого аэробного биоокислителя.

Азот находится в сточных водах в виде органических и неорганических соединений. В городских сточных водах основную часть органических азотистых соединений составляют вещества белковой природы - фекалии, пищевые отходы. Неорганические соединения азота представлены восстановленными – NH_4^+ и NH_3 окисленными формами NO_2^- и NO_3^- Аммонийный азот в большом количестве образуется при гидролизе мочевины - продукта жизнедеятельности человека. Кроме того, процесс аммонификации белковых соединений также приводит к образованию соединений аммония.

В городских сточных водах до их очистки азот в окисленных формах (в виде нитритов и нитратов), как правило, отсутствует. Нитриты и нитраты восстанавливаются группой денитрифицирующих бактерий до молекулярного азота. Окисленные формы азота могут появиться в сточной воде лишь после биологической очистки.

Источником соединений *фосфора* в сточных водах являются физиологические выде-

ления людей, отходы хозяйственной деятельности человека и некоторые виды производственных сточных вод.

Концентрации азота и фосфора в сточных водах - важнейшие показатели санитарно-химического анализа, имеющие значение для биологической очистки. Азот и фосфор - необходимые компоненты состава бактериальных клеток. Их называют биогенными элементами. При отсутствии азота и фосфора процесс биологической очистки невозможен.

Хлориды и сульфаты - показатели, концентрация которых влияет на общее солесодержание.

В группу тяжелых металлов и других токсичных элементов входит большое число элементов, которое по мере накопления знаний о процессах очистки все более возрастает. К токсичным тяжелым металлам относятся: железо, никель, медь, свинец, цинк, кобальт, кадмий, хром, ртуть; к токсичным элементам, не являющимся тяжелыми металлами, - мышьяк, сурьма, бор, алюминий и т.д. Источник тяжелых металлов - производственные сточные воды машиностроительных заводов, предприятий электронной, приборостроительной и других отраслей промышленности. В сточных водах тяжелые металлы содержатся в виде ионов и комплексов с неорганическими и органическими веществами.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) - органические соединения, состоящие из гидрофобной и гидрофильной частей, которые обуславливают их растворение в маслах и в воде. Примерно 75% общего количества производимых СПАВ приходится на долю анионоактивных веществ, второе место по выпуску и использованию занимают неионогенные соединения. В городских сточных водах определяют СПАВ этих двух типов.

Нефтепродукты - неполярные и малополярные соединения, экстрагируемые гексаном. Концентрация нефтепродуктов в водоемах строго нормируется, и поскольку на городских очистных сооружениях степень их задержания не превышает 85%, в поступающей на станцию сточной воде также ограничивается содержание нефтепродуктов.

Растворенный кислород в поступающих на очистные сооружения сточных водах отсутствует. В аэробных процессах концентрация кислорода должна быть не менее 2 мг/л.

Санитарно-бактериологические показатели включают: определение общего числа аэробных сапрофитов (микробное число), бактерий группы кишечной палочки и анализ на яйца гельминтов.

Микробное число оценивает общую обсемененность сточных вод микроорганизмами и косвенно характеризует степень загрязненности воды органическими веществами - источниками питания аэробных сапрофитов. Этот показатель для городских сточных вод колеблется в пределах $10^6 - 10^8$.

1.3. Влияние сточных вод на водоем.

Самоочищающая способность водоема зависит от условий смещения и разбавления сточных вод водой водоемов. Для удовлетворения санитарных требований устанавливают предельно допустимый сброс (ПДС) лимитирующих веществ в целях ограничения поступления загрязнений в водоем со сточными водами.

Уравнение материального баланса имеет вид:

$$\frac{qC_{ст.нр}}{ПДС} + \frac{QC_{ф}}{Фон} = \frac{C_{нр}(q + aQ)}{\text{Нормативное состояние водоема}}, \quad (1.5)$$

где q , Q - расход сточных и речных вод, $м^3/ч$; $C_{ст.нр}$, $C_{ф}$ - концентрация лимитирующего вещества соответственно для нормативно-очищенной сточной воды и в реке выше места выпуска, $г/м^3$; $C_{нр}$ - предельно допустимая концентрация в воде в зависимости от вида водопользования, $г/м^3$; a - коэффициент смешения, доли единицы.

Коэффициент смешения a находят:

$$a = \left(1 - e^{-\alpha^3 \sqrt{L_{ф}}}\right) / \left(1 + (Q/q)e^{-\alpha^3 \sqrt{L_{ф}}}\right), \quad (1.6)$$

где e - основание натуральных логарифмов; $L_{ф}$ - расстояние до расчетного створа по

форватеру, м.

Значение α находят по формуле:

$$\alpha = \varphi \xi \sqrt{D / q}, \quad (1.7)$$

где φ - коэффициент извилистости реки; ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска (при береговом выпуске $\xi = 1$, при фарватерном - $\xi = 1,5$); D - коэффициент турбулентной диффузии, м/с; q - расход сточных вод, м³/с.

Коэффициент извилистости φ определяют по формуле:

$$\varphi = L_{\varphi} / L, \quad (1.8)$$

где L - длина до расчетного створа по прямой, м.

Коэффициент турбулентной диффузии (для равнинных рек) D находят по формуле:

$$D = \frac{v_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (1.9)$$

где v_{cp} - средняя скорость течения реки, м/с; H_{cp} - средняя глубина реки на участке между выпуском и расчетным створом, м.

Теоретически расстояние от выпуска сточных вод до створа полного смешения равно бесконечности, поэтому значение коэффициента a , равное 1, на практике не встречается. Для практических расчетов следует определять расстояние до створа достаточно полного смешения, для которого, $a = 0,95; 0,9$, т.е. в котором сточная вода смешивается с 95 или 90% расхода воды реки.

Взаимосвязь протяженности загрязненной струи до расчетного створа $l_{см}$ и коэффициента смешения устанавливается формулой:

$$l_{см} = \left[\frac{2,3}{\alpha} \cdot \lg \frac{aQ + q}{(1-a)q} \right]^3. \quad (1.10)$$

При определении в проточных водоемах кратности разбавления n в расчетных створах пользуются формулой:

$$n = (aQ + q) / q. \quad (1.11).$$

4.1.4. Условия сброса сточных вод в городскую водоотводящую сеть.

При расположении промышленного предприятия в черте города или вблизи него, загрязненные производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Для предотвращения нарушения технологического процесса биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, сбрасываемые воды должны удовлетворять определенным требованиям. Основные из них сводятся к следующему:

- производственные сточные воды не должны быть агрессивными по отношению к материалам водоотводящих сетей и сооружений, не должны содержать примеси такой крупности и такого удельного веса, которые могли бы засорять водоотводящую сеть города;
 - в производственных сточных водах не должно быть горючих примесей – бензина, нефтепродуктов, эфиров, а также растворенных газообразных веществ, которые могли бы образовывать взрывоопасные смеси или ингибировать процессы биологической очистки городских сточных вод;
 - температура смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод не должна превышать 40°C;
 - сбрасываемые в городскую водоотводящую сеть сточные воды не должны содержать бактерий, попадающих с продуктами выработки вакцин и сывороток;
 - средние значения pH не должны превышать значений 6,5-7;
 - производственные сточные воды, не отвечающие предъявляемым им требованиям, подвергаются предварительной очистке на соответствующих локальных установках.
- Общие требования к производственным сточным водам, поступающим в городскую

водоотводящую сеть, представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Общие требования к производственным сточным водам, поступающим в городскую водоотводящую сеть.

Показатель состава и свойств сточных вод	Единица измерения	Предельно допустимая концентрация (ПДК)
Взвешенные вещества	мг/л	500
Зольность взвешенных веществ	%	30
БПК _{полн.}	мг/л	500
ХПК	мг/л	800
рН		6,5-8,5
Температура	°С	40
Порог цветности	мг/л	1/16
Плотный остаток	мг/л	2000
Хлориды	мг/л	350
Сульфаты	мг/л	500
Эфирулавливаемые вещества		20
Дополнительно для г. Москвы:		
Cr ³⁺	мг/л	1
Cr ⁶⁺	мг/л	0,1
Pb	мг/л	0,1
As	мг/л	0,05
Hg	мг/л	0,005
Al	мг/л	1

Особое внимание уделяется производственным сточным водам, имеющим радиоактивные элементы. В водоотводящую сеть города не разрешается сброс таких стоков. Не разрешен также сброс биологически «жестких» поверхностно-активных веществ и СПАВ.

1.5. Условия сброса сточных вод в водоем.

Многообразие количества и качества сточных вод, как производственных, так и хозяйственно-бытовых, определяет выбор системы водоотведения и схемы водоотводящих сетей, и, соответственно, методы очистки.

Санитарная характеристика водоема составляется на основании санитарно-топографического обследования. При этом учитываются также санитарные условия водообеспечения населенных мест. На основании таких обследований составлены показатели качества воды источников водопользования. Они разделяются на три класса (табл. 4.2).

По своему назначению водные источники делятся на рыбохозяйственные и хозяйственно-бытовые и культурно-бытовые.

Рыбохозяйственные объекты в свою очередь подразделяются на две категории. К первой относят объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду. Ко второй – все водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При выпуске очищенных сточных вод в водоем необходимо учитывать категорию водного объекта и ПДК вредных загрязнений. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентированы «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами» для трёх видов водных источников.

В соответствии с правилами запрещается спуск в водоемы сточных вод, которые могут быть устранены путем перехода на безводное производство или путем повторного и оборотного использования.

Правила устанавливают нормативы качества воды водоемов по категориям водопользования: к первой категории относятся участки водоемов, используемые в качестве источни-

ка для централизованного или нецентрализованного питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности. Ко второй – участки водоемов, используемых для спорта и отдыха населения.

Таблица 1.2. Показатели качества воды по классам при водопользовании

Определяемые показатели	Показатели качества воды по классам		
	1-й	2-й	3-й
I. Подземные источники			
Мутность, мг/л	1,5	1,5	10
Цветность, град.	20	20	50
Водородный показатель рН	6-9	6-9	6-9
Железо, мг/л	0,3	10	20
Марганец, мг/л	0,1	1	2
Сероводород, мг/л	0	3	10
Фтор, мг/л	1,5-0,7	1,5-0,7	5
Окисляемость перманганатная, мг/л O ₂	2	5	15
Число бактерий группы кишечной палочки (БГКП), количество в 1 л	3	100	1000
II. Поверхностные источники			
Мутность, мг/л	20	1500	10000
Цветность, град.	35	120	200
Запах, балл	2	3	4
Водородный показатель, рН	6,5-8,5	6,5-8,5	605-8,5
Железо, мг/л	1	3	5
Марганец, мг/л	0,1	1	2
Фитопланктон, мг/л	1	5	50
Клостридии, количество в 1 см ³	1000	100000	100000
Окисляемость перманганатная, мг/л O ₂	7	15	20
БПК полн., мг/л	3	5	7
Число лактозо-положительных кишечных палочек (ЛКП), количество в 1 л	1000	10000	50

Приведенные в правилах нормативы качества воды в водоемах относятся к створам, расположенным на проточных участках на 1 км выше ближайшего пункта водопользования, на непроточных участках и водохранилищах – к створам в 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Уточнение категорий водоемов или их участков производится при участии органов санитарно-эпидемиологической службы и рыбохозяйственных организаций. Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах и водотоках соответствующих категорий после выпуска в них сточных вод, подвергшихся необходимой очистке, приведены в табл. 4.3.

Требования к выпуску сточных вод в море соответствуют нормативам приема очищенных сточных вод во внутренние водотоки и водоемы. Однако, имеются и некоторые особенности. Согласно «Правилам санитарной охраны прибрежных вод морей», при разработке соответствующих проектов учитываются границы района морского водопользования населения по береговой линии. В сторону моря она принимается не менее 2 км от береговой линии, далее на 10 км в обе стороны от границ района водопользования по берегу и в сторону моря. Предусматривается первый пояс санитарной охраны. В границах района водопользования сброс очищенных промышленных и бытовых сточных вод, включая судовые, запрещается.

Таблица 1.3. Допустимые изменения состава воды в водоемах и водотоках после выпуска в них очищенных сточных вод.

Показатели состава и свойств воды в водоеме после выпуска сточных вод	Требования к составу и свойствам воды в водоеме			
	Категории хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Категории рыбохозяйственного назначения	
	I	II	I	II
Содержание взвешенных веществ	Допускается увеличение не более чем на			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания на 5% (взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются).			
Пленки нефтепродуктов, масел, жиров и других плавающих примесей	Не допускаются			
Запахи, привкусы и окраска	Допускаются запахи и привкусы интенсивностью не более 2 баллов (непосредственно или после хлорирования воды). Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой		Посторонние запахи, привкусы и окраска воды, влияющие на мясо рыб, не допускаются.	
	20 см	10 см		
Температура воды	Допускается повышение не более чем на 3°С по отношению к среднемесячной температуре самого жаркого месяца.		Допускается повышение не более чем на 5°С к естественной температуре воды (при наличии холодноводных рыб – лососевые, сиговые – общая температура воды не должна превышать 20°С летом и 5°С зимой; в остальных случаях – 28°С и 8°С).	
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5			
Минеральный состав воды	Сухой остаток должен быть не более 1000 мг/л (в том числе хлориды до 300 и сульфаты до 100 мг/л).		Не нормируется	
Наличие растворенного кислорода	Должно быть не менее 4 мг/л	Должно быть не менее 6 мг/л	Зимой под льдом должно быть не менее 4 мг/л, летом – не менее 6 мг/л	
Биохимическая потребность в	Не должна превышать			

кислороде – БПК _{полн} при температуре 20°C	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л (если в зимний период содержание кислорода в воде снижается для водоемов I категории до 6 мг/л, II категории до 4 мг/л, то разрешается только сброс воды, не влияющий на БПК).
Возбудители заболеваний	Не допускаются (после обеззараживания биологически очищенных вод коли-индекс не должен превышать 1000 при содержании остаточного хлора 1,5 мг/л).	-	
Токсичные вещества	Не допускаются в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное воздействие на живые организмы.		

Спуск сточных вод, содержащих радиоактивные вещества, в хозяйственно-бытовую систему водоотведения регламентируется «Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений».

Для неидентифицированной смеси радиоактивных веществ, содержащих α -, β - и γ -излучения, ПДК составляет $3 \cdot 10^{-11}$ кюри/л.

Радиоизотопы являются биологически-активными в микроколичествах. Они способны избирательно накапливаться на различных субстратах животного и растительного происхождения. Поэтому запрещается спуск сточных вод, содержащих радиоактивные элементы, в водоемы, предназначенные для разведения рыбы и водоплавающей птицы. Спуск сточных вод в непроточные водоемы, моря или водохранилища в последнее время стал чаще встречаться в санитарной практике. Этот вопрос недостаточно изучен в отношении разбавления и самоочищения и поэтому для возможности выпуска сточных вод в такие водоемы необходимо научное обоснование условий спуска сточных вод.

Условия спуска сточных вод в водоемы, изложенные в «Правилах» распространяются на все объекты водоотведения, независимо от их ведомственной принадлежности, при обязательном согласовании с органами государственного санитарного надзора и рыбоохраны.

1.6. Определение необходимой степени очистки сточных вод

Технологические расчеты необходимой степени очистки сточных вод базируются на уравнении материального баланса (см. ф-лу 1.5).

Определение необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ. Допустимое содержание взвешенных веществ m в спускаемых в водоем сточных водах определяется по уравнению (в соответствии с санитарными правилами):

$$aQb + qm = (aQ + q)(b + p), \quad (1.12)$$

откуда

$$m = p(aQ/q + 1) + b, \quad (1.13)$$

где b – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, г/м³; p

– допустимое по санитарным правилам увеличение содержания взвешенных веществ в воде после спуска сточных вод (в зависимости от вида водопользования), г/м³; Q , q – расходы соответственно речных и сточных вод, м³/сут.

Необходимую степень очистки по взвешенным веществам, в %, определяют по формуле:

$$D_g = 100 (C - m)/C, \quad (1.14)$$

Рис. 1.1. Схема изменения кислородного баланса: 1 – степень потребления кислорода без реаэрации; 2 – процесс реаэрации; 3 – процесс реаэрации 7); А – критическая точка максимального дефицита кислорода; В – точка максимальной скорости восстановления кислорода.

Существует ряд способов определения допустимой нагрузки сточных вод на водоем по содержанию кислорода. Наиболее простой основан на учете поглощения сточными водами только того растворенного кислорода, который подходит с речной водой к месту спуска сточных вод. При этом считают, что если концентрация в речной воде растворенного кислорода не станет ниже 4 мг/л в течение двух суток, то это снижение не произойдет и в дальнейшем. Это условие выражено уравнением:

$$aQO_p - (aQL_p + qL_{cm}) \cdot 0,4 = (aQ + q) \cdot 4, \quad (1.18)$$

где O_p – содержание растворенного кислорода в речной воде до места спуска сточных вод, г/м³; aQ – расчетный расход речной воды м³/с, участвующий в смешении; q – расход сточных вод, м³/с; L_p и L_{cm} – БПК_{полн.} соответственно речной и сточной воды, г/м³; 0,4 – коэффициент для пересчета БПК_{полн.} в двухсуточное; 4 – наименьшая концентрация растворенного кислорода, которая должна сохраниться в воде водоема, г/м³.

Таким образом, приведенное выше уравнение составлено из условия, что весь наличный запас растворенного кислорода должен быть израсходован на окисление органического загрязнения речной и сточной воды. В результате концентрация растворенного кислорода в общей смеси должна быть равна или 4, или 6 мг/л. Допустимая концентрация сточных вод при этом условии будет равна

$$L_{cm} = (2,5aQ/q) \cdot (O_p - 0,4L_p - 4) - 10 \quad (1.19)$$

Второй способ расчета позволяет учитывать процессы поглощения кислорода сточными водами из речной воды и поверхностную реаэрацию. При расчете кислородного баланса по этому способу, кроме указанных выше величин, учитывают среднюю скорость движения воды в водоеме, температуру воды в реке в расчетный период, константы скорости биохимического поглощения кислорода и скорости поверхностной реаэрации. Расчет кислородного режима будет более точным в том случае, если все указанные величины определяются прямым путем. В этом случае в водоеме создается более напряженный кислородный режим, уточняется критическое время от начала процесса, когда дефицит кислорода достигает максимума. При этом величина L_a является средней и устанавливается по формуле:

$$L_a = (L_p aQ + L_{cm} q) / (aQ + q), \quad (1.20)$$

где L_a – БПК_{полн.} в начальный момент процесса потребления кислорода, мг/л.

Определение необходимой степени очистки по температуре воды водоема. Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет поступающих в водоем сточных вод по уравнению

$$T_{cm} = (aQ/q + 1) / T_d + T_p, \quad (1.21)$$

где T_{cm} – температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды в створе пункта водопользования; T_p – максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время; T_d – допустимое повышение (не более чем на 3°C) температуры воды водоема.

Определение необходимой степени разбавления по запаху, окраске, и привкусу. В тех случаях, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах сточных вод исчезают, достаточно сравнение величины разбавления, которое возможно у расчетного створа. Это необходимо для того, чтобы решить вопрос о необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед их спуском в водоем.

Определение необходимой степени очистки по изменению активной реакции воды. При решении вопроса о спуске кислых или щелочных сточных вод необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема. Вода водоемов содержит гидрокарбонаты кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, обуславливающие ее бикарбонатную жесткость. Кислоты, поступающие в водоем с производственными сточными водами, взаимодействуют с гидрокарбонатами. При этом их содержание в воде уменьшается, а концентрация свободной угольной кислоты увеличивается.

Определение необходимой степени очистки по общесанитарному показателю вредности. При определении необходимой степени очистки сточных вод по санитарно-токсикологическому, общесанитарному и органолептическому показателям вредности, пользуются уравнением материального баланса (4.5). При этом установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) на данные вещества и показатели. Полученное по этой формуле значение $C_{ст.}$ характеризует концентрацию загрязнения сточных вод, которая должна быть достигнута в процессе очистки воды. Эти расчеты позволяют определить необходимую степень очистки сточных вод, разработать технологическую схему процесса обезвреживания и установить предельно допустимый сброс (ПДС) загрязнений при спуске сточных вод в водоем.