

КАЧЕСТВО ПРИРОДНЫХ ВОД

Природный состав речных вод формируется под воздействием климатических и аazonальных факторов. Климат оказывает прямое воздействие на химический состав природных вод через осадки и испарение и косвенное – через почву, растительность и рельеф [6]. Аazonальные факторы являются основными при формировании качественного состава вод малых рек. Местные условия формирования стока определяют состав наносов, растворенных веществ различной природы, биологических компонентов, а также потока тепла и энергии, которые фиксируются в русловой сети [173].

Интенсивная хозяйственная деятельность, осуществляемая в бассейнах малых рек, оказывает на них отрицательное воздействие. Оно проявляется в изменении величины и режима стока, нарушении гидрохимического режима, их заилении и обмелении, ухудшении качества воды [96].

Для малых рек характерна незначительная самоочищающая способность. Сложность и разнообразие процессов естественного самоочищения природных вод, их значимость и сущность обуславливаются как многообразием загрязняющих веществ, так и специфическими особенностями водотоков. Среди неблагоприятных факторов, влияющих на процессы самоочищения, особое значение имеет химическое загрязнение водоемов промышленными стоками, биогенными элементами (азотом, фосфором и др.), которое тормозит естественные окислительные процессы, убивает микроорганизмы. Скорость самоочищения водоема и разложения углеродсодержащих соединений зависит от температуры, доступа кислорода, питательного режима водной среды, т. е. от тех факторов, которые определяют ее микробиологическую активность.

3.1. Показатели качества поверхностных вод

Качество поверхностных вод определяется их химическим составом, складывающимся под влиянием двух факторов: природного и антропогенного. К первому фактору относятся почвообразующие породы, рельеф, климат, живые организмы, растительность, водный режим, гидрогеологические условия. Совокупность перечисленных характеристик определяет естественные (фоновые) гидрохимические показатели водотока, а антропогенный фактор включает все виды человеческой деятельности, изменяющие действия природных факторов,

и определяет гидрохимическое состояние водотока в зависимости от развития производительных сил в бассейне реки.

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят газы, минеральные и органические вещества, находящиеся в растворенном и взвешенном состояниях, а также микроорганизмы. В виде ионов, недиссоциированных молекул, коллоидных и взвешенных частичек в природных водах содержится свыше 50 элементов, однако только некоторые из них встречаются в значительных количествах.

Качество природных водных источников определяется по наличию в воде веществ неорганического и органического происхождения, а также микроорганизмов и характеризуется различными физическими, химическими, бактериологическими и биологическими показателями.

К *физическим* показателям воды относятся: температура, запах, вкус, мутность, цветность, электропроводимость.

Химическими показателями качества воды являются: общее количество растворенных веществ, или сухой остаток, прокаленный остаток, активная реакция, или рН воды, окисляемость, щелочность, содержание газов, наличие азотосодержащих соединений, хлоридов, сульфатов, железа, марганца, кальция, магния, некоторых ядовитых и радиоактивных веществ.

Бактериологические, или санитарные, показатели характеризуют общую бактериальную загрязненность воды, а также содержание в ней бактерий кишечной палочки (бактерий *coli*).

Биологические показатели определяют наличие водных организмов, находящихся на поверхности (планктон) и в толще (нейстон) воды или располагающихся у дна водоема, берегов и на поверхности подводных предметов (бентос).

Органические вещества. Показателем количества и качественного состава органических веществ является цветность воды и ее окисляемость (бихроматная, перманганатная). Величины цветности и окисляемости воды тесно связаны с характером распространения торфяно-болотных и заболоченных почв и лесных массивов. Они, как правило, увеличиваются с увеличением заболоченности и облесенности водосборов. Воды с повышенными и высокими значениями цветности и окисляемости характерны главным образом для заболоченных и облесенных водосборов бассейнов рек.

Максимальные значения цветности и окисляемости воды наблюдаются в период летне-осенних паводков и весеннего половодья, чаще на его спаде. В период устойчивой низкой межени с уменьшением поверхностного и увеличением грунтового питания рек цветность и окисляемость воды достигают минимальных величин. Однако в отдельные годы на водосборах с преобладанием торфяно-болотных почв максимальные значения цветности могут наблюдаться и в период зимней межени. В этот период, при наличии сплошного мощного ледяного покрова в речных водах с большим содержанием органических веществ в результате протекающих процессов окисления органических

3. КАЧЕСТВО ПРИРОДНЫХ ВОД

веществ, могут наблюдаться заморы рыбы. Существенно изменяется содержание органических веществ и в разные годы. Как правило, при повышении водности года содержание органических веществ в воде рек и водоемов увеличивается.

Растворенный кислород в поверхностные водные источники поступает из атмосферного воздуха, а также образуется в результате фотосинтеза водорослями. Содержание O_2 в воде уменьшается вследствие протекания процессов окисления органических веществ и потребления его живыми организмами при дыхании. Резкое уменьшение содержания O_2 в воде по сравнению с нормальным свидетельствует об ее загрязнении.

Зимой содержание органических веществ в природных водах минимальное, однако в период половодья и паводков, а также летом в период массового развития водорослей – «цветения» водоемов – оно повышается.

Присутствие в природных водах легко окисляемых органических веществ идентифицируется величиной биологического потребления кислорода за 5 сут. (BPK_5), фоновое значение которой принимается равной $1,2-2,0$ мг/дм³, а для рек со значительным болотным питанием составляет $2,0-2,5$ мг/дм³. В условиях техногенеза содержание органических веществ в речных водах повышается, что приводит к росту величины BPK_5 , значение которой выше предельно допустимой концентрации (ПДК) ($3,0$ мг/дм³) свидетельствует о загрязнении вод. Данный показатель чутко реагирует на уровень загрязнения водных объектов, его величина в диапазоне $3,00-3,90$ мг O_2 /дм³ идентифицирует, как правило, загрязненные воды, а в пределах $4,00-10,0$ мг O_2 /дм³ – грязные [39].

Оценка качества поверхностных вод проводится с использованием ПДК, установленных для водных объектов рыбохозяйственного назначения, и экологических показателей (BPK_5 и концентрация аммоний-иона, концентрации фосфат-ионов и нитрат-ионов в реках, содержание фосфат-ионов и азота общего по Кьельдалю в озерах), установленных приказом Минприроды от 19.01.2011 г. №18-ОД «О реализации Концепции национальной безопасности Республики Беларусь». С 2014 г. введены в действие ТКП 17.06-10-2013 (02120) «Правила обеспечения миграции рыб семейства лососевых и создания оптимальных условий для их воспроизводства на реках Республики Беларусь»,

Таблица 3.1. Классификация качества воды по гидрохимическим показателям

Величина ИЗВ	Класс качества	Категория качества
Менее или равно 0,3	I	Чистые
Более 0,3–1,0	II	Относительно чистые
Более 1,0–2,5	III	Умеренно загрязненные
Более 2,5–4,0	IV	Загрязненные
Более 4,0–6,0	V	Грязные
Более 6,0–10,0	VI	Очень грязные
Более 10,0	VII	Чрезвычайно грязные

которые устанавливают более строгие значения отдельных ПДК для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула и миграции видов рыб отряда лососеобразных.

Качество поверхностных вод определяют путем анализа большого объема гидрохимических данных (табл. 3.1), расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ).

Расчет ИЗВ производится с использованием среднегодовых концентраций шести показателей: растворенного кислорода, легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), аммоний-иона, нитрит-иона, фосфат-иона и нефтепродуктов по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (3.1)$$

где C_i – концентрация i -го показателя, ПДК_i – предельно допустимая концентрация по i -му показателю.

Наличие в воде *взвешенных веществ* свидетельствует о ее загрязненности твердыми неорганическими примесями – частичками глины, песка, ила, водорослей, и другими веществами минерального или органического происхождения. Наименьшая мутность водоемов наблюдается зимой, когда они покрыты льдом, наибольшая – весной в период паводка. Повышение мутности воды может быть вызвано выделением некоторых карбонатов, гидроксидов алюминия, марганца, высокомолекулярных органических примесей гумусового происхождения, появлением фито- и зоопланктона, окислением соединений железа (II) кислородом воздуха, сбросом неочищенных производственных сточных вод и другими причинами.

В природных водах существует семь основных ионов. О. А. Алекин предложил классифицировать природные воды, деля их на три больших класса: гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные.

Каждый класс по преобладающему катиону (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) делят на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую. В свою очередь, в группах различают три типа вод, определяемых следующими соотношениями: I – $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; II – $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$; III – $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.

Могут встречаться случаи, когда каких-либо ионов имеется одинаковое количество, тогда класс воды определяется по этим ионам, например, сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридные и т. д.

Степень минерализации воды определяется по сумме выраженных в г/дм³ ионов $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$. По содержанию солей вода может быть: очень малой минерализации – менее 0,1 г/дм³; малой минерализации – 0,1–0,2; средней минерализации – 0,2–0,5; повышенной минерализации – 0,5–1,0; высокой минерализации – более 1,0 г/дм³.

Степень пригодности воды для питья может оцениваться по следующей шкале: при минерализации до 600 мг/дм³ – хорошая вода, при минерализации

3. КАЧЕСТВО ПРИРОДНЫХ ВОД

600–1000 мг/дм³ – удовлетворительная и при минерализации 1000–1500 мг/дм³ – допустимая для питья. Оценку пригодности воды для водопоя животных можно производить по этим же нормам. Однако, по мнению некоторых исследователей, общая минерализация при этом может быть повышена [161].

Ионы Ca²⁺ и Mg²⁺ присутствуют во всех минерализованных водах. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов, присутствие которых в воде обуславливает жесткость воды.

Жесткость воды измеряют количеством мг-экв/дм³ Ca²⁺ и Mg²⁺ (1 мг-экв/дм³ равен 2,8 немецких градуса). Общую жесткость воды подразделяют на *устраняемую и постоянную*, которая, в свою очередь, разделяется на *остаточную и неустраняемую*. По величине общей жесткости различают следующие категории природных вод: вода очень мягкая (жесткость менее 1,5 мг-экв/дм³), мягкая (1,5–3,0 мг-экв/дм³), умеренно жесткая (3,0–6,0 мг-экв/дм³), жесткая (6,0–9,0 мг-экв/дм³) и очень жесткая (жесткость более 9,0 мг-экв/дм³).

Жесткость воды в поверхностных источниках тесно связана с минерализацией. С увеличением минерализации увеличивается и общая жесткость воды. Величина минерализации изменяется в разные сезоны года, что в значительной степени зависит от характера питания реки в конкретный момент.

Использование жесткой воды в промышленности и для коммунально-бытовых целей приводит к перерасходу топлива и химических добавок (мыла, красителей, соды и др.), ухудшению качества продукции, снижению надежности и экономичности работы технологического оборудования, а также к другим нежелательным последствиям.

Присутствие значительных количеств *азотистых соединений* (нитритов и нитратов) является одним из показателей загрязнения вод. Поэтому изучение естественного фона нитритов является одним из условий правильной оценки санитарного состояния рек и водоемов.

Нитраты, являясь конечным продуктом сложного процесса минерализации органического вещества, содержатся в речных водах в количествах, значительно больших чем NO₃⁻. В сезонном распределении нитратов имеется более или менее четкая закономерность. Максимальное содержание NO₃⁻, как правило, наблюдается в период зимней межени. Однако эта закономерность в отдельные годы нарушается. Максимальные и минимальные значения нитратов могут наблюдаться в другие фазы гидрологического режима.

Рост в поверхностных водах содержания нитратного азота имеет негативные последствия для речных систем, так как является одним из основных элементов эвтрофирования водоемов и водотоков.

Поступление азота в поверхностные воды связано с процессами минерализации органического вещества, в результате которых образуются аммонийные, нитратные и нитритные соединения, которые в естественных условиях в силу своей высокой миграционной способности, как правило, в речных водах не накапливаются. Нарушение природного биогеохимического цикла азота

проявляется, в частности в увеличении в водах содержания аммонийного и нитритного азота.

Агрессивность воды. Под агрессивным действием воды подразумевается ее способность разрушать различные строительные материалы вследствие воздействия на них растворенных солей и газов или выщелачивания их составных частей. Различают следующие виды агрессивности: выщелачивающую, общекислотную, углекислую, сульфатную и магниезальную. Агрессивность выщелачивания свойственна мягким водам и особенно сильно проявляется в период весеннего половодья.

Общекислотная агрессивность определяется содержанием в воде ионов водорода (величиной рН), и она тем выше, чем ниже величина рН. В речных водах области величина рН ниже 6,8 наблюдается редко. Более низкие значения рН встречаются обычно в зимнюю межень и в период прохождения пика половодья.

Частным случаем общекислотной агрессивности является углекислая, при которой разрушение бетона происходит под действием агрессивной CO_2 . Этот вид агрессивности встречается в природных условиях наиболее часто. В период весеннего половодья и летне-осенних паводков значение агрессивной CO_2 колеблется в пределах 1–12 мг/дм³, достигая местами 19 мг/дм³.

Решение вопроса о степени агрессивности воды следует производить в каждом конкретном случае особо, исходя из ее химического состава, особенностей конструкции и условий работы сооружения, руководствуясь инструкцией по проектированию.

Водородный показатель (рН) характеризует активность и концентрацию ионов водорода в воде. Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, протекающих в природных водах: от водородного показателя зависят развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, степень агрессивности воды по отношению к бетону и металлам.

Реакция воды при рН: 3,0...5,0 – кислая; 5,0...6,5 – слабокислая; 6,5...7,5 – нейтральная; 7,5...8,5 – слабощелочная; 8,5...9,5 – щелочная; более 9,5 – сильнощелочная.

В реках и водоемах нитраты и фосфаты являются питательными веществами для фитопланктона и высшей водной растительности. Содержанием этих соединений в поверхностных водах определяется потенциальная продуктивность водоемов. Территориальные и сезонные изменения этих соединений необходимы для рыбозаведения.

3.2. Качество поверхностных вод рек бассейна

Химический состав природных вод закономерно отражает условия, в которых они формируются и существуют, т. е. определяется климатом региона, его почвенно-растительными условиями, геоморфологическими и гидрогеологическими особенностями. В естественных условиях на территории Бела-