

4. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

4.1. Показатели качества природных вод

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 ней веществ неорганического и органического происхождения, а также микроорганизмов и характеризуются различными физическими, химическими, бактериологическими и биологическими факторами.

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 pH 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. В речных водах области цветность изменяется в весьма широких пределах – от 5...50 до 75...314°. В больших пределах колеблется и окисляемость речных вод, которая в большинстве случаев увеличивается с увеличением цветности воды. Бихроматная окисляемость изменяется по территории от 4 до 155 мг $O_2/дм^3$, а перманганатная – от 2 до 46 мг $O_2/дм^3$, составляя 15...95 % бихроматной окисляемости. 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 значени-

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

Растворенный кислород в 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 о 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 суток (БПК₅), 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 БПК₅, значение которой выше предельно допустимой концентрации (ПДК) (3,0 мг/дм³) свидетельствует о загрязнении вод. Речные воды области характеризуются низким уровнем загрязнения органическими веществами, их усредненные значения по бассейнам основных рек колеблются от 0,8...1,8 ПДК.

При выявлении уровней загрязненности поверхностных вод различными химическими веществами приоритет отдают рыбохозяйственным нормативам, так как предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, принятые для водных объектов рыбохозяйственного назначения, предъявляют более жесткие требования к химическому составу природных вод.

Качество поверхностных вод устанавливают по индексу загрязненности вод (ИЗВ), которому соответствует 7 классов в разной степени загрязненных вод (таблица 4.1) [Природная ..., 2002].

Таблица 4.1. Критерии классификации поверхностных вод по их качеству

Класс качества воды	Качественная характеристика	Величина ИЗВ
I	Очень чистая	менее или равно 0,3
II	Чистая	более 0,3 до 1,0
III	Умеренно загрязненная	более 1,0 до 2,5
IV	Загрязненная	более 2,5 до 4,0
V	Грязная	более 4,0 до 6,0
VI	Очень грязная	более 6,0 до 10,0
VII	Чрезвычайно грязная	более 10,0

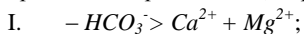
ИЗВ рассчитывается как 1/6 суммы средней концентрации по отношению к ПДК по следующим шести показателям: растворенный кислород, биологическое потребление кислорода (БПК₅), азот аммонийный, азот нитритный, нефтепродукты и цинка. [Государственный водный кадастр..., 2000].

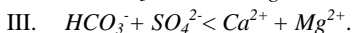
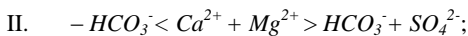
Наличие в воде *взвешенных веществ* свидетельствует о ее загрязненности твердыми неорганическими примесями – частичками глины, песка, ила, водорослей и другими веществами минерального или органического происхождения. Наименьшая мутность водоемов наблюдается зимой, когда они покрыты льдом, наибольшая – 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 большинстве случаев природные воды Брестской области содержат ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Катионы H^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} и анионы OH^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , F^- в природной воде встречаются в незначительных количествах, однако, их влияние на свойства и качество воды иногда также очень велико.

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

Каждый класс по преобладающему катиону (Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ , K^+ .) делят на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую. В свою очередь, в группах различают три типа вод, определяемых следующим соотношением:





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

По содержанию ионов (солей) в воде определяют общую степень ее минерализации. Степень минерализации воды определяется по сумме ионов $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ выраженных в $\text{г}/\text{дм}^3$. По степени минерализации ($\text{г}/\text{дм}^3$) воду делят на:

- очень малой минерализации менее 0,1;
- малой минерализации 0,1...0,2;
- средней минерализации 0,2...0,5;
- повышенной минерализации 0,5...1,0;
- высокой минерализации более 1,0.

Степень пригодности воды для питья может оцениваться по следующей шкале: при минерализации до $600 \text{ мг}/\text{дм}^3$ — хорошая вода, при минерализации 600 — $1000 \text{ мг}/\text{дм}^3$ — удовлетворительная и 1000 ... $1500 \text{ мг}/\text{дм}^3$ — 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 [Ресурсы..., 1966]. Содержание солей в реках составляет 191 ... $298 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что позволяет отнести их к водным источникам со средней степенью минерализации.

Ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} 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 $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$ Ca^{2+} и Mg^{2+} ($1 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$ равен 2,8 немецких градуса). Общую жесткость воды подразделяют на *устраняемую* и *постоянную*, которая в свою очередь разделяется на *оставшуюся* и *неустраняемую*. По величине общей жесткости различают следующие категории природных вод: вода очень мягкая (жесткость меньше $1,5 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$), мягкая ($1,5$... $3 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$), умеренно жесткая (3 ... $6 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$), жесткая (6 ... $9 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$) и очень жесткая (жесткость больше $9 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$).

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 NO_3^- . Их содержание колеблется в пределах от 0 до $3,0 \text{ мг/дм}^3$, а на некоторых водосборах достигает $5...10 \text{ мг/дм}^3$. В сезонном распределении нитратов имеется более или менее четкая закономерность. Максимальное содержание NO_3^- , как правило, наблюдается в период зимней межени и на преобладающей части территории колеблется в пределах от 0,5 до $2,0 \text{ мг/дм}^3$. 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. Содержание нитратов по данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды в речных водах области составляет от $0,17 \text{ мг/дм}^3$ до $1,8 \text{ мг/дм}^3$. Исходя из ПДК ($9,2 \text{ мг/дм}^3$) для нитратного азота, реки области могут быть отнесены к категории чистых. Однако, с позиций защиты водотоков от эвтрофирования, концентрация нитратного азота не должна превышать $0,3...0,5 \text{ мг/дм}^3$. Таким образом, в реках региона появились условия для развития процессов эвтрофирования.

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 растворенными солями и газами или выщелачиванием их составных частей. Различают следующие виды агрессивности: выщелачивающую, общекислотную, углекислую, сульфатную и магниальную. Агрессивность выщелачивания свойственна мягким водам и особенно сильно проявляется в период весеннего половодья.

Общекислотная агрессивность определяется содержанием в воде ионов водорода (величиной рН) и тем выше, чем ниже величина рН. В речных водах области величина рН ниже 6,80 наблюдается редко. Более низкие значения рН встречаются обычно в зимнюю межень и в период прохождения пика половодья в водах заболоченных притоков р. Припяти, где величина рН уменьшается до 6,2...6,4.

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. Наибольшее количество агрессивной CO_2 наблюдается в притоках р. Припяти.

В период летней межени воды также содержат агрессивную CO_2 . Повышенное ее количество, превышающее 5 мг/дм³, наблюдается в водах притоков Припяти, а на водосборах рр. Орессы и Бобрика оно превышает 10 мг/дм³. В период зимней межени содержание агрессивной CO_2 выше 10 мг/дм³ сохраняется в водах рр. Орессы и Бобрика, а в водосборе р. Уборти ее содержание достигает 20 мг/дм³. На остальной территории содержание агрессивной CO_2 колеблется в пределах 3...5 мг/дм³.

Сульфатная и магниальная агрессивность возникает при значительном содержании в воде ионов SO_4^{2-} и Mg^{2+} , превышающем для ионов SO_4^{2-} 250 мг/дм³ и ионов Mg^{2+} 1000 мг/дм³. В поверхностных водах области максимальное наблюдаемое содержание этих ионов не превышает 55 и 30 мг/дм³ соответственно. Таким образом, сульфатной и магниальной агрессивностью они не обладают.

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 зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, степень агрессивности воды по отношению к бетону и металлам.

- При рН 3,0...5,0 - реакция воды 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, извлекающих их из воды. Содержанием этих соединений в поверхностных водах определяется потенциальная продуктивность водоемов. Поэтому территориальные и сезонные изменения этих соединений имеют важное значение для рыбозаведения.

Относительно высокие концентрации нефтепродуктов, как правило, превышающие ПДК, прослеживаются в водах таких крупных рек как Ясельда, Припять. Максимальное значение р. Ясельда нефтепродуктами наблюдалось в 1995 г. Оно характеризовалось среднегодовыми значениями 0,35...0,64 мг/дм³ (7...12 ПДК). В последующие годы содержание нефтепродуктов в речной воде составляло 0,8...1,2 ПДК [Государственный ..., 2001].

4.2. Условия формирования химического состава природных вод и их гидрохимическая характеристика

К основным природным факторам, обуславливающим химическое качество поверхностных вод и характерные черты их гидрохимического режима, относятся климатические условия, геоморфологическое и геологическое строение территории, характер почв и растительного покрова.

Формирование химического состава речных вод начинается с момента выпадения жидких атмосферных осадков на поверхность водосбора или интенсивно таящего снега. На всем пути стекания воды по поверхности склонов происходит изменение химического состава склонового потока, этот же процесс происходит и в почвенно-грунтовой толще.

Это связано с тем, что в процессе движения атмосферных осадков, через различные почвы и грунты и пребывая в контакте с ними в течение определенного времени, обогащаются растворимыми солями и органическими ве-