

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-

ществами. Закономерным является увеличение минерализации воды на всем пути от ее поступления на поверхность водосбора до попадания в речную сеть.

В процессе формирования химического состава поверхностных вод имеются различия в химическом составе этих вод в основные фазы гидрологического режима, которое выделяют в следующие категории вод:

а) *поверхностно-склоновые воды*, стекающие по поверхности почвенного слоя склонов водосбора и заканчивающие здесь формирование своего химического состава;

б) *почвенно-поверхностные воды*, стекающие по микроручейковой сети и представляющие собой смесь поверхностно-склоновых вод и вод, дренирующихся из верхнего переувлажненного слоя почвы, формирование химического состава которых заканчивается на поверхности и в самом верхнем слое почвенного покрова;

в) *почвенно-грунтовые воды*, дренируемые речной сетью из временных водоносных горизонтов, образующихся во время обильного увлажнения водосборов талыми или дождевыми водами в почвенно-грунтовой толще, в которой и завершается формирование химического состава этих вод;

г) *грунтовые воды*, стекающие в речную сеть из постоянных водоносных горизонтов и формирующие свой химический состав в процессе просачивания через всю толщу почвогрунтов, расположенных над этими горизонтами.

В различные фазы водного режима в речной сети преобладают, как правило, воды одной из указанных категорий. Так, в период половодья и длительных паводков речная сеть бывает заполнена почти исключительно почвенно-поверхностными водами. В переходный период – от половодья к летней межени (на шлейфе половодья) в речной сети преобладают почвенно-грунтовые воды.

Одним из основных факторов определяющим основные черты водного режима территории и направленность почвообразовательного процесса для Брестской области являются климатические условия.

Для водного режима области характерно наличие ясно выраженного весеннего половодья, довольно устойчивых летней и зимней межени, а также летне-осенних (а в отдельные годы и зимних) паводков. Кроме того, важной чертой водного режима являются смена фаз в течение года, а также различия в водности отдельных лет обуславливают сезонные и многолетние изменения минерализации и химического состава поверхностных вод.

Влияние торфяно-болотных почв сказывается двояко. Общеизвестным является то, что наиболее распространенные на территории неосушенные низинные и верховые болота обогащают воды большим количеством органи-

ческих соединений, вследствие чего в заболоченных водосборах формируются воды с пониженной и малой минерализацией, высокой окисляемостью и цветностью. Кроме того, согласно исследованиям БелНИСГИ, низинные торфяные болота, находящиеся в естественном состоянии, играют в формировании химического состава поверхностных вод роль своеобразного буфера. Так, жесткие грунтовые воды, питающие низинные болота, снижают жесткость с 5...7 до 3...4 мг-экв/дм³, а маломинерализованные паводочные воды, поступая на торфяники, повышают свою жесткость до 2...4 мг-экв/дм³.

Особенности геологического строения области, важнейшие в гидрохимическом отношении, состоят в следующем. Для территории Брестской области характерны ледниковые и послеледниковые отложения, представленные главным образом песками, супесями и реже суглинками, которые подстилаются отложениями преимущественно третичной системы. Особенностью является высокая водопроницаемость, способствующая хорошему промыванию песчаных отложений атмосферными водами и выносу солей.

Распространение по территории области лесных массивов, часто заболоченных, оказывает также влияние на формирование химического состава поверхностных вод. Леса влияют не только на общую минерализацию воды, но и на отдельные гидрохимические характеристики воды. Это связано с тем, что в лесах подзолообразовательный процесс протекает интенсивно. На залеменных водосборах поверхностно-склоновые воды в период половодья и высоких летних паводков стекают по поверхности хорошо промытой лесной почвы и их минерализация остается близкой к минерализации снеговых вод. В то же время они выщелачивают из лесной подстилки и верхнего горизонта почвы продукты разложения растительных и животных остатков и обогащаются органическими веществами гумусового происхождения, в частности органическими кислотами. Это увеличивает цветность воды, снижает величину рН и ослабляет степень гидрокарбонатного характера воды, который связан с относительным увеличением содержания ионов SO_4^{2-} . В меженный период влияние облесенности заметно ослабляется.

Изучение химического состава вод, образующихся из снега, до соприкосновения с поверхностью почвы показало, что в изменении минерализации и химического состава снеговых вод по территории невозможно установить какую-либо закономерность. Химический состав обусловлен главным образом ионами HCO_3^- , SO_4^{2-} и Ca^{2+} . Для большинства снеговых вод области в составе анионов преобладающими являются ионы SO_4^{2-} , содержания которых колеблется от 0,9 до 15,3 мг/дм³ (0,02...0,32 мг-экв/дм³).

В ряде случаев преобладают ионы HCO_3^- , изменяющиеся в пределах 0,6...17,1 мг/дм³. Среднее содержание ионов SO_4^{2-} составляет 0,09 мг-экв, а ионов HCO_3^- – 0,07 мг-экв, или соответственно 4,0 и 4,3 мг/дм³. Преобладание в снеговых водах ионов SO_4^{2-} над ионами HCO_3^- указывает на загрязнение снега серосодержащими соединениями, постоянно присутствующими в атмосфере.

В составе катионов снеговых вод повсеместно преобладают ионы Ca^{2+} в пределах 0,4...6,8 мг/дм³ (0,02...0,34 мг-экв/дм³). Обычно содержания Ca^{2+} редко превышает 3 мг/дм³. Ионы Mg^{2+} присутствуют в снеговых водах в очень малых количествах.

Талым водам свойственна слабо кислая реакция. Величина рН изменяется в пределах от 5,2 до 6,9, чаще всего не превышает 6,0.

Микроручейковые воды имеют очень малую минерализацию. Количество растворенных в них солей по наблюдениям изменилось от 10 до 119 мг/дм³. Для подавляющего числа пунктов наблюдений величина минерализации составляет 25...60 мг/дм³. Относительное содержание ионов HCO_3^- обычно находится в пределах 19...42 % -экв. Содержание нитратов преимущественно колеблется в пределах 0,5...2,5 % -экв.

В составе катионов микро ручейковых вод преобладают ионы Ca^{2+} (25...40 % -экв). Второе место занимают ионы Mg^{2+} (3...20 % -экв).

Природное качество подземных вод сформировалось в течении длительной геологической истории. Их химический состав определяется вещественным составом горных пород, через которые они протекают, а величина минерализации зависит от растворимости водовмещающих пород и продолжительности контакта воды с этими породами (скорость водообмена). Подземные сток пресных вод, происходящий по схеме: осадки → инфильтрация → фильтрация → разгрузка, и охватывает только верхнюю часть литосферы. Время движения воды от момента выпадения на земную поверхность до момента попадания этой воды в речные русла зависит от удаленности места выпадения осадков от поверхностного водного объекта, литологического состава водоносных пластов, гидравлического уклона и ряда других факторов. Кроме этого, постоянно все новые и новые ультрапресные атмосферные осадки с областей питания поддерживают природный водообмен. В результате легкорастворимые вещества из горных пород зоны активного водообмена давно вынесены

в Мировой океан. В водоносных пластах остались только трудно поддающиеся выщелачиванию силикаты и карбонаты, поэтому на территории Брестской области, как и на всей республике, сформировалась гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магнйвые воды. Химический тип воды определяется преобладающим содержанием основных анионов (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов) и катионов (кальция, магния, натрия, калия), образуемых групп макрокомпонентов. В природных подземных водах, как правило, в небольших количествах присутствуют и микрокомпоненты (медь, цинк, мышьяк, стронций и др.), общее число которых в пресных водах может достигать 80. Среди них выделяют группу элементов невысоких фоновых концентраций в естественном залегании. К ним относятся медь, молибден, свинец, цинк и др. Увеличение содержания этих элементов в воде свидетельствует о ее техногенном загрязнении. Вторую группу образуют элементы, фоновые концентрации которых близки к предельно-допустимым концентрациям (ПДК) для питьевых вод. Это железо, селен, мышьяк, марганец, стронций, фтор и др.

Какие же концентрации химических веществ образуют природный гидрогеохимический фон пресных вод Брестской области? Для макрокомпонентов они составляют ($мг/дм^3$): гидрокарбонаты – 85 – 120; хлориды – 0 – 5, сульфаты – 0 – 3, кальций – 6 – 72, магний – 3 – 24, натрий и калий (суммарно) – 1,5 – 6,4. Содержание большинства микрокомпонентов не превышает сотые и тысячные доли $мг/дм^3$. Исключение составляют железо, марганец, фтор.

Железо широко распространено в природных водах на территории области и в большинстве случаев осложняет проблему хозяйственно-питьевого водоснабжения. В подземных водах оно представлено преимущественно двухвалентной формой в поверхностных водах происходит его окисление до трехвалентного и образуются труднорастворимые компонентные соединения с органическими веществами. Последние, в основном, и определяют высокие концентрации железа в пределах заболоченных территорий Полесья. Брестская область относится к гидрохимической провинции железосодержащих вод. По данным химических анализов проб воды при разведке водозаборов содержание железа в эксплуатационных горизонтах изменялось от 0,2 до 2,9 $мг/дм^3$, составляя преимущественно 1,0...2,0 $мг/дм^3$ (при ПДК для питьевых вод 0,3 $мг/дм^3$).

Концентрация фтора в пресных подземных водах повсеместно низкое и изменяется от 0 до 0,4 $мг/дм^3$ (при ПДК для питьевых вод 1,5 $мг/дм^3$). Его увеличение отмечено на водозаборе Опушка (г.п. Домачево), где в эксплуатационном верхнеюрском горизонте фториды достигают 0,67 $мг/дм^3$, что обусловлено подтягиванием минерализованных вод из ниже расположенных кембрий-

ских отложений. На Полесской седловине (Пинский район) в самом низу гидрогеологического разреза (в зоне трещиноватости кристаллического фундамента) содержание фторидов увеличивается до $3,2 \text{ мг/дм}^3$.

Марганец в природных водах присутствует в двух-, трех-, и четырехвалентной форме. Наиболее распространена двухвалентная форма. Наиболее распространенные значения по области изменяются от 0,02 до $0,24 \text{ мг/дм}^3$.

Азотные соединения в подземных водах, как правило, отсутствуют. Они появляются в виде аммония на участках, где распространены погребенные торф и заторфованные горные породы. Наиболее высокие его концентрации выявлены в Полоцкой низине, где они достигают $20 \dots 25 \text{ мг/дм}^3$. На групповых водозаборах Окунево (г. Новополоцк) и Заозерье (г. Полоцк) потребовалось строительство установок по деаммонизации воды. В Брестской области к таким участкам относится групповой водозабор Струмень в г. Пинск.

Жесткость воды определяется содержанием кальция и магния. В большинстве случаев на исследуемой области распространены мягкие и умеренно жесткие воды с ее величиной $1,7 - 5,7 \text{ мг-экв/дм}^3$.

Суммарное содержание солей в природных водах невысокое. Сухой остаток составляет $120 - 230 \text{ мг/дм}^3$. При этом необходимо отметить, что минерализация атмосферных осадков не превышает $20 - 30 \text{ мг/дм}^3$.

Оценка качества природных вод будет неполной без определения бактериологической "чистоты" воды. Как правило, в естественных условиях без техногенного воздействия подземные воды не содержат болезнетворных бактерий.

В подземных водах присутствует также и радиоактивные элементы. Содержание урана не превышает $10^{-7} - 10^{-4} \text{ мг/дм}^3$, а радия 10^{-12} Ки/дм^3 . В то же время на отдельных участках близкого от поверхности залегания кровли фундамента наблюдается повышенные концентрации радона. Он образуется при распаде радиоактивных элементов уранового ряда пород фундамента и затем мигрирует (эмануирует) в подземные воды. На отдельных участках он выходит в атмосферу. Несмотря на короткую продолжительность жизни радона (3,8 дня), его содержание достигает $200 - 300 \text{ эман}$ и более. Такие концентрации установлены в северо-западной части Барановичского района. А за его пределами, недалеко от г. Дятлово построен санаторий "Радон", использующий для бальнеологических целей радоновые воды. Для изучения распространения радона необходимо проводить радоновые съемки, которые выполнены в гг. Барановичи и Пинск. Выходы радона возможны и на участках глубокого залегания фундамента при наличии тектонических нарушений (в основном, разломов глубокого заложения).

Требования, предъявляемые к качеству подземных вод, зависят от их целевого использования. Для водопоя скота, орошения сельскохозяйственных угодий и, в большинстве случаев, технического водоснабжения они пригодны без предварительного улучшения. Исключение составляют паросиловые установки, где неприемлемы жесткие и, даже умеренно жесткие воды, образующие накипь.

Качество подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения по основным показателям регламентируются нормативными документами. Вместо общесоюзных ГОСТ-ов в Республике Беларусь с октября 2000 года действуют Санитарные правила и нормы, которыми установлены требования к качеству питьевой воды и его контроля при централизованном (СанПиН 10-124 РБ99) и не централизованном (СанПиН 8-83-98 РБ99) водоснабжении, а также при организации зон санитарной охраны (ЗСО) источников водоснабжения и водопроводов (СанПиН 10-113 РБ99).

СанПиН-ами установлены предельно-допустимые концентрации в питьевой воде по 7 обобщенным показателям, 22 неорганическим и 3 органическим веществам, 6 микробиологическими паразитологическим, 4 органолептическим и 2 радиационным показателям (Сборник СанПиН по питьевому водоснабжению, 2000).

Сравнением фактических показателей качества пресных подземных вод Брестской области с требованием СанПиН-ов установлено несоответствие их по железу, фтору и марганцу. При этом содержание железа превышает ПДК в 2 – 10 раз и более. Концентрация фторидов не должна превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Ранее ГОСТ 2874-82 ограничивал и минимальную границу в $0,7 \text{ мг/дм}^3$, ниже которой прогрессировал кариес зубов. ПДК для марганца в питьевой воде составляет $0,1 \text{ мг/дм}^3$.

Таким образом, природное качество пресных подземных вод Брестской области позволяет их использовать без предварительного улучшения для различных целей, кроме питьевых. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения необходима предварительная очистка: обезжелезивание, фторирование, иногда деманганация и, возможно, деаммонизация.

Число факторов, определяющих химический состав подземных вод, чрезвычайно велико. Среди них выделяют следующие группы: 1) физико-химические – свойства воды в различных фазовых состояниях, водных растворов, химических элементов и соединений и т. д.; 2) физические – температура, давление, радиоактивность, магнетизм, гравитация и т. д.; 3) физико-географические – климат, особенно осадки и испарение, рельеф, гидрология и условия дренирования и т. д.; 4) геолого-гидрогеологические – структурно-

геологическое строение, тектоника, магматизм и метаморфизм, фациальное строение разреза, минералогический состав пород, фильтрационные свойства пород, гидродинамические условия, палеогидрогеология и т. д.; 5) биологические – микрофлора и микрофауна; 6) антропогенные.

Наиболее полный ряд данных наблюдений за естественным гидрохимическим режимом подземных вод Брестской области представлен в скважинах КМ 638 и СЛ 111. Отборы проб производились 1 - 2 раза в год с 1953 г. в скв. СЛ 111 и с 1969 г. в скв. КМ 638. В связи с нерегулярным отбором проб (в отдельные годы химический анализ не проводился), а также в связи с тем, что пробы отбирались в разные месяцы, установить многолетние и внутригодовые закономерности трудно. Однако можно отметить, что на качественное состояние подземных вод данного региона воздействуют все выше перечисленные факторы и их можно отнести к природно-техногенным, так как происходит преобразование естественного гидрохимического фона.

За период наблюдений кислотность среды в среднем составила pH 7,1 (СЛ 111) и 7,6 (КМ 638), изменяясь в пределах от 6,3 до 8,6. При этом происходит постепенное изменение среды в сторону щелочной (8,2, 8,6). Особенно резко такая тенденция проявляется в пробах воды скв. СЛ 111.

Количественное содержание химических компонентов в пробах воды в целом по Столинскому посту больше, чем по Каменюкскому (таблица 4.1). За весь период наблюдений содержание химических соединений в пробах воды (кроме нитратов на Столинском посту) не превысило ПДК. В скв. СЛ 111 содержание нитратов в большинстве проб превышает ПДК, которые по санитарным нормам составляют 45 мг/дм^3 [Санитарные..., 1992]. Превышение ПДК, вероятно, связано с интенсивным ведением сельского хозяйства, внесением удобрений.

Таблица 4.2. Содержание химических соединений в пробах воды скв. КМ 608 и СЛ 111 за весь период наблюдений, в числителе: среднее значение, в знаменателе: максимальное, (мг/дм^3)

Химическое соединение / Скважина	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	pH
КМ 608	5,33	2,76	44,17	5,88	7,17	18,44	0,89	146,75	7,76
	17,50	11,04	61,20	10,40	25,30	85,80	1,90	183,0	8,60
СЛ 111	63,53	86,44	65,63	17,97	121,89	104,95	117,01	112,71	7,13
	155,71	155,71	98	30,6	293,5	169,9	320	262,3	8,2

В результате корреляционного анализа химического состава и климатических факторов (температура и осадки) не установлено достоверной связи

между количеством химических элементов, атмосферными осадками и температурой воздуха.

4.3. Основные источники загрязнения природных вод

Формирование состава речных вод области происходит при сложном взаимодействии ряда естественных антропогенных факторов. По составу растворенных в воде минеральных солей реки Брестской области относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу. Общая минерализация характеризуется средней степенью, и изменяется 200...400 мг/дм³. Более низкая минерализация характерна для рек протекающих по заболоченным и залесенным территориям, где максимальные показатели цветности до 220° и минимальные величины кислотности pH = 6,45.

Антропогенным воздействиям на водные ресурсы гидрология и смежные с ней науки уделяют пристальное внимание уже более 100 лет. Вначале исследовались преимущественно изменения водного режима территории под влиянием различных видов хозяйственной деятельности. Затем, с началом “научно-технической революции” и связанного с ней роста загрязнения природных вод, стало актуальным изучение трансформации качества водных ресурсов. Исследовались показатели состава природных вод и свойства ингредиентов, а именно: pH, количество и состав катионов и анионов, общая минерализация, количество растворимых органических и минеральных веществ, окисляемость, цветность. Это вызвано в первую очередь с влиянием загрязнения вод на окружающую среду, здоровье населения и т.д.

В таблице 4.3 приведен химический состав речных вод до проявления значительного антропогенного воздействия. Эту гидрохимическую картину, с некоторыми допущениями, можно принять за естественный гидрохимический фон воды рек Брестской области [Поверхностные..., 1966].

Особый интерес представляет динамика сбросов загрязняющих веществ. Прежде чем перейти к его анализу, отметим, что антропогенная нагрузка со стороны водопотребителей определялась в Брестской области, впрочем как и в Беларуси в целом двумя разнонаправленными процессами. Первый – снижение объема производства и, следовательно, образующегося количества загрязняющих веществ. Второй – снижение эффективности действия водоохраных мероприятий, в частности очистки сточных вод.

Уровень водоочистки стоков в настоящее время не является достаточным, поскольку имеющиеся очистные сооружения не способны эффективно выполнять свои функции и вследствие этого часть сточных вод сбрасывается не нормативно чистыми, а некоторая их часть и вовсе неочищенными.