



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ГИДРОХИМИЯ

Теоретический раздел

Лекция

**Гидрохимия как наука,
ее предмет, задачи и методы**



ЛЕКЦИЯ № 1.

Гидрохимия как наука, ее предмет, задачи и методы.

План:

1. Предмет и задачи гидрохимии. Место гидрохимии в системе наук.
2. Методы гидрохимических исследований.
3. Роль воды в природе и в жизни человека.
4. Структура водных ресурсов в Республике Беларусь.
5. Водные ресурсы Республики Беларусь и их прогноз с учетом изменения

климата

1. Предмет и задачи гидрохимии. Место гидрохимии в системе наук

Гидрохимия относится к числу прикладных химических дисциплин и имеет самостоятельную значимость, поскольку гидрохимические методы анализа являются по существу основными методиками при гидробиологических, ихтиологических и санитарно-гидробиологических исследованиях. Ознакомление, а также практическое применение физико-химических методов анализа воды для контроля за ее качеством составляют основу спецкурса и являются необходимым аспектом для подготовки квалифицированных специалистов специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

Гидрохимия изучает химический состав природных вод и закономерности его изменения под влиянием физических, химических и биологических воздействий. Гидрохимия тесно связана с геохимией и гидрогеологией. Задачей является установление химического состава основных элементов экосистем океанов и морей, процессов биогеохимической трансформации и эволюции. Минеральные ресурсы Мирового океана можно разделить на те, которые находятся в самой воде, и те, которые добываются с его дна. Ценнейший ресурс Мирового океана – сама вода, которая содержит 75 химических элементов. Из нее в промышленных масштабах извлекают магний, натрий, хлор и бром. Есть даже золото – в среднем 4 мг/куб.м, что в тысячу раз меньше промышленного содержания. Задача – найти экономически приемлемый способ его извлечения.

Вопросами применения воды в сельском хозяйстве и промышленности занимается целый ряд отраслей – гидрология, гидротехника, гидробиология. Изучение химического состава природной воды составляет предмет дисциплины гидрохимии. По определению известного гидрохимика О. А. Алекина, гидрохимией называется наука, изучающая химический состав природных вод и его изменения во времени и пространстве в закономерной связи с химическими, физическими и биологическими процессами. Гидрохимические исследования водных объектов озер, водохранилищ, рек, прудов – все больше входят в практику прудового рыбоводства. Каждое рыбоводное хозяйство должно иметь лабораторию для выполнения гидрохимиче-



ских определений. Цель учебной дисциплины «Гидрохимия»: подготовка высококвалифицированных специалистов с необходимыми практическими и теоретическими знаниями в области гидрохимического анализа.

Теоретическое и практическое значение гидрохимии очень велико. По своим физическим, химическим и биологическим свойствам вода занимает исключительное положение в природе. Все явления в литосфере, биосфере и атмосфере совершаются с участием воды. С различных позиций воду изучают специалисты разнообразного профиля – физики, астрофизики, химики, гидрохимики, гидрологи, гидрогеологи, биохимики и др. Одной из важнейших проблем гидрохимии является познание происхождения ионного состава воды. С решением этой сложной проблемы связано изучение разнообразных процессов, происходящих в природных водах, естественных и искусственных факторов, влияющих на минерализацию и состав воды, изучение взаимодействия воды с породами, биотой, установление общих закономерностей формирования химического состава природных вод и выяснение генезиса различных химических типов вод земной коры. Теоретическое значение гидрохимии заключается также в изучении круговорота веществ в природе, в выяснении роли некоторых растворенных в подземных водах компонентов, в образовании полезных ископаемых.

Общее количество воды составляет $1,4 \cdot 10^{18}$ т, она покрывает примерно четыре пятых площади земной поверхности. Вода входит в состав многих минералов, горных пород и почвы. Она играет исключительно важную роль в природе, в жизнедеятельности растений, животных и человека. На долю воды приходится приблизительно $2/3$ массы человеческого тела. Многие пищевые продукты (овощи, фрукты, молоко, яйца, мясо) на 95–65% состоят из воды. Существует девять установленных изотопов воды, из них H^{16}_2O составляет 99,73% (мол. доли), а H^{18}_2O – 0,2%. Небольшая доля приходится на тяжелую воду D_2O (отношение атомов Н/Д лежит в пределах 5500–9000). В воде имеется очень небольшое количество радиоактивного изотопа (T_2O).

По подсчётам М.И. Львовича, общие запасы воды оцениваются в 1,5–1,6 млрд. км³. В мировом океане сосредоточено 98,3%, или 1,372 млрд. км³ воды. Поверхность суши Земли занимает 29,2%, а водные запасы составляют всего 1,7%. По качественному составу в основном преобладают солёные воды (92,2% от общего запаса), объёмы пресной воды оцениваются в 35 млн. км³ и распределяется она следующим образом: в ледниках связано 85%, в подземных водах – 14, в озёрах и водохранилищах – 0,6, в почве – 0,3, в виде паров в атмосфере – 0,05, в реках – 0,05%.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Беларусь относится к государствам со средней водообеспеченностью. По территории республики протекает более 20 тыс. рек и речушек общей протяжённостью 90,6 тыс. километров. Наши реки принадлежат бассейнам двух морей – Балтийскому и Чёрному. Статус крупных носят семь рек: Западная Двина, Неман, Виляя, Днепр,



Березина, Сож, Припять. Суммарный сток в средневодный год составляет 58 км^3 , в годы избыточного выпадения осадков – 96 км^3 и в засушливые годы – 36 км^3 . Кроме рек к поверхностным водам относятся озёра (11 тыс.) и водохранилища (сооружено 136). Общая площадь водного зеркала водоёмов составляет 2 тыс. км^2 , а запасы воды – $6\text{--}7 \text{ км}^3$. Самые крупные озёра – Нарочь (площадь 80 км^2), Освейское ($52,8 \text{ км}^2$) и Червоное ($43,6 \text{ км}^2$). Самое глубокое озеро – Долгое, его нижняя точка расположена на глубине 53,6 м. Беларусь обладает значительными ресурсами подземных вод. Они оцениваются в $49,6 \text{ млн. м}^3$ в сутки.

Знание химического состава природных вод имеет огромное практическое значение для развития различных отраслей экономики. Химический состав необходимо учитывать при использовании природных вод для всех видов водоснабжения и водопользования (питьевого, хозяйственно-бытового, промышленного, сельскохозяйственного, транспортного), при добыче солей, поиске полезных ископаемых, в бальнеологии. При строительстве гидротехнических сооружений надо знать химический состав воды для того, чтобы предупредить водную коррозию бетона и металла.

Очень важна в условиях быстрого роста масштабов влияния антропогенных факторов проблема загрязнения природных вод. Загрязнение биосферы Земли антропогенными токсичными веществами, в основном ксенобиотиками (чужеродными для нее химическими соединениями), приобретает угрожающий характер.

Огромный вред наносится водным объектам из-за сложившейся практики их использования в качестве приемников неочищенных сточных вод – естественных „очистных сооружений”. Антропогенные преобразования вод, в частности связанные с созданием каскадов водохранилищ на реках, способствуют снижению проточности и накоплению биогенных и органических веществ, поступающих со сточными водами, что в конечном счете приводит к их евтрофированию – крайне неблагоприятному и опасному явлению. Другой актуальной проблемой планеты является закисление поверхностных вод (особенно озер), обусловленное выпадением атмосферных осадков с высоким содержанием кислотообразующих соединений серы и азота в результате сжигания ископаемого топлива и переносом отходов сжигания трансграничными воздушными массами.

Решение проблемы защиты вод от загрязнения требует всестороннего и комплексного изучения поверхностных вод суши и контроля за состоянием водных объектов на основе применения самых совершенных методов гидрохимических исследований.

2. Методы гидрохимических исследований

Значение гидрохимических исследований возрастает в связи с тем, что в последнее десятилетие все шире используются различные интенсификационные меропр-



ятия, среди которых важнейшими являются удобрение прудов и кормление рыбы, оказывающие серьезное влияние на гидрохимический режим водоемов. К тому же поверхностные воды все больше загрязняются под воздействием отходов промышленности, пестицидов, избытков удобрений. Все это требует постоянного контроля за качеством воды. Гидрохимические наблюдения необходимы и для ведения озерного хозяйства, при искусственном рыборазведении, а также в научно-исследовательских работах по рыбоводству. Кроме того, гидрохимические исследования должны предшествовать проектированию и строительству прудов, предназначенных для разведения рыбы.

В течение нескольких последних десятилетий аналитическая химия природных вод претерпела весьма существенные изменения, обусловленные как общим развитием естественных наук, так и быстрым расширением и усложнением задач, выдвигаемых практикой. Эти задачи в свою очередь определялись новыми знаниями о свойствах и возможных областях использования водных ресурсов.

В самых общих чертах историю развития аналитической химии природных вод можно охарактеризовать тремя периодами. До конца 1940-х – начала 1950-х годов в гидрохимии преобладали неинструментальные (весовые, объемные, колориметрические, органолептические) методы. В их основу были положены классические методы полумикроанализа. Они были предназначены для определения довольно ограниченного круга компонентов: pH, растворенных кислорода и диоксида углерода, главных ионов, разных форм азота, фосфора, кремния, железа и некоторых других металлов, разных видов окисляемости, биохимического потребления кислорода.

В период с 1950-х до середины 1960-х годов в результате развития новых отраслей народного хозяйства и повышения требований к качеству вод, а также под влиянием достижений смежных наук стали развиваться инструментальные методы: потенциометрические, кондуктометрические, фото- и спектрофотометрические, полярографические, спектрографические. Все шире использовались различные виды хроматографии: колоночная, бумажная, тонкослойная, позднее – газожидкостная. Значительно возросли чувствительность и отчасти – точность методов, во много раз расширился перечень определяемых компонентов, особенно загрязняющих органических веществ ряда классов и индивидуальных соединений.

С середины 1960-х годов началось интенсивное развитие более сложных и эффективных методов, в частности газожидкостная и высокоэффективная жидкостная хроматографии, обладающие благодаря разработке новых типов детекторов высокой чувствительностью. При анализе вод применялись сочетания хроматографии с масс-спектрометрией, ИК-спектрофотометрией и другими чувствительными и информативными методами. Быстро развивались и совершенствовались атомно-абсорбционные, рентгеновские, ядерно-физические и другие методы определения элементов, использовалась в анализе лазерная техника. Весьма важным направлением стала автоматизация методов анализа и обработки результатов измерений.



Создавались высокоэффективные аналитические системы, которые включают кроме аналитических блоков электронно-вычислительную технику, позволяющую быстро производить операции по идентификации и определению малых количеств органических и неорганических веществ. В результате современная аналитическая химия природных вод располагает широким арсеналом методов, позволяющих определять макро- и микрокомпоненты органического и неорганического происхождения.

Как правило, количественному определению того или иного компонента предшествуют операции предварительного выделения этого компонента и его отделения от других соединений. Используемые в настоящее время в практических целях методы химического анализа природных вод можно подразделить на: 1) химические; 2) электрохимические; 3) оптические; 4) фотохимические; 5) хроматографические. Такие сложные физико-химические методы анализа, как хромато-масс-спектрометрический, нейтронно-активационный, радиохимический, а также методы низкотемпературной люминесценции, несмотря на их высокую информативность, не нашли пока широкого применения при проведении массовых определений из-за их сложности и дорогостоящей аппаратуры.

3. Роль воды в природе и в жизни человека

Самым главным и важным для человека веществом в окружающем материальном мире является природная вода. Древнегреческий философ Фалес Милетский (2600 лет назад) назвал воду первоисточником всего сущего. Наиболее глубокую оценку значения воды дал академик В. И. Вернадский: „Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало. Все земное существо ею проникнуто и охвачено”. Вода является одним из самых удивительных, еще до конца не изученных и не расшифрованных соединений на Земле. Исследованием этого соединения и занимается гидрохимия – наука о химии природных вод. В процессе круговорота воды на Земле, связывающего гидросферу с атмосферой, литосферой и биосферой, осуществляется формирование химического состава вод. Взаимодействуя со всеми компонентами природного ландшафта, испытывая влияние естественных и искусственных факторов, вода обогащается широким спектром различных веществ в газообразном, твердом и жидком состоянии, что создает огромную вариабильность типов природной воды по химическому составу. Природные воды представляют собой динамичную химическую систему, содержащую в своем составе сложный комплекс газов, минеральных и органических веществ в виде истинных растворов, а также взвесей и коллоидов, которая зависит не только от условий окру-



Вода используется человеком не только как необходимое средство жизнедеятельности (питьевая вода, вода в составе растительных или животных продуктов питания). Современная экономика основана на широком применении воды: получение энергии (гидроэнергетика, тепловая и атомная энергетика); необходимое условие существования сельского хозяйства, водного транспорта, добывающих отраслей промышленности, рыбного хозяйства, коммунального хозяйства, отдыха и туризма. Вода поистине пронизывает всю жизнь человека.

Нехватка воды – тяжкое бедствие для людей. Без использования воды нельзя преодолеть в глобальном масштабе ни продовольственный, ни энергетический кризисы.

Вода – важнейший компонент многих экосистем, причем не только водных (пресноводных, морских), но и наземных, поэтому наличие воды – неперенное условие поддержания экологического равновесия и биоразнообразия как в водных объектах, так и на суше. Хотя вода на Земле в целом – это в основном возобновляемый природный компонент, водные ресурсы в отдельных районах подвержены антропогенному истощению и загрязнению. Вода – бесценное богатство человечества, поэтому водные ресурсы люди должны бережно и экономно использовать и охранять.

4. Структура водных ресурсов в Республике Беларусь

В соответствии с «Водным кодексом» Республики Беларусь – водные ресурсы – это запасы поверхностных и подземных вод данной территории. Вода является основой жизни людей: она необходимо повсеместно для питья, умывания, приготовления еды, уборки помещений, выращивания сельхозпродукции, она нужна для работы промышленных предприятий и энергетики. Для удовлетворения потребностей современных городов в воде требуются громадные ее количества, измеряемые от десятков тысяч до миллионов метров кубических в сутки. Выполнение этой задачи, а также обеспечение необходимого химического состава и высокого санитарно-эпидемиологического качества воды, требуют тщательного выбора природных источников, их защиты от загрязнений и надлежащей очистки воды на водопроводных сооружениях.

Одно из основных направлений использования водных ресурсов государства – питьевое водоснабжение, для которого используются как поверхностные (реки, моря, водохранилища и озёра), так и подземные (грунтовые, артезианские, подрусловые, шахтные) природные источники.

Основным источником централизованного питьевого водоснабжения населения Беларуси являются подземные воды и лишь в Минске, Гродно и Гомеле для этих целей применяется вода из поверхностных источников.



Обеспечение жителей качественной питьевой водой является приоритетной социальной и экологической проблемой Республики Беларусь, решение которой направлено на достижение главной цели – улучшение и сохранение здоровья населения и в целом – безопасности нации.

Большим расходом воды сопровождаются производственные процессы на промышленных предприятиях. При этом предприятия отдельных отраслей промышленности и энергохозяйства потребляют количество воды, нередко значительно превосходящее коммунальное водопотребление крупных городов. Некоторые промышленные предприятия предъявляют к качеству потребляемой воды специфические, иногда очень высокие, требования. От количества и качества используемой воды и организации водоснабжения промышленного предприятия в значительной мере зависят качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Кроме обеспечения водой населения и промышленности, огромное значение имеет сельскохозяйственное водоснабжение, для животноводства и искусственного орошения земель в целях успешного выращивания сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев. Только для производства тонны зерна необходимо 1000 м^3 воды, картофеля – $500\text{-}1500 \text{ м}^3$, куриного мяса – $3500\text{-}5000 \text{ м}^3$, говядины – от 15000 до 70000 м^3 воды.

В настоящее время в связи с общим ростом объемов потребляемой воды и недостаточностью в ряде районов местных природных источников воды, все чаще возникает необходимость комплексного решения водохозяйственных проблем для наиболее рационального и экономичного обеспечения водой всех водопользователей и водопотребителей данного района (города).

Важное значение придается координированию усилий между органами землепользования и управления водными ресурсами. Все больше внимания уделяется многоцелевому использованию водных объектов для целей водоснабжения, гидроэнергетики, транспорта, промышленности, сельского хозяйства, рыболовства, рекреационных целей. При этом, во главу водохозяйственной деятельности в большинстве стран мира в последние годы стала защита водных экосистем от различных источников загрязнения.

Принято считать, что дефицит в воде становится ощутимо заметным, если забор воды на душу населения составляет менее 1700 м^3 в год. К настоящему времени в 22 странах мира годовое водопотребление не превышает 1000 м^3 в год. По оценкам Мирового банка, в 2025 году уже 32 страны мира с населением свыше трех миллиардов человек будут испытывать хронический дефицит в воде.

Рассматривая воду, как всеобщее достояние, руководству всех стран мира необходимо обеспечить рациональное использование водных ресурсов с тем, чтобы сохранить их в интересах будущих поколений. Для принятия срочных мер и активизации деятельности государств по рассмотрению наиболее острых проблем в области водных ресурсов в 2005 году Организацией Объединенных Наций объявлено Меж-



дународное десятилетие пресной воды. Вполне очевидно, что хозяйственное освоение новых водных объектов должно тесно интегрироваться с охраной экосистем, координироваться на местном, государственном и межгосударственных уровнях.

Принятие правительством Республики Беларусь в качестве программного документа модели устойчивого развития вызывает необходимость решения проблем восстановления благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала страны для удовлетворения потребностей ее жителей. Водное хозяйство является одной из базовых отраслей, успешное функционирование которой обеспечивает основу стабильного и устойчивого развития хозяйственного комплекса страны.

Беларусь располагает достаточными ресурсами возобновляемых поверхностных и подземных вод для удовлетворения как текущих, так и ожидаемых в перспективе потребностей в воде. Поверхностные водные ресурсы представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет $57,9 \text{ км}^3$. Около 55% годового стока приходится на реки бассейна Черного моря и, соответственно, 45% – Балтийского. Водосбор бассейна Днепра в пределах Республики Беларусь имеет площадь $116,4 \text{ тыс. км}^2$. Из этой площади $63,7 \text{ тыс. км}^2$ приходится непосредственно на р. Днепр и его притоки (реки Березина, Сож и Ипуть), впадающие на территории республики, а $52,7 \text{ тыс. км}^2$ – на р. Припять, впадающую в Днепр на территории Украины. С учетом транзитной зоны (в пределах России и Украины) общая водосборная площадь Днепра и Припяти до границы с Украиной составляет 217 тыс. км^2 .

В многоводные годы общий речной сток увеличивается до $92,4 \text{ км}^3$, а в маловодные (95%обеспеченности) снижается до $37,2 \text{ км}^3$ в год. Одной из наиболее значимых проблем бассейна Днепра, препятствующей устойчивому использованию пойменных территорий, являются наводнения. Наиболее остро данная проблема проявляется в бассейне Припяти, где почти ежегодно затоплению подвергаются более 400 тыс. га. Интенсивное освоение пойменных территорий, включая строительство транспортных коммуникаций, гидротехническое и мелиоративное строительство, рост населенных пунктов и др. виды хозяйственной деятельности привели к повышению хозяйственной ценности пойменных земель и как следствие – к увеличению среднесезонных ущербов от наводнений. Большие наводнения за последние годы были отмечены в 1956, 1958, 1974, 1979, 1993, 1999 гг.

Общий объем воды, аккумулированной в озерах, оценивается в $6-7 \text{ км}^3$; объем водохранилищ – $3,1 \text{ км}^3$. Естественные ресурсы подземных вод составляют $15,9 \text{ км}^3$.

Отбор вод на бытовые и хозяйственные нужды не превышает 5-7% от ежегодно возобновляемых водных ресурсов. Кроме того, более половины от объема забираемой воды после очистки повторно сбрасывается в водные объекты. Отличительной особенностью водных ресурсов Республики Беларусь является их принадлежность к бассейнам Черного и Балтийского морей, обуславливающая тесные территориальные и хозяйственные связи с сопредельными странами (Россией, Украиной, Поль-



шей, Литвой и Латвией), и необходимость выполнения определенных международных обязательств, поскольку до 80% стока рек формируется на территории Беларуси.

Подземные воды

Подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно. Их естественные ресурсы составляют $15,9 \text{ км}^3$ в год ($43560 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$). Величина естественных ресурсов зависит от условий формирования подземных вод, которые наиболее благоприятны в центральной, северо-восточной и западной частях страны. Эксплуатируются в основном неглубоко залегающие (50-200 м) водоносные горизонты, имеющие тесную гидравлическую связь с вышележащими горизонтами подземных вод и поверхностными водотоками.

Подземные воды характеризуются в основном благоприятными условиями формирования естественных ресурсов, обеспеченных инфильтрацией атмосферных осадков.

На территории республики разведано 243 месторождения и участка подземных вод, по которым утверждены запасы подземных вод в количестве $6643,72 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$. На базе утвержденных запасов работает 132 групповых водозабора для водоснабжения 73 городов, промышленных центров и крупных населенных пунктов.

Суммарный водоотбор из подземных источников по этим водозаборам составляет $1857,3 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$. Общий водоотбор подземных вод по республике (с учетом водоотбора из неутвержденных запасов) составляет $2992,5 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$. Таким образом, степень использования разведанных эксплуатационных запасов в целом в республике не более 28%.

Значительное количество (109) разведанных месторождений подземных вод с общими эксплуатационными запасами $2067,3 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ (что составляет 31% от утвержденных по республике запасов) вообще не освоено и только начинает разрабатываться. Опыт эксплуатации и материалы режимных наблюдений на эксплуатируемых месторождениях свидетельствует, что в большинстве случаев реальная схема фильтрации подземных вод не соответствует принятой при оценке эксплуатационных запасов и при условии соблюдения экологических и технологических требований, как правило, возможен прирост эксплуатационных запасов.

Таким образом, по запасам подземных вод Республика Беларусь может достаточно оптимистично смотреть в будущее, основная задача – обеспечить правильную эксплуатацию разведанных месторождений и предотвратить их возможное загрязнение.

Поверхностные воды

Всего в Республике Беларусь насчитывается 20800 рек, общей протяженностью 90600 км. Крупнейшие реки, протяженностью более 500 км – Днепр и его притоки Припять, Березина, Сож; Неман и его приток Виляя; Западная Двина.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Важное значение для судоходства имеют реки Припять, Днепр, Неман, Березина и Западная Двина, а также Днепро-Бугский канал. В Беларуси имеется 10800 озер, в том числе 470 площадью более $0,5 \text{ км}^2$ каждое и более 9000 болот. Наиболее глубокие, разнообразные по очертаниям и живописные озера находятся в Белорусском Поозерье. Самое большое озеро Нарочь занимает площадь около 80 км^2 , наибольшая глубина около 25 м.

В Беларуси сооружено 145 искусственных водохранилищ. Особое значение имеет Вилейское водохранилище (75 км^2), которое сопоставимо с озером Нарочь и дает начало Вилейско-Минской водной системе, по которой воды Вилии направляются к столице республики.

[Введите текст]

Временные ряды данных по показателям за период 1990-2018 гг., Таблица С-1: Возобновляемые ресурсы пресных вод: Республика Беларусь

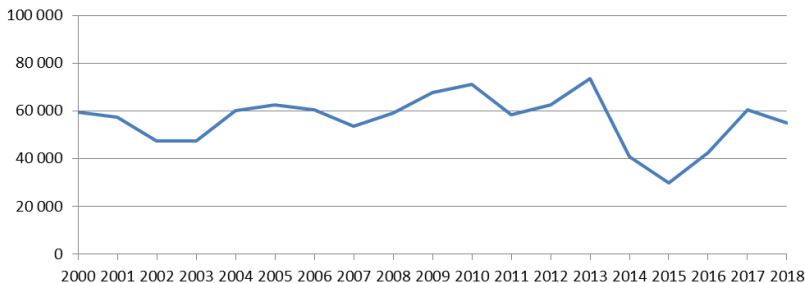
на 28.11.2019

	Единица	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Осадки	млн. куб. м	151963	127300	136200	139700	115200	128100	145900	134700	133900	131800	143000	168400	151100	121000	157100	139300	117700	112100	154000	158800	120600
Фактическое суммарное испарение	млн. куб. м	91344	92400	100500	107000	87200	102100	107600	92200	100200	98100	109500	123900	121300	85500	119100	94600	92800	94000	128200	121400	87100
Внутренний приток	млн. куб. м	60619	34900	35700	32700	28000	26000	38300	42500	33700	33700	33500	44500	29800	35500	38000	44700	24900	18100	25800	37400	33500
Приток поверхностных и подземных вод из сопредельных стран*	млн. куб. м	30200	18700	23700	24500	19500	21300	21800	20000	26800	20000	25400	23100	41300	22800	24400	29200	16000	11700	16600	23000	21500
Возобновляемые ресурсы пресных вод *	млн. куб. м	90819	53600	59400	57200	47500	47300	60100	62500	60500	53700	58900	67600	71100	58300	62400	73900	40900	29800	42400	60400	55000



Возобновляемые ресурсы пресных вод

Общий речной сток Республики Беларусь, 2000-2018 гг.
(миллионов метров кубических в год)



Водные ресурсы формируются в соответствии с количеством выпавших осадков в текущем году и увлажненностью предшествующего осеннего сезона. Величина внутреннего притока отражает местный речной сток, формируемый в пределах страны в течение года. Возобновляемые ресурсы пресных вод отражают величину общего речного стока, которая включает величину местного речного стока и приток поверхностных вод из сопредельных стран.

Ответственным за формирование данных является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Позволяет определить состояние возобновляемых ресурсов пресных вод в стране, а также тенденции их изменения во времени.

<https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/>

Водные ресурсы (включая поверхностные и подземные воды) используются для удовлетворения потребностей хозяйственно-питьевого, производственного, сельскохозяйственного (включая орошение), прудово-рыбного хозяйства, а также целей рекреации (табл. 1).

Таблица 1. – Использование воды в народном хозяйстве Республики Беларусь

Потребности	Общее водопотребление (млн. м³/год)
Хозяйственно-питьевые	466
Производственные	281
Сельскохозяйственные	77
Орошение	4.1
Прудово-рыбное хозяйство	217



Потребление питьевой воды на душу населения по городам составляет от 180 до 370 л/сутки. Наибольшее удельное хозяйственно-питьевое водопотребление отмечено в городах Минск, Бобруйск, Могилев. В целом, в последние два года, в связи с массовой установкой индивидуальных приборов учета воды, в соответствии с Директивой №3 Президента Республики Беларусь – наметилась положительная тенденция снижения потребления воды населением республики.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения основным источником в Республике Беларусь остаются подземные воды. Их доля в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет около 88%. В Минской области на территории бассейна Днепра отбор подземных вод приближается к 14% от прогнозных ресурсов. По остальным областям использование водных ресурсов по отношению к прогнозным запасам существенно ниже (5,2 – 8,3).

Поверхностные воды используются для этих целей только в г. Минске (около 1/3 от водопотребления) и в незначительной степени в г. Гомеле. Использование поверхностных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения оценивается величиной около 255 тыс. м³/сутки.

По сравнению с серединой 90-х годов отмечается значительное снижение (почти в 2 раза) использования свежей воды на производственные и сельскохозяйственные цели, что привело к снижению объема сброшенных сточных вод.

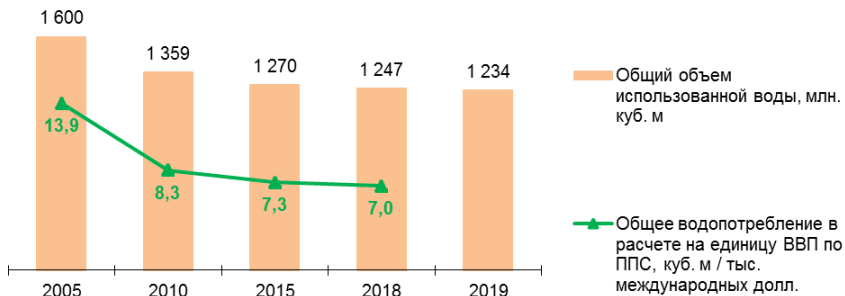
Важным направлением рационального водопользования промышленностью является разработка и утверждение Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ технологических нормативов водопотребления и водоотведения, которые в настоящее время имеют 115 предприятий республики. Вследствие преобладания равнинного рельефа энергетические ресурсы рек республики относительно невелики. В настоящее время выработка энергии на ГЭС составляет менее 0,1% от общего объема вырабатываемой энергии.

В Беларуси построены гидротехнические сооружения осуществляющие межбассейновую переброску стока (Вилейско – Минская водная система), и каналы, служащие главным образом для целей судоходства (Днепровско-Бугский канал, соединяющий бассейн Балтийского и Черного морей). С учетом радиационного загрязнения Республики Беларусь полноценное рекреационное значение в основном имеет ее центральная и северная часть, где расположены наиболее крупные водные объекты и городские агломерации.

Одним из интересных и перспективных направлений использования водных ресурсов республики является прудово-рыбное хозяйство. Рыбоводством занимаются специализированные организации, за которыми закреплено 8,9 тыс. га прудовой площади (59% пригодных для ведения рыбоводного хозяйства рыболовных угодий), и 224 юридических лица, которым передано в аренду 98,3 тыс. га озер и водохранилищ, 13 тыс. км рек (30,2%).



Водопотребление в Республике Беларусь



Общий объем использованной воды – объем воды, добытой (изъятый) из природных источников или полученной из системы водоснабжения других водопользователей, используемый для удовлетворения различных нужд организации. В объем использования воды не включаются расход воды в системах оборотного и повторного (последовательного) водоснабжения, транзитная вода, а также повторно используемая сточная и дренажная вода; при формировании официальной статистической информации по статистике водных ресурсов в разрезе видов экономической деятельности: - в период 2006-2015 гг. использовался Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 005-2006 "Виды экономической деятельности" (соответствует NACE Rev. 1.1); - в период с 2016 г. - Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 "Виды экономической деятельности" (соответствует NACE Rev. 2.0); Информация в разрезе пользователей воды до 2006 года представлена на основании данных о целях водопользования. Добыча (изъятие) и использование воды: официальная статистическая информация по данным формы 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании воды»; ответственным за формирование информации является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Использование воды домашними хозяйствами: административные данные об отпуске воды населению; ответственным за формирование информации является Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь.

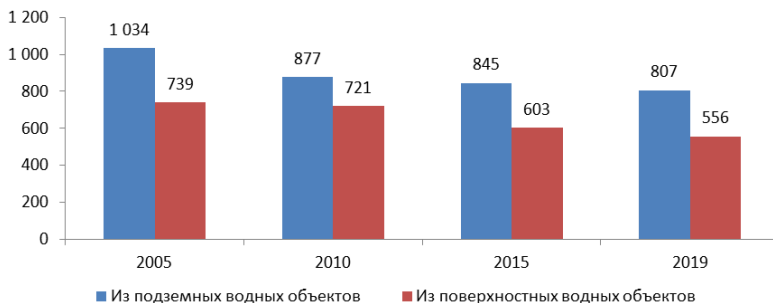
Водопотребление позволяет определить количество используемой воды, а также давление, оказываемое на окружающую среду в связи с потреблением водных ресурсов



Добыча (изъятие) воды из природных источников

Общий объем ежегодной добычи (изъятия) воды из природных источников (поверхностных и подземных), в том числе по видам экономической деятельности и в процентах к общему объему возобновляемых ресурсов пресных вод – индекс эксплуатации водных ресурсов.

Добыча (изъятие) воды из природных источников (миллионов кубических метров)



Объем добычи (изъятия) воды из природных источников определяется на основании данных государственной статистической отчетности по форме 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании воды», предоставляемой юридическими лицами: - осуществляющими специальное водопользование на основании разрешений на специальное водопользование или комплексных природоохранных разрешений; - эксплуатирующими системы оборотного водоснабжения с расходом воды в них более 5 кубических метров в сутки без осуществления специального водопользования; при формировании официальной статистической информации по статистике водных ресурсов в разрезе видов экономической деятельности: - в период 2006-2015 гг. использовался Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 005-2006 "Виды экономической деятельности" (соответствует NACE Rev. 1.1); - в период с 2016 г. - Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 "Виды экономической деятельности" (соответствует NACE Rev. 2). Источник данных: официальная статистическая информация на основании данных по форме 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании воды»; ответственным за формирование информации является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Этот показатель позволяет определить количество воды, добытой (изъятной) из природных источников, а также оценить давление, оказываемое на окружающую среду в связи с добычей (изъятием) воды.



Кроме широко известных видов рыб, водные ресурсы республики планируется использовать для выращивания их «экзотических собратьев». В частности, несколько искусственных прудов белорусского национального парка «Браславские озера», не имеющих связи с естественными водоемами, планируется зарыбить черным буффало. Этот вид рыбы популярен на американском континенте и широко используется, как объект прудового рыбоводства.

Интересно, что Белорусское государственное геологическое предприятие (есть такое в Минске) сейчас собирается строить в Минске по итальянской технологии завод по розливу в бутылки пресной воды, добываемой на окраине Минска, и продавать эту воду в Тюмень, где очень плохо обстоит дело с питьевой водой, и в Саудовскую Аравию. Геохимия минеральных лечебных вод – эта часть гидрохимии концентрирует своё внимание на выявлении в подземных водах физиологически активных компонентов химического и газового состава и в существенной степени связана с медициной. Большие запасы минеральных вод имеются в разных частях Беларуси, но, к сожалению, ассортимент этих вод неширокий. В основном, это хлоридные натриевые воды. Геохимия промышленных вод. Этот раздел прикладной гидрохимии рассматривает подземные воды как жидкую руду, из которой можно получать многие ценные компоненты. Весь получаемый в СНГ иод и большая часть брома добываются из подземных промышленных вод. Из этих вод можно добывать также литий, рубидий, цезий, стронций, бор и другие компоненты. Богатейший бассейн очень концентрированных подземных вод (рассолов) имеется в Беларуси. Это Припятский прогиб, где промышленные рассолы залегают в подсолевых и межсолевых девонских отложениях. По нашим подсчётам, общая масса химических элементов в подземных рассолах Припятского бассейна оценивается такими цифрами: иод – 40 млн т, бор – 100 млн т, стронций – 3,4 млрд т, бром – 6,5 млрд т. Но, к сожалению, это богатство пока не используется из-за отсутствия экологически приемлемой технологии извлечения этих химических элементов из рассолов. Рудопоисковая и нефтегазопроисковая гидрогеохимия. Применение гидрогеохимических данных для поисков и разведки залежей руд и углеводородов основано на том, что подземные воды, контактирующие с полезным ископаемым, могут накапливать в себе продукты его разрушения или каким-то другим образом изменять свой состав. Например, в Беларуси подземные воды вблизи залежей нефти оказываются обогащены аммонием и обеднены сульфатами. Целью экологической гидрогеохимии являются оценка и прогноз изменения вещественного состава воды как главного компонента окружающей среды при вмешательстве в неё человека. Такие оценки и прогноз крайне важны, при изучении качества питьевых и технических вод, для решения задач, связанных со строительством инженерных сооружений, разработкой месторождений полезных ископаемых, при мелиоративных работах, при изысканиях для подземных хранилищ газа и для проектирования участков подземного захоронения промышленных отходов. При строительстве Минского метрополитена на



одном из участков трассы была обнаружена сильная коррозия железобетонных конструкций, которая могла бы иметь опасные последствия, если бы причина не была вовремя обнаружена. Гидрогеохимическое изучение строительного участка показало, что о грунтовых (подземных) водах здесь весьма значительное содержание ряда агрессивных органических веществ, поступающих в воду из неисправных сливных сооружений расположенного около пивоваренного завода.

5. Водные ресурсы Республики Беларусь и их прогноз с учетом изменения климата

По результатам проведенных в 2020 году обследований гидротехнических сооружений и устройств, возведенных на реках (ручьях) для регулирования водных потоков, в том числе входящих в состав мелиоративных систем, установлены факты ненадлежащей их эксплуатации, приводящей к ухудшению состояния поверхностных водных объектов (снижение уровней воды или ее отсутствие, изменение гидрологического режима, повлекшее зарастание водоемов, и другое), что, в свою очередь, потребует совершенствования механизма осуществления контроля в данной области.

Одно из основных направлений использования водных ресурсов государства – питьевое водоснабжение, для которого используются как поверхностные (реки, моря, водохранилища и озера), так и подземные (грунтовые, артезианские, подрусловые, шахтные) природные источники. Основным источником централизованного питьевого водоснабжения населения Беларуси являются подземные воды и лишь в Минске, Гродно и Гомеле для этих целей применяется вода из поверхностных источников. Обеспечение жителей качественной питьевой водой является приоритетной социальной и экологической проблемой Республики Беларусь, решение которой направлено на достижение главной цели – улучшение и сохранение здоровья населения и в целом – безопасности нации.

В Беларуси сооружено 145 искусственных водохранилищ. Особое значение имеет Вилейское водохранилище (75 км²), которое сопоставимо с озером Нарочь и дает начало Вилейско-Минской водной системе, по которой воды Вилии направляются к столице республики. Водные ресурсы (включая поверхностные и подземные воды) используются для удовлетворения потребностей хозяйственно-питьевого, производственного, сельскохозяйственного (включая орошение), прудово-рыбного хозяйства, а также целей рекреации.

Экологическое состояние поверхностных водных объектов оценивается по результатам мониторинга поверхностных вод, проводимого в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, на 160 поверхностных водных объектах в 297 пунктах наблюдений, организованных вблизи сред-



них и крупных населенных пунктов. За 2017-2021 гг. наблюдается тенденция к улучшению экологического состояния поверхностных водных объектов – 72,4 процента из них присвоен хороший и выше экологический статус. Значительную антропогенную нагрузку испытывают 1,2 процента поверхностных водных объектов (их участков).

В настоящее время разведаны и утверждены балансовые запасы пресных подземных вод в количестве 6,35 млн. куб. м/сут по категориям (или 2 317,75 млн. куб. м/год) на 609 месторождениях пресных подземных вод. На 605 месторождениях (их частях) запасы пресных подземных вод разведаны и утверждены для хозяйственно-питьевых нужд, четырех месторождениях (их частях) – для технических целей. Разведанные и утвержденные запасы подземных минеральных вод составляют около 62,13 тыс. куб. м/сут.

Качественный состав подземных вод, в том числе минеральных, и их запасы позволяют помимо удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд осуществлять использование таких вод в лечебных (курортных, оздоровительных) целях с применением более 30 видов минеральных вод, а также экспорт путем бутилирования. В настоящее время с целью увеличения объемов бутилированной воды, ее реализации для населения Беларуси и поставки за рубеж выявлены 19 перспективных участков, где возможно размещение предприятий по промышленному бутилированию питьевых вод. За последние пять лет наблюдается незначительное увеличение объемов с 0,35 до 0,39 млн. куб. м в части розлива пресных подземных вод. Объем розлива минеральных вод не изменился и составляет 0,14 млн. куб. м.

Вопрос водоснабжения неразрывно связан с организацией водоотведения и повышением качества очистки сточных вод. В Республике Беларусь сброс сточных вод осуществляется преимущественно в поверхностные водные объекты. Его доля составляет 89,8 процента от общего объема сброса сточных вод в окружающую среду. За 2017-2021 гг. данный показатель снизился на 1,3 процента и составляет 1 034,5 млн. куб. м, из них 1 018,2 млн. куб. м – в водотоки.

Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты осуществляется через 635 выпусков, их количество за последнее время увеличилось на 107 выпусков в результате организации учета и контроля поверхностных сточных вод. Больше всего выпусков сточных вод организовано в бассейнах рек Неман и Днепр, меньше всего – в бассейне реки Западный Буг. В структуре сточных вод наибольший объем занимают нормативно очищенные сточные воды – 692,5 млн. куб. м, или 66,9 процента от объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. Сброс недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты в 2020 году составил 2,7 млн. куб. м, или 0,3 процента от общего объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. В целом сброс недостаточно очищенных сточных вод сократился на 57,8 процента.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Для организации сброса сточных вод в окружающую среду применяется 2 741 очистное сооружение, из них на 319 проводится искусственная биологическая очистка с выпуском в поверхностные водные объекты. Очистка в естественных условиях в 2020 году осуществлялась с применением 1 752 полей фильтрации суммарной площадью 3 677 гектаров и фактическим объемом сброса сточных вод 48,3 млн. куб. м.

Принятие правительством Республики Беларусь в качестве программного документа модели устойчивого развития вызывает необходимость решения проблем восстановления благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала страны для удовлетворения потребностей ее жителей. Водное хозяйство является одной из базовых отраслей, успешное функционирование которой обеспечивает основу стабильного и устойчивого развития хозяйственного комплекса страны.

Проект **Водной стратегии до 2030 года** был разработан с учетом Водного кодекса РБ, Концепции национальной безопасности РБ и Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года. В соответствии с Протоколом ЕЭК ООН по стратегической экологической оценке (СЭО) и директивами ЕС о стратегической экологической оценке (СЭО) и об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), при поддержке ВИЕС+ была проведена полная стратегическая экологическая оценка проекта Водной стратегии до 2030 года. Своей основной стратегической целью проект документа определяет достижение долгосрочной водной безопасности для нынешнего и будущих поколений. В отношении международных обязательств цели стратегии напрямую связаны с соответствующими Целями устойчивого развития.



ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Алекин, О. А. Основы гидрохимии: учеб. пособие / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 296 с.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. А. М. Никаноров. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: уч. для вузов/ Ю.А. Ершов и др. 6-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. – 560 с.
4. Привезенцев Ю. А. Практикум по прудовому рыбоводству.- М.: Высшая школа, 1982. – 258 с.

Дополнительная:

5. Баранов И. В. Основы биопродукционной гидрохимии. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 277 с.
6. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси. Минск, 2004. . – 78 с.
7. Зенин А. А., Белоусова И. В. Гидрохимический словарь/ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 240 с.
8. Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. Минск: Тонпик, 2006. . – 146 с.
9. Логинов В.Ф. Управление гидрометеорологическими данными. Минск: БГУ, 2002. . – 38 с.
10. Прожорина Т.И. Практикум по курсу "Гидрохимия". Ч.1: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. - 27 с.
11. Прожорина Т.И. Экологическая гидрохимия: Методические указания к лабораторному практикуму. Часть 2. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. - 20 с.
12. Слесарев В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
13. Федоров А.А. и др. Методы химического анализа объектов природной среды/ А.А. Федоров, Г.З. Казиев, Г.Д.Казаков. – М.: КолосС, 2008. – 118 с.
14. www.waterandecology.ru

Справочники:

15. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р. Лидина. – М.: КолосС, 2008. – 480 с.
16. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии/ Ю. Ю. Лурье. – М.:Химия, 1971. – 454 с.
17. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.
18. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
19. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.

Автор

Поддубная Ольга Владимировна