

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра экологии

М. М. Бражников, А. С. Калинович, П. И. Кирвель

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Основы экологии и энергосбережения»

Минск БГУИР 2011

УДК 502.51-049.7(076)
ББК 20.18я7
Б87

Р е ц е н з е н т:
доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Белорусского национального технического университета,
кандидат технических наук А. Г. Воронин

Бражников, М. М.

Б87

Водные ресурсы и их использование : метод. пособие для практ. занятий по дисц. «Основы экологии и энергосбережения» / М. М. Бражников, А. С. Калинович, П. И. Кирвель. – Минск : БГУИР, 2011. – 26 с. : ил.

ISBN 978-985-488-698-5.

Содержит данные о ресурсах поверхностных и подземных вод, обобщенные показатели их использования и состояния, методику оценки качества поверхностных водных ресурсов и разбавления сточных вод. Приведены варианты задач для самостоятельной работы студентов с использованием изложенных методик. Даны все необходимые для решения задач справочные материалы.

Предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

УДК 502.51-049.7(076)
ББК 20.18я7

ISBN 978-985-488-698-5

© Бражников М. М., Калинович А. С.,
Кирвель П.И., 2011
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Общая характеристика водных ресурсов	5
2. Поверхностные воды	6
2.1. Ресурсы поверхностных вод	6
2.2. Качество поверхностных вод	7
3. Подземные воды	9
3.1. Пресные подземные воды	10
3.2. Минеральные воды	11
3.3. Качество подземных вод	12
4. Использование водных ресурсов	15
4.1. Структура и объемы водопотребления и водоотведения	15
4.2. Использование воды на питьевые и хозяйственные нужды.....	16
4.3. Использование воды на производственные нужды	17
4.4. Пользование водными объектами без изъятия водных ресурсов	18
4.4.1. Гидроэнергетика	18
4.4.2. Транспортное использование водных объектов.....	18
4.4.3. Рекреационное использование водных объектов.....	19
5. Практическая часть.....	20
5.1. Методика расчета нормативов допустимых сбросов (ДС) и допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водотоки	20
5.2. Расчет индекса загрязнения вод (ИЗВ)	21
5.3. Разбавление сточных вод	21
5.4. Температурный режим	22
5.5. Контрольные задания	22
5.6. Контрольные вопросы	24
Литература	25

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы являются важнейшим природно-ресурсным потенциалом Республики Беларусь, который интенсивно используется населением и различными отраслями народного хозяйства. Они относятся к категории возобновляемых природных ресурсов; их использование, тем не менее, должно быть строго регламентировано с целью исключения необратимых изменений в состоянии окружающей среды.

Водохозяйственный комплекс Беларуси представляется совокупностью водных объектов, систем водоснабжения и канализации населенных пунктов, промышленного и сельскохозяйственного производства, гидромелиорации и гидротехнических систем и имеет важнейшее значение для устойчивого развития экономики республики, решения экологических, экономических и социальных проблем. При этом проблема обеспечения питьевой водой стоит в ряду национальных приоритетов как фактор улучшения качества жизни.

Решение задач в области использования и охраны водных объектов, совершенствования и развития водохозяйственного комплекса Беларуси связано с объективной оценкой водохозяйственной ситуации, разработкой и принятием мер по рациональному использованию и сохранению водно-ресурсного потенциала и является насущной проблемой нашего времени.

Задача национальной безопасности Беларуси по обеспечению населения качественной питьевой водой должна решаться в комплексе с рациональным использованием и охраной водных ресурсов как по регионам, так и в целом по стране с учетом трансграничного переноса загрязняющих веществ.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Водные ресурсы Республики Беларусь включают в себя речной сток и запасы воды в водоемах, а также естественные и эксплуатационные ресурсы подземных вод.

Характеристика водных ресурсов определяется главным образом метеорологическими условиями, количеством выпавших осадков, гидравлической взаимосвязью поверхностных и подземных вод.

На территории Республики Беларусь находится водораздел бассейнов рек Балтийского (45 % речного стока) и Черного морей (55 % речного стока), протекает семь крупных рек (протяженностью более 500 км), являющихся трансграничными (за исключением Березины). У нас насчитывается 20,8 тыс. рек и ручьев, суммарной протяженностью 90,6 тыс. км, из них средних рек (протяженностью 101–500 км) – 41, общая длина которых составляет 6,7 тыс. км, малых рек и ручьев (протяженностью до 10 км) – 19,3 тыс. с общей длиной 48,8 тыс. км.

В республике имеется около 10,8 тыс. озер и 153 водохранилища, 88 % озер имеют площадь зеркала до 10 га и 2,2 % – более 100 га.

Суммарная площадь водохранилищ составляет около 800 км² или 0,4 % площади страны. Из общего числа водохранилищ преобладают водохранилища руслового типа (более 50 %). Водоохранилищ, созданных в результате подпора плотинами уровня воды в озерах, насчитывается 16 (11 % от общего числа). В настоящее время по экономическим соображениям наметилась тенденция закрытия наливных водохранилищ.

Кроме водохранилищ в республике получило большое распространение строительство прудов различного назначения, которых насчитывается более 1500 единиц, и 18 полносистемных рыбоводческих хозяйств.

Обеспеченность водными ресурсами на душу населения в республике близка к среднеевропейской, но при этом значительно выше, чем в соседних странах – Польше и Украине (табл. 1.1). В мировом масштабе водообеспеченность на одного жителя Беларуси считается ниже средней, поскольку средняя мировая обеспеченность полным речным стоком составляет 11,2 тыс. м³ в год на душу населения.

Обеспеченность водными ресурсами Беларуси и других государств

Страна	Водные ресурсы, км ³ /год (местный сток)	Обеспеченность в средний по водности год, тыс. м ³ на одного жителя		
		общим речным стоком	водами местного формирования	в том числе подзем- ными водами
Россия	4003	30,7	28,5	2,0
Норвегия	376	92	89,0	27,6
Польша	85,4	1,7	1,5	0,95
Украина	49,9	4,1	1,0	0,2
Беларусь	36,4	5,7	3,6	1,4
Латвия	17,1	12,6	6,0	1,5
Литва	15,3	6,8	3,7	1,2

2. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

2.1. Ресурсы поверхностных вод

Ресурсы речного стока Республики Беларусь в средние по водности годы составляют 57 км³, в многоводные годы могут увеличиваться до 96 км³, а в маловодные снижаться до 25 км³ (табл. 2.1). По величине водных ресурсов речного стока Республика Беларусь занимает четвертое место в Европе после Норвегии (376 км³/г.), Великобритании (152 км³/г.) и Польши (85,4 км³/г.).

Основной объем местного речного стока (65 %) формируется в водосборах Западной Двины с Ловатью, Немана с Вилией и Припяти. Значительно меньше речного стока приходится на долю Днепра с Березиной и Сожем (31 %), сток Западного Буга составляет 4 % (см. табл. 2.1). Преобладающая часть транзитного стока поступает по Западной Двине (35 %) и Припяти (28 %). Распределение местного годового стока весьма неравномерно. За три весенних месяца по рекам западной и центральной частей республики (бассейны Немана, Вилии, Березины) протекает в среднем 42 – 47 % годового стока, а по остальным – до 56 – 62 %. На каждый из девяти месяцев летнего и осенне-зимнего периодов приходится в среднем примерно по 4 – 6 % годового стока.

В озерах страны сосредоточено около 7 км³ воды. Полезный объем всех водохранилищ составляет 1,2 км³, что несколько больше 3 % стока, формирующегося на территории республики. Полный объем водохранилищ равен 3,1 км³, прудов – 0,5 км³.

Ресурсы речного стока

Водосбор	Площадь водосбора, тыс. км ²	Местный сток, км ³			Приток в средний год, км ³	Общий сток в средний год, км ³
		в год средний по водности	75 %	95 %		
Западная Двина (с Ловатью)	33,2	6,50	5,24	3,89	7,29	13,79
Неман (с Вилией)	46,0	9,26	8,02	6,28	нет	9,26
Зап. Буг	12,0	1,49	1,10	0,75		1,49
Днепр	17,6	3,08	2,43	1,71	3,46	6,54
Березина	24,5	4,48	3,84	3,13	нет	4,48
Сож	21,6	3,64	2,86	2,06	4,24	7,88
Припять	52,7	7,97	5,91	4,03	5,73	13,7
Беларусь	207,6	36,4	31,1	24,5	20,7	57,1

2.2. Качество поверхностных вод

Качество поверхностных вод, оценка состояния водных объектов и уровня их загрязнения определяются с использованием утвержденных критериев оценки (показателей качества воды и нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов), показателя качества – индекса загрязненности вод (ИЗВ), показателя превышений ПДК от общего числа определений (повторяемость концентраций выше 1,0 ПДК по конкретному веществу или по сумме ингредиентов), а также экологических показателей (величин БПК₅, концентраций аммонийного азота, фосфора фосфатного и нитратов в реках, общего фосфора и азота в озёрах).

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов: растворённого кислорода (O₂), легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного (NH₄⁺), азота нитритного (NO₂⁻), фосфатов (HPO₄²⁻; H₂PO₄⁻) и нефтепродуктов.

Классификация качества вод по величине ИЗВ приведена в табл. 2.2.

Классификация качества воды по гидрохимическим показателям

Класс качества воды	Величина ИЗВ	Характеристика качества
I	Менее или равно 0,3	Чистая
II	Более 0,3–1,0	Относительно чистая
III	Более 1,0–2,5	Умеренно загрязненная
IV	Более 2,5–4,0	Загрязненная
V	Более 4,0–6,0	Грязная
VI	Более 6,0–10,0	Очень грязная
VII	Более 10,0	Чрезвычайно грязная

Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям осуществляется с помощью методов биоиндикации, основанных на изучении структуры гидробиоценозов или их отдельных компонентов.

Отмечается, что за последние 5 лет (начиная с 2004 г.) содержание азота аммонийного в поверхностных водах страны в целом снизилось на 18 %, фосфора фосфатного – на 13 % и фосфора общего – на 27 %. Среднегодовые концентрации соединений цинка в целом по республике снизились на 40 % за период 2004 – 2009 гг. Повсеместно улучшилось качество речных вод (включая крупные реки и большинство притоков первого порядка с рассредоточенными источниками сбросов) по содержанию нефтепродуктов, среднегодовые концентрации которых в 2009 г. не превышали ПДК.

Для всех водных объектов республики присуще повышенное содержание железа общего, соединений меди и марганца, обусловленное высоким региональным фоном этих металлов в природных средах, но в большей мере характерно для водных объектов бассейна Припяти.

Результаты мониторинга за 2009 г. свидетельствуют о том, что 85 % озер и водохранилищ республики имеют достаточно высокий экологический статус. При этом 8 % из них, расположенные преимущественно в пределах бассейна р. Западная Двина, классифицируются как «чистые».

В перечне приоритетных показателей загрязнения поверхностных вод остаются биогены: фосфор фосфатный, азот аммонийный и азот нитритный.

Главными источниками поступления фосфатов в реки являются коммунально-бытовые и промышленные сточные воды городов, стоки сельскохозяйственных предприятий и поверхностный сток с урбанизированных территорий, воздействие которых приводит к трансформации естественного режима фосфатов, росту концентраций рассматриваемого ингредиента в воде и развитию процессов, способствующих эвтрофикации речных экосистем.

Наиболее характерно для рек страны загрязнение вод азотом аммонийным. Так, «аммонийное» загрязнение Западной Двины на протяжении ряда лет (2006 – 2009 гг.) отчетливо прослеживается на отрезке реки от гор. Полоцка до гор. Верхнедвинска. В 2009 г. среднегодовое содержание аммонийного азота

для загрязненного участка реки изменялось в пределах 0,51 – 0,56 мгN/дм³ (ПДК=0,39 мгN/дм³).

Загрязнение Немана азотом аммонийным характерно на участке реки в районе городов Столбцы и ниже Гродно.

Для Западного Буга «аммонийное» загрязнение речной воды отчетливо выявляется в районе н.п. Речица, а в отдельные годы отмечается в районе гор. Бреста и далее ниже по течению реки. Вода реки Муховец загрязнена азотом аммонийным от городов Кобрин до Бреста.

Загрязнение воды Днепра азотом аммонийным по наблюдениям за 2009 г. отмечалось главным образом в районе городов Речицы и Лоева, где зарегистрированы превышения ПДК в 1,4 – 2,3 раза. Загрязнение Березины наблюдалось на всем контролируемом участке реки, но наиболее отчетливо проявилось ниже городов Борисова и Светлогорска с превышением ПДК соответственно в 3,2 и 2,7 раза. «Аммонийное» загрязнение воды Сож установлено в районе гор. Гомеля.

Судя по среднегодовым концентрациям азота аммонийного, загрязнение Припяти наблюдается только на участке реки в районе гор. Пинска.

В 2009 г. азотом нитритным оказались загрязнены Западная Двина в районе гор. Витебска, Березина на участке реки от гор. Бобруйска (5,0 км выше города) до гор. Светлогорска (2,7 км ниже города), Западный Буг на всем контролируемом отрезке и Припять ниже гор. Пинска. Наиболее четко выражено «нитритное» загрязнение для Западного Буга, превышение ПДК в 1,8 – 2,7 раза. В месте отведения сточных вод в гор. Бресте концентрация азота нитритного в воде реки превысила ПДК в 2,3 раза (ПДК = 0,08).

К рекам, гидрохимический и гидрологический режим которых значительно изменен человеком, в первую очередь относится Свислочь, дренирующая территорию гор. Минска. Как известно, Свислочь характеризуется высоким уровнем загрязнения воды на протяжении более четырех десятилетий. Наиболее подвержен негативному влиянию отрезок Свислочи между Минской очистной станцией и н.п. Свислочь. В воде реки ниже н.п. Королищевичи среднегодовые концентрации азота аммонийного в 2008 г. превысили ПДК в 7,8 раза, нитритного – в 7,5 раза. Среднегодовое содержание фосфатов в 2008 г. было больше ПДК в 6,3 раза, а 2009 г. – в 10,9 раза (ПДК = 0,89).

3. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Природные условия Республики Беларусь благоприятствуют накоплению и возобновлению значительных ресурсов подземных вод. Этому способствуют повсеместное распространение мощной толщи осадочных водопроницаемых отложений, влажный климат, благоприятные условия инфильтрации атмосферных осадков, тесная гидравлическая взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Подземные воды по качеству и назначению подразделяются на пресные и слабосоленоватые с солесодержанием менее 1 г/дм³ (питьевые и технические),

минеральные (лечебные), соленые (рассолы), содержащие полезные химические компоненты (промышленные) и термальные (теплоэнергетические).

Подземные воды относятся к категории полезных ископаемых, отличительной особенностью которых является их возобновляемость, динамичность ресурсов, тесная зависимость их количества и качества от изменчивых природно-климатических и антропогенных факторов.

3.1. Пресные подземные воды

Ресурсы пресных подземных вод на территории республики распространены повсеместно и связаны с разновозрастными геологическими формациями.

Подземные воды сосредоточены в 13 водоносных горизонтах, которые используются или могут использоваться для централизованного водоснабжения.

Мощность водоносных слоев пресных вод в разных районах Беларуси в целом варьирует от 50 – 150 м до 400 – 450 м и более при средней мощности до 250 – 300 м.

С 1961 по 2009 гг. на территории Республики Беларусь разведано 273 месторождений (участков водозаборов) для хозяйственно-питьевого водоснабжения 153 населенных пунктов с эксплуатационными запасами пресных подземных вод в количестве несколько более 6,66 млн м³/сут. (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Ресурсы подземных вод в границах административных областей

Области, речные бассейны	Ресурсы пресных подземных вод, тыс. м ³ /сут.	
	естественные	эксплуатационные
Брестская	4 339	5 603
Витебская	9 198	9 550
Гомельская	5 284	8 477
Гродненская	7 158	7 688
Минская	11 327	11 945
Могилевская	6 254	6 333
По Беларуси	43 560	49 596

В настоящее время действует 161 водозабор (59 % от числа разведанных), не эксплуатируется 112 месторождений (41 %).

Общее представление об использовании эксплуатационных запасов пресных подземных вод можно составить по данным, приведенным в табл. 3.2. Большая часть этих месторождений уже подлежит переоценке или не может быть освоена в связи с изменившейся экономической и экологической ситуацией (удаленность от потребителя, загрязнение подземных вод и др.) и возросшими требованиями к качеству вод.

Таблица 3.2

Утвержденные эксплуатационные запасы пресных подземных вод
(на 1.01.2009 г.)

Области	Количество населенных пунктов	Разведанные эксплуатационные запасы питьевых вод по категориям, тыс. м ³ /сут		Количество разведанных месторождений		
		A+B	A+B+C ₁ +C ₂ *	Всего	эксплуатируемых	Неэксплуатируемых
Брестская	26	781,7	905,1	40	28 (70 %)	12 (30 %)
Витебская	20	694,98	899,5	34	18 (53 %)	16 (47 %)
Гомельская	30	994,3	1142,4	52	35 (67 %)	17 (33 %)
Гродненская	19	624,4	760,3	29	17 (59 %)	12 (41 %)
Минская	33	1834,3	2504,1	76	41 (54 %)	35 (46 %)
Могилевская	25	716,97	830,72	42	22 (52 %)	20 (48 %)
По Беларуси	153	5646,65	7042,12	273	161 (59 %)	112 (41 %)

* А – наиболее разведанные, с точно определенными границами залегания и подготовленные к добыче.

В – предварительно разведанные запасы, с примерными запасами.

C₁ – разведанные в общих чертах и подсчитанные с помощью экстраполяции геологических данных.

C₂ – прогнозные запасы.

Результаты режимных наблюдений за уровнями подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов на конец 2009 г. подтверждают, что водозаборы работают в условиях установившегося или близкого к нему режима фильтрации, кроме находящихся в стадии строительства или начального этапа эксплуатации.

3.2. Минеральные воды

Республика Беларусь располагает значительными ресурсами минеральных вод, которые используются для санаторно-курортного лечения и употребления в лечебно-профилактических целях. Минеральные воды различного химического состава и минерализации содержатся в отложениях от мезозоя до верхнего протерозоя и трещиноватой зоны кристаллического фундамента.

На территории республики имеются 224 скважины с минеральной водой, которые находятся на территориях санаторно-курортных зон, лечебных учреждений и предприятий по розливу минеральных вод. Из них постоянно эксплуатируется 130 скважин, а остальные работают периодически или временно законсервированы.

Согласно нормативному документу СТБ 880-95 в зависимости от степени минерализации минеральные воды подразделяются на лечебно-столовые (минерализация 1 – 10 г/дм³), питьевые лечебные (минерализация 10 – 15 г/дм³) и бальнеологические (> 15 г/дм³).

Добыча минеральных вод в Республике Беларусь составляет 321,0 тыс. м³/год (117,0 – в санаториях и 204,0 – на предприятиях по розливу). Территории отдельных областей республики недостаточно освоены. Это связано как с неравномерным распределением ресурсов минеральных вод, так и со слабой изученностью многих районов, особенно северных и северо-восточных (Оршанская впадина), где пробурено недостаточное количество глубоких скважин, вскрывших весь осадочный чехол.

3.3. Качество подземных вод

Для Республики Беларусь свойственны маломинерализованные (от 15 – 50 до 500 – 700 мг/дм³) подземные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, которые удовлетворяют общим требованиям СанПиН 10-124 РБ 99. Вместе с тем известны обширные территории, где их качество не соответствует указанным стандартам из-за высокого содержания железа, реже марганца и бора, а также практически повсеместного дефицита фтора, йода, других микроэлементов и даже низкого общего солесодержания, не соответствующего оптимуму (200 – 500 мг/дм³) для питьевых вод.

На природное геолого-геохимическое загрязнение подземных вод накладывается интенсивное и разнообразное антропогенное загрязнение: промышленное, сельскохозяйственное и хозяйственно-бытовое. В результате подземные воды, а во многих местах и глубоко залегающие напорные загрязнены нитратами, тяжелыми металлами, высокотоксичными металлоорганическими ионными композициями, пестицидами, а также легко летучими органическими веществами высоких классов опасности (бензол, транс-1,2-дихлорэтилен, фенол, анилин, сероуглерод и др.).

Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны. Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из прудов-накопителей, отстойников, промышленных площадок, полигонов твердых бытовых отходов и др.

В пределах сельских и городских населенных пунктов химический состав грунтовых, а нередко и напорных подземных вод трансформируется под влиянием коммунально-бытового загрязнения. Оно формируется за счет утечек из выгребных ям и канализационных систем, поступления в подземные воды загрязненных стоков с полей фильтрации и полигонов коммунальных отходов. В пределах сельских населенных пунктов этому загрязнению, как правило, сопутствует сельскохозяйственное загрязнение (приусадебные участки, скотные дворы и др.), а в городах на коммунально-бытовое загрязнение накладывается промышленное загрязнение.

Загрязнение более глубоких водоносных горизонтов, используемых для централизованного водоснабжения, зависит от степени их защищенности. В результате из строя выводятся многие эксплуатационные скважины, отдельные крупные водозаборы и месторождения подземных вод, соответственно

уменьшаются и ранее оцененные ресурсы питьевых подземных вод – важнейшего гидрогеологического и стратегического потенциала Беларуси.

подавляющая часть (более 82 %) колодцев, составляющих основу водоснабжения многих сельских населенных пунктов и небольших городов, не удовлетворяет санитарным нормам по химическим (NO_3^- , Cl^- и др.) и микробиологическим показателям.

На площади всех сельскохозяйственных земель, где вносятся минеральные или органические удобрения, естественный гидрогеохимический фон подземных вод существенно нарушен. В первую очередь, это выражается в росте содержания в водах таких компонентов, как NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , и некоторых других. Участками особенно интенсивного сельскохозяйственного загрязнения неглубоко залегающих подземных вод являются животноводческие фермы и поля орошения животноводческими стоками. Загрязнение воды вызывается ростом в ней нитратов (до 80 – 150 мг/дм³) (ПДК = 9,0), аммония (до 5 – 18 мг/дм³) (ПДК = 0,39), хлоридов (до 100 – 180 мг/дм³) (ПДК = 300) и других компонентов.

Промышленное загрязнение проявляется в основном на локальных участках. Перечень компонентов промышленного загрязнения исключительно разнообразен и определяется главным образом характером производства и перечнем веществ, применяемых либо образующихся в технологических процессах. На предприятиях машиностроения и металлообработки – это нефтепродукты, тяжелые металлы; на предприятиях пищевой промышленности – органические вещества, хлориды и т. д.

Для Беларуси типичными примерами промышленного загрязнения являются техногенные ареалы, сформировавшиеся в районе Солигорских калийных комбинатов и Гомельского химического завода. В районе солеотвалов и шламохранилищ Солигорских калийных комбинатов на площади более 15 км² сформировалась зона хлоридно-натриевого засоления подземных вод, которая захватывает не только горизонт грунтовых вод, но также глубоко залегающие межморенный, палеогеновый и меловой водоносные горизонты.

В районе Гомельского химического завода на участках складирования твердых отходов (отвалы фосфогипса) и хранилищ жидких отходов (шламонакопители и др.) подземные воды существенно загрязнены по фосфатам, фтору, сульфатам, натрию и хлору.

Опасным источником загрязнения подземных вод являются радиоактивные выбросы при аварии на Чернобыльской АЭС. В настоящее время в пределах Беларуси площадь территории с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs выше 37 ГБк/м² (1 Ки/км²) составляет около 46 тыс. км². На этой территории проживает более 1,5 млн человек. Отмечено влияние поверхностного радионуклидного загрязнения на качество подземных вод. Так, в зоне техногенного ареала ЧАЭС активность подземных вод по цезию-137 (¹³⁷Cs) может достигать 0,2 – 0,58 Бк/дм³. По стронцию-90 (⁹⁰Sr) она находится в пределах от сотых до десятых долей Бк/дм³. И в том, и в другом случае это существенно выше доаварийных уровней: 0,0066 и 0,0033 – 0,0185 Бк/дм³ соответственно по ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Качество минеральных вод и возможность их целевого использования определяется общим солевым фоном (концентрации ионов-макрокомпонентов), наличием биологически активных микрокомпонентов, органических веществ, водорастворенных газов, температурой и радиоактивностью. Можно отметить, что каждая из этих групп показателей исследована недостаточно, не изучено их распределение по площади и в разрезе осадочного чехла. В связи с этим можно дать региональную оценку распространения отдельных типов лечебных минеральных вод. Подсчет запасов минеральных вод и оценка гидродинамических характеристик водоносных комплексов выполнены по отдельным скважинам и месторождениям и не дают общей региональной картины распространения пород-коллекторов и перспективных участков для добычи вод.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

4.1. Структура и объемы водопотребления и водоотведения

По данным государственного водного кадастра ежегодно уменьшается забор воды из водных объектов, а также сокращается использование свежей воды (табл. 4.1)

Таблица 4.1

Водопотребление и водоотведение

Показатели	млн. м ³ в год						2009 г. в % к 2008 г.
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
1. Забрано воды из водных объектов	1791	1773	1730	1698	1638	1573	96,0
2. Использовано свежей воды:	1646	1600	1546	1486	1410	1337	94,9
2.1. на питьевые и хозяйственные нужды	767	750	708	653	573	501	87,4
2.2. на производственные нужды	469	441	423	428	423	371	87,7
2.3. на нужды сельхозпроизводства	125	121	117	110	109	110	100,9
2.4. на орошение	8	6	17	6	5	6	120,0
2.5. в рыбном прудовом хозяйстве	277	282	281	288	300	350	116,7
3. Расходы воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения	6391	6369	6522	6349	6697	6134	91,6
4. Отведено сточных вод в водные объекты, всего	1138	1146	1082	1038	990	997	100,8
в том числе							
4.1. загрязненных и недостаточно очищенных	11	10	9,4	9,0	10,8	3,2	29,6
4.2. нормативно-очищенных	866	846	817	760	709	685	96,6
4.3. нормативно-чистых (без очистки)	261	290	256	269	270	309	114,4
5. Мощность очистных сооружений, после которых сточные воды отводятся в водные объекты	1351	1329	1390	1425	1450	1533	105,7
6. Количество отчитывающихся водопользователей	4254	4118	4005	3903	3740	3611	96,6

Значительное уменьшение забора воды из водных объектов и подземных вод обусловлено тем, что в 2008 г. существенно снижен объем забора воды для использования рядом крупных водопользователей (Новополоцкая ТЭЦ – на 10,0 млн м³, РПТУП «Рыбхоз «Волма» Червенский район – на 9,6 млн м³, Светлогорская ТЭЦ филиал РУП «Гомельэнерго» – на 8,7 млн м³, КПУП «Гомельводоканал» – на 5,2 млн м³, КПУП «Брестводоканал» – на 2,9 млн м³, ОАО «Могилевхимволокно» – на 2,1 млн м³, ОАО «Белшина» г. Бобруйск – на 1,7 млн м³).

4.2. Использование воды на питьевые и хозяйственные нужды

В настоящее время услуги по водоснабжению и канализации в Республике Беларусь оказывают 1460 организаций, из них 144 организации системы Минжилкомхоза, а остальные производственного профиля. При этом на долю организаций жилищно-коммунального хозяйства приходится более 85 % объема оказываемых услуг.

Оснащение жилых помещений, оборудованных водопроводом, групповыми и индивидуальными приборами учета воды дало возможность потребителям самостоятельно регулировать водопотребление. В настоящее время в республике индивидуальными приборами учета воды оснащено более 2,4 млн квартир (96 % жилых помещений), что позволило за последние два года снизить потребление воды населением на 113 млн м³ или на 22 %.

В 2009 г. организациями жилищно-коммунального хозяйства населению отпущено 352 млн м³ воды, в том числе в городах и поселках городского типа – 322 млн м³, в сельских населенных пунктах – 30 млн м³. Прослеживается устойчивая тенденция сокращения водопотребления населением. По сравнению с 2003 г. общее водопотребление снизилось на 38 % (рисунок).

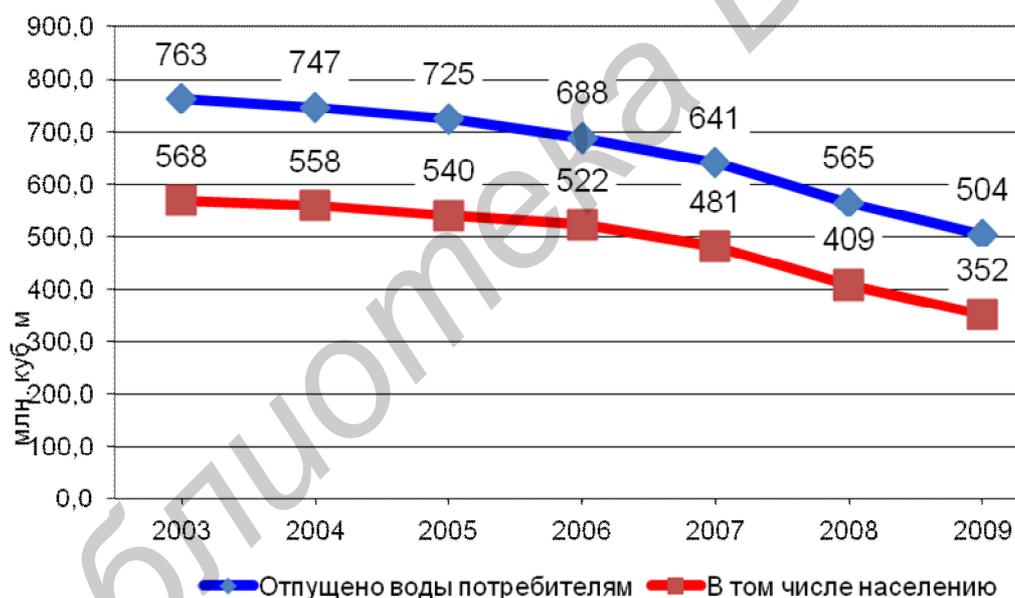


Рис. Снижение водопотребления (на 38 % к уровню 2003 г.)

На коммунально-бытовые нужды в 2009 г. отпущено 102 млн м³ воды, в том числе в городах и поселках – 95 млн м³, в сельских населенных пунктах – 7 млн м³.

В Республике Беларусь в 2009 г. удельное потребление воды составило 140 – 150 л на 1 чел./сутки (4,2 – 4,5 м³/месяц) и приблизилось к показателям развитых европейских стран (в Германии, Франции, Швеции этот показатель 130 – 180 л на 1 чел./сутки или 4 – 5,5 м³/месяц).

Потери и неучтенные расходы воды в 2009 г. составили 143 млн м³ или 22 % от поступающей в сеть (в 2008 г. – 19 %, в 2003 г. – 14 %). Данный показа-

тель связан с установкой приборов учета воды в жилищном фонде и потерями при транспортировке.

4.3. Использование воды на производственные нужды

Одним из крупнейших промышленных потребителей воды являются энергетические предприятия, которые используют 90 млн м³ воды из поверхностных водных объектов и 6 млн м³ подземных вод.

По предприятиям Минэнерго в течение 2000 – 2010 гг. забор воды уменьшился на 45 % (47 % поверхностных вод, 40 % из подземных источников).

Для производственного водоснабжения широко используются подземные воды, добыча которых остается стабильной на протяжении последних 10 лет. В то же время использование поверхностных вод снизилось с 343 млн м³ в 2000 г. до 210 млн м³ в 2009 г. Таким образом, при общем снижении водопотребления промышленностью на 30 % доля использования подземных вод увеличилась с 23 % в 2000 г. до 32 % в 2010 г.

По предприятиям Минпрома в течение 2000 – 2010 гг. забор воды уменьшился на 34 % (46 % поверхностных вод, 25 % подземных вод), по предприятиям Белорусского производственно-торгового концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности – на 17 %, по предприятиям Белорусского государственного концерна по нефти и химии – на 15 % (табл. 4 2).

Таблица 4.2

Основные показатели использования воды предприятиями Министерства промышленности

Годы	Использовано воды всего, тыс. м ³	Использовано воды на хозяйственные нужды, тыс. м ³	Использовано воды на производственные нужды, тыс. м ³	Оборотное водоснабжение, тыс. м ³
2005	30 938	13 320	17 403	425 015
2006	30 616	13 684	16 466	445 207
2007	30 644	13 304	17 011	462 616
2008	27 277	11 882	15 109	475 127
2009	23 212	11 209	11 473	455 674

Использование воды из подземных источников для производства алкогольных, слабоалкогольных, безалкогольных напитков и пива составило 2,9 млн м³, из которых 0,3 млн м³ использовано для производства питьевой и минеральной воды.

Предприятиями Республики Беларусь разрабатываются водохозяйственные балансы, индивидуальные и отраслевые технологические нормативы водопотребления и водоотведения.

4.4. Пользование водными объектами без изъятия водных ресурсов

4.4.1. Гидроэнергетика

В настоящее время гидроэнергетический потенциал Беларуси освоен лишь на 6 % от экономически целесообразного объема использования. В 1950 – 1960 гг. было построено до 180 небольших ГЭС общей мощностью около 20 МВт (наиболее крупная – Осиповичская ГЭС на реке Свислочь мощностью 2,25 МВт). С развитием единой энергетической системы СССР большинство малых ГЭС было законсервировано. К концу 80-х гг. в Беларуси работали только четыре малые ГЭС.

В условиях сложившегося дефицита топливно-энергетических ресурсов восстановление и строительство малых ГЭС является одним из перспективных направлений использования гидроэнергетического потенциала страны. В настоящее время построено и восстановлено порядка 20 малых ГЭС с общей установленной мощностью 14,6 МВт (единичной мощностью от 30 кВт до 2,1 МВт).

В перспективе до 2020 г. предусматривается восстановление и строительство малых ГЭС общей мощностью более 200 МВт, в основном за счет строительства каскадов ГЭС на реках Неман, Западная Двина и Днепр.

В 2008 г. начато строительство малых ГЭС (МГЭС) на существующих гидроузлах Днепро-Бугского канала. В 2008 – 2009 гг. приняты в эксплуатацию МГЭС «Дубой» с установленной мощностью 330 кВт и МГЭС «Кобрин» с установленной мощностью 135 кВт. Использование указанных МГЭС позволяет экономить до 540 т условного топлива в год и соответственно сокращать выбросы вредных веществ в атмосферу.

Выработка электрической энергии после реализации данных проектов составит порядка 805,5 млн кВт/ч. Это позволит экономить 225,5 млн м³ природного газа, что эквивалентно использованию 255 тыс. т. у. т. в год.

4.4.2. Транспортное использование водных объектов

Водный транспорт имеет экологические и экономические преимущества по сравнению с другими видами транспорта, а это обеспечивает снижение негативного воздействия на окружающую природную среду.

Общая протяженность внутренних водных путей республики составляет около 3 тыс. км. Из них эксплуатируются внутренним водным транспортом 1,6 тыс. км: реки Днепр, Припять, Березина, Сож, Неман, Западная Двина, а также Днепро-Бугский канал.

На внутренних водных путях республики функционирует 10 речных портов: Брест, Пинск, Микашевичи, Мозырь, Гомель, Речица, Бобруйск, Могилев, Витебск, Гродно. Каждый речной порт имеет собственную зону деятельности

по участкам рек и линейные пристани по обработке грузов. Речные порты Гомеля, Мозыря, Бобруйска имеют на причалах подъездные железнодорожные пути и располагают необходимой техникой для обработки грузов, следующих в смешанном железнодорожно-водном сообщении.

За период с 2002 по 2009 гг. объем перевозок грузов внутренним водным транспортом увеличен в 3,4 раза и в 2009 г. он составил 5,46 млн т. Кроме того, в 2009 г. организациями водного транспорта выполнена перевозка пассажиров в объеме 180,2 тыс. чел.

Для охраны внутренних водных путей от загрязнения на всех судах осуществляется сбор подсланевых, фекальных вод и бытового мусора с последующей сдачей их на очистные и перерабатывающие станции. Суда с неисправными системами для закрытого приема топлива и масла, сбора и удаления подсланевых вод машинного отделения, загрязненных нефтепродуктами, сбора и удаления фекалий к эксплуатации не допускаются.

4.4.3. Рекреационное использование водных объектов

Республика Беларусь обладает богатым природным потенциалом для развития оздоровительного, экологического, рекреационного, спортивного туризма – обширные, хорошо сохранившиеся лесные, лесоозерные, лесоречные природные комплексы, включающие памятники природы, природные лечебные ресурсы, охотничьи и рыболовные угодья с условиями для организации пешеходных, конных, велосипедных и особенно водных (лодочных, теплоходных, байдарочных, парусных) туристских путешествий, отдыха и оздоровления в природной среде. Водный туризм является одним из наиболее эффективных видов отдыха, применяемом в оздоровительном и спортивном туризме и доступном для всех категорий населения.

Наиболее перспективной частью природно-рекреационного потенциала республики являются водные объекты Беларуси. В настоящее время на них расположено 18 зон отдыха республиканского значения. Вдоль речных артерий сосредоточены санатории (на 16,3 тыс. мест), санатории-профилактории (на 15,3 тыс. мест), пансионаты и дома отдыха (на 2,8 тыс. мест), детские оздоровительные лагеря (на 70 тыс. мест), турбазы и гостиницы (на 4,7 тыс. мест).

В табл. 4.3 представлены данные о состоянии воды водоемов 2-й категории, используемых в рекреационных целях. Качество воды этих водоемов регламентируется СанПиН «Гигиенические требования к содержанию и эксплуатации водных объектов при использовании их в рекреационных целях», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. №238.

Качество вод, которые используются для купания
(водоемы 2-й категории)

Показатели	Доля проб, не соответствующих нормативам качества, %	
	2005 год	2009 год
Санитарно-химические	15,08	22,49
Бактериологические	9,02	10,05

По возможности использования объектов историко-культурного наследия Республики Беларусь при организации водных туристских маршрутов можно выделить несколько регионов, имеющих природно-ландшафтные и этнокультурные особенности. В их пределах сконцентрированы наиболее значимые исторические объекты, которые могут быть использованы при оказании туристических услуг. Среди них районы Августовского, Днепро-Бугского и Огинского каналов, реки Щара, Неман и Березинская водная система, которые могут принимать около 50 тыс. туристов в год.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Методика расчета нормативов допустимых сбросов (ДС) и допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водотоки

Методика основывается на данных гидрологических изысканий участка водотока и результатах аналитических исследований качества сточных и речных вод.

Коэффициент турбулентной диффузии E определяется по формуле

$$E = V_{\text{CP}} \cdot H_{\text{CP}} / 200, \quad (5.1)$$

где V_{CP} – средняя скорость течения воды, м/с;

H_{CP} – средняя глубина водотока на участке между выпуском сточных вод и контрольным створом, м.

Коэффициент α , учитывающий гидравлические факторы смешения сточных вод с водой водотока, определяется по формуле

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (5.2)$$

где φ – коэффициент извилистости водотока, равный отношению расстояний между выпуском и контрольным створом по фарватеру и по прямой;

ξ – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа выпуска ($\xi = 1$ при береговом и $\xi = 1,5$ при русловом выпуске);

q – расход сбрасываемых сточных вод, м³/с.

Коэффициент смешения сточных вод с водой водотока a рассчитывается по формуле

$$a = \frac{1 - 2,72^{-7,94 \cdot \alpha}}{1 + (Q/q) \cdot 2,72^{-7,94 \cdot \alpha}}, \quad (5.3)$$

где Q – расход воды в водотоке, м³ / с .

Расчетная допустимая концентрация ДК загрязняющего вещества в сточных водах, мг/дм³ или мг/л, рассчитывается по формуле

$$\text{ДК} = a \frac{Q}{q} (\text{ПДК} - \text{Сф}) + \text{ПДК}, \quad (5.4)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водотока, мг/дм³;

Сф – фоновая концентрация того же загрязняющего вещества в воде водотока выше створа выпуска сточных вод, мг/дм³.

Исходя из нормативов допустимых концентраций, нормы предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ определяются по формуле

$$\text{ДС} = q \cdot \text{ДК}, \quad \text{г/ч, т/г} \quad (5.5)$$

По показателю г/ч оценивается эффективность работы очистных сооружений, по т/г рассчитывается плата за природопользование.

Данные для расчета приведены в табл. 5.1, 5.2.

5.2. Расчет индекса загрязнения вод (ИЗВ)

Обобщенная оценка состояния поверхностных вод осуществляется по ИЗВ, который рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \dots + \frac{C_6}{\text{ПДК}_6}. \quad (5.6)$$

Данные для расчета приведены в табл. 5.3.

5.3. Разбавление сточных вод

Для определения степени разбавления n сточных вод, сбрасываемых в непроточные водоемы, используется уравнение

$$n = (C_0 - C_B) / (C - C_B), \quad (5.7)$$

где C_0 – концентрация загрязняющего вещества в выпускаемых сточных водах;
 C_B и $(C = \text{ПДК})$ – концентрация загрязняющих веществ в водоеме до и после выпуска соответственно.

Разбавление сточных вод, сбрасываемых в водотоки, определяется по формуле

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q}. \quad (5.8)$$

Величины, входящие в формулу (5.8), приведены выше.

5.4. Температурный режим

Особое внимание следует уделять температурному режиму водоемов р/х назначения, т. к. с повышением температуры восприимчивость организмов к токсичным веществам увеличивается, что нередко приводит к гибели рыбы. Для этой категории водоемов температура воды при спуске сточных вод не должна повышаться в летний период более чем на 3°C , а в зимний период – более чем на 5°C .

Температура сбрасываемых в водный объект сточных вод должна удовлетворять условию

$$T \leq (a \cdot \frac{Q}{q} + 1) \cdot T_{\text{доп}} + T_B, \quad (5.9)$$

где T – температура сбрасываемых сточных вод;

$T_{\text{доп}}$ – допустимое повышение температуры воды водного объекта, $^{\circ}\text{C}$;

T_B – температура воды водного объекта в фоновом створе, $^{\circ}\text{C}$.

5.5. Контрольные задания

Задание 1. Рассчитать нормативы допустимых сбросов (ДС) и допустимых концентраций (ДС), загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водотоки рыбохозяйственного назначения. Исходные данные приведены в табл. 5.1, 5.2. Фоновые концентрации принимаются в размере 60 % от ПДК.

Задание 2. Рассчитать ИЗВ, степень разбавления сточных вод, сбрасываемых в водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, а также температурный режим для летнего и зимнего периодов (T_B летом – 20°C , зимой – 4°C).

Таблица 5.1

Исходные данные (сточные воды)

Наименование показателей, мг/дм ³	Варианты							ПДК для р/х назначения, мг/дм ³
	1	2	3	4	5	6	7	
	Расход сточных вод, м ³ /с							
	0,015	0,016	0,016	0,17	0,018	0,017	0,021	
	Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, мг/дм ³							
Взвешенные вещества	7,1	7,0	8,0	8,3	8,1	7,9	7,8	9,85
Сухой остаток	430	-	510	-	830	-	990	1000
БПК ₅	4,7	4,3	4,9	4,35	4,63	4,1	3,9	2,3
ХПК	-	-	-	12,0	-	11,5	-	15,0
Азот аммонийный	0,36	-	0,41	-	0,32	-	0,40	0,39
Азот нитритный	0,06	-	-	0,07	-	-	-	0,08
Азот нитратный	-	9,8	-	-	-	8,1	-	9,0
Фосфаты	-	-	-	0,85	-	-	-	0,89
Фосфор общий	-	-	0,2	-	-	-	0,17	0,2
Хлориды	345	-	-	-	250	-	-	300
Сульфаты	-	91,0	-	-	-	97,0	-	100
Нефтепродукты	-	-	-	0,05	-	-	-	0,05
СПАВ	-	-	-	-	0,35	-	-	0,5
Железо	0,35	-	1	-	-	0,15	-	0,1
Медь	-	0,01	-	-	-	-	0,012	0,001
Цинк	-	-	-	-	0,012	-	-	0,01
Свинец	-	-	0,06	-	-	-	-	0,1
Хром	-	-	-	-	-	0,11	-	0,1

Таблица 5.2

Исходные гидрологические данные

Номер варианта	Расход воды в русле реки, м ³ /с	Средняя глубина <i>H</i> , м	<i>V</i> _{ср} , м/с	Коэффициент извилистости
1	1,05	0,85	0,45	1,06
2	1,10	1,15	0,42	1,07
3	1,12	0,96	0,30	1,10
4	1,3	1,20	0,41	1,12
5	1,45	1,10	0,52	1,05
6	1,35	1,25	0,37	1,08
7	0,95	0,97	0,41	1,07

Данные для расчета ИЗВ

Наименование показателей, мг/дм ³	Варианты							ПДК, мг/дм ³
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Растворенный кислород	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	6,0
2. БПК (биохимическое потребление кислорода)	1,8	1,7	1,9	1,7	1,8	1,6	1,6	3,0
3. Азот аммонийный	0,11	0,12	-	0,10	0,13	-	0,12	0,39
4. Азот нитратный	0,01	-	0,03	0,02	-	0,03	0,01	0,08
5. Фосфор фосфатный	0,2	0,3	-	0,4	-	0,25	-	0,89
6. Нефтепродукты	-	0,01	0,012	-	0,013	-	0,013	0,05

5.6. Контрольные вопросы

1. Основные загрязнители водных ресурсов.
 1. Какими ресурсами речного стока располагает Беларусь?
 2. В бассейнах каких рек формируется основной объем местного речного стока?
 3. Какое количество воды находится в озерах, водохранилищах, прудах?
 4. Как классифицируются поверхностные воды по степени загрязнения?
 5. Каким объемом пресных подземных вод располагает Беларусь?
 6. В целом какая оценка качества подземных вод?
 7. Основные источники загрязнения поверхностных вод.
 8. Источники загрязнения подземных вод.
 9. Какие участки рек наиболее загрязнены?
 10. Какова динамика использования поверхностных и подземных вод?
 11. Какие факторы повлияли на уменьшение забора вод из природных источников?
 12. Основные показатели, контролируемые при сбросе сточных вод в водоемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаенок, И. С. Основы экологии и экономика природопользования : учеб. пособие к практ. занятиям для студ. эконом. спец. БГУИР всех форм обуч. / И. С. Асаенок, Т. Ф. Михнюк. – Минск : БГУИР, 2005.
2. Бражников, М. М. Оценка загрязненности водных ресурсов : метод. пособие / М. М. Бражников, И. И. Кирвель, А. С. Калинович. – Минск : БГУИР, 2009.
3. Власов, Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси : геоэкологическое состояние, изменение и прогноз / Б. П. Власов. – Минск : БГУ, 2004. – 207 с.
4. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество (за 2008 год). – Минск : ЦНИИКИВР, 2009.
5. Инструкция по нормированию сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты : постановление Минприроды РБ №2. – Минск, 2006.
6. Состояние и использование водных ресурсов. Экологическая ситуация в РБ в 1992 – 1993 гг. : справочно-статистический сборник / А. С. Калинович [и др.]. – Минск, 1994.
7. Эксплуатация водохозяйственных объектов : справочник «Водное хозяйство» / А. С. Калинович [и др.]. – М. : В/О Агропром, 1988.
8. Кирвель, И. И. Пруды Беларуси как антропогенные водные объекты, их особенности и режим / И. И. Кирвель. – Минск : БГПУ, 2005.
9. Кирвель, П. И. Закономерности формирования температурного и ледового режимов озер Беларуси : автореф. дис. канд. геогр. наук / П. И. Кирвель. – Минск, 2010.
10. Лопух, П. С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана / П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2000.
11. Передельский, Л. В. Экология / Л. В. Передельский, В. И. Коробкин, О. Е. Приходченко. – М. : Проспект, 2008.
12. Пятое национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по рамочной конвенции ООН об изменениях климата. – Минск : «БелНИЦ «Экология», 2010.
13. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень. 2008 год. – Минск, 2009.
14. Справочник. Водное хозяйство / под ред. И. И. Бородавченко. – М. : ВО Агропромиздат, 1988.
15. Яковлев, М. Г. Водные ресурсы Республики Беларусь (распространение, формирование, проблемы использования и охрана) / М. Г. Яковлев, О. В. Шершнеф, И. И. Кирвель. – Минск : БГПУ, 2005.

Учебное издание

Бражников Михаил Михайлович
Калинович Анатолий Станиславович
Кирвель Павел Иванович

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Основы экологии и энергосбережения»

Редактор Н. В. Гриневич
Компьютерная верстка Ю. Ч. Ключкевич

Подписано в печать 26.04.2011.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 1,74.
Уч.-изд. л. 1,3.	Тираж 200 экз.	Заказ 926.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0494371 от 16.03.2009. ЛИ № 02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6