

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

УКРАИНА

**ТАВРИЧЕСКИЙ ГУМАНИТАРНО - ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

Л.М. Соцкова, В.Ф. Сирик

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Учебное пособие для студентов дневной и заочной формы обучения

Симферополь, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. ВОДА В ПРИРОДЕ	6
1.1. Распределение воды на земном шаре	6
1.2. Физические и химические свойства воды	8
1.3. Круговорот воды в природе	11
Глава 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	21
2.1. Водные ресурсы и их пространственно-временная трансформация	21
2.2. Водные ресурсы Украины	26
2.3. Водные ресурсы Крыма	44
Глава 3. ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО	58
3.1. Водное хозяйство как отрасль государственного хозяйства. Особенности и проблемы организации	58
3.2. Водохозяйственный комплекс	71
Глава 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	76
4.1. Основные потребители воды. Категории водопотребителей и водопользователей	76
4.1.1 Промышленное водопотребление	78
4.1.2. Коммунально-бытовое водопользование	81
4.2. Водопользование в сельском хозяйстве	108
4.2.1. Водная миграция загрязняющих веществ, принципы нормирования и методы оценки качества воды для орошения	114
Глава 5. ВОДООТВЕДЕНИЕ	148
5.1. Системы водоотведения	148

5.2. Вопросы теории процессов загрязнений и самоочищения рек и водоемов. Моделирование качества воды в водном объекте	156
Глава 6. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	178
6.1. Качественные и количественные изменения водных ресурсов промышленными и коммунально-бытовыми стоками	181
6.2. Качественные и количественные изменения водных ресурсов под влиянием урбанизации	193
6.3. Влияние мелиоративных мероприятий	196
6.3.1. Мелиорация почв в Крыму и ее роль в развитии сельского хозяйства	198
6.3.2. Орошаемое земледелие в Крыму	203
6.3.3. Коллекторно-дренажные воды в Крыму, количество, качество и технологии их использования для орошения сельскохозяйственных культур	208
Глава 7. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС	212
Глава 8. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ	224
8.1. Поверхностные водные ресурсы	225
8.2. Подземные воды	229
8.3. Водоснабжение	230
8.4. Орошение	232
Глава 9. ИНТЕГРИРОВАННОЕ ВЕДЕНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНАХ	234
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	243
ЛИТЕРАТУРА	244

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие «Водное хозяйство» предназначено для углубленного изучения одноименной дисциплины студентами дневной и заочной форм обучения. Учебное пособие написано в соответствии с программой учебного курса.

Бурное развитие промышленности и интенсификация сельского хозяйства, увеличение населения и урбанизация вызывают неуклонный рост водопотребления. Ограничность водных ресурсов для многих стран мира является важнейшей проблемой, требующей практических решений. Проблемы комплексного использования вод и их охраны приобрели в настоящее время огромное значение также для Украины и особенно для Крыма. Водные запасы Украины и Крыма ограничены. Вместе с тем за последние годы суммарный объём водопотребления постоянно возрастает. Угроза водного дефицита возникла из-за экстенсивного развития водного хозяйства, для которого характерны постоянный рост водопотребления, загрязнение водоёмов, сокращение водности рек.

В основу настоящего учебного пособия положены лекции, прочитанные авторами на географическом факультете Таврического национального университета им. В.И. Вернадского и на экологическом факультете Таврического гуманитарно-экологического института, а также материалы Рескомитета по водному хозяйству Крыма.

Будущие специалисты должны обладать глубокими знаниями и способностью самостоятельно анализировать водохозяйственные проблемы и решать сложные задачи по рациональному использованию водных ресурсов, предотвращению их от истощения и загрязнения.

Пособие знакомит студентов со структурой, задачами и проблемами организации водного хозяйства.

Изложенный в пособии круг вопросов должен помочь решению задач водообеспечения на основе приемов ресурсосберегающих и природоохранных технологий. Наряду с рассмотрением вопросов функционирования сложных водохозяйственных комплексов изложены основные положения о структуре, проблемах водного хозяйства Крыма и методах его оптимизации; категориях водопотребителей, динамике роста промышленного, сельскохозяйственного и коммунально-бытового водопотребления; системах водопотребления и водоотведении. В девяти главах книги последовательно рассмотрены материалы, формирующие у студентов пониманий водных ресурсов как ведущего условий, определяющего развитие региона, а водного хозяйства как необходимого элемента водохозяйственного комплекса.

Особое внимание уделяется проблемам влияния водохозяйственных объектов на окружающую среду, рационального использования и охраны вод Крыма.

ГЛАВА 1. ВОДА В ПРИРОДЕ

1.1. Распределение воды на земном шаре

Нашу планету Земля можно было бы по праву назвать планетой Океан. Из общей площади поверхности земного шара, которая составляет 510 млн. км², лишь 29,2% приходится на долю суши, а 70,8% занимают океаны и моря.

В геологических процессах формирования земной коры и поверхности земли, в образовании осадочных и многих изверженных пород и полезных ископаемых, в процессах органической жизни вода имеет важнейшее значение.

Основные запасы земной воды (94% её объёма) приходится на Мировой океан. Мировой океан покрывает 361 млн. км² поверхности Земли, а объём его составляет 1338 млн. км³. Если это количество воды равномерно распределить по всей земной поверхности, то вода покрыла бы её слоем толщиной в 2,6 км и Земля действительно превратилась бы в планету Океан.

Из общего количества воды на Земле только 35 млн. км³ или около 2,5% приходится на долю пресных вод, представляющих наибольший интерес для человечества. На каждого жителя Земли приходится около 7 млн. м³ пресной воды, но, к сожалению, подавляющая часть этого богатства находится в состоянии, труднодоступном для человека.

Почти 70% пресных вод (24 млн. км³) аккумулировано в ледниковых покровах Арктики и Антарктиды и в горных ледниках других материков.

Около 30% пресной воды сосредоточено в водоносных слоях под землёй. Ориентировочно объём подземных вод до глубины 2 000 м оценивается гидрологами в 23,4 млн. км³ в том числе 10,5 млн. км³

составляют пресные воды. Из них около 4 млн. км³ относятся к зоне активного водообмена.

Определённые запасы влаги содержаться в почве в виде гигроскопической капиллярной или гравитационной воды, а также в виде водяного пара. Объём почвенной влаги составляет 85 тыс. км³.

До 176 тыс. км³ воды содержится в озёрах, но лишь около половины этого объёма (91 тыс. км³) приходится на долю пресных вод.

Свообразными аккумуляторами пресной воды являются болота - переувлажнённые участки суши, покрытые влаголюбивой растительностью. Общая площадь болот на земном шаре составляет приблизительно 3 млн. км², то есть они занимают около 2% суши. Объём болотных вод на земном шаре составляет 11,47 тыс. км³.

Объём воды в руслах рек измерить практически невозможно, так как он постоянно меняется во времени. Однако по косвенным данным гидрологи определили, что в руслах всех рек мира при среднем уровне воды одновременно должно содержаться около 2120 км³ воды или около 0,006% вод Земли. Этот объём распределяется по речным руслам отдельных континентов следующим образом: Европа - 80 км³, Азия - 565 км³, Африка - 195 км³, Северная Америка - 250 км³, Южная Америка - 1000 км³, Австралия и Океания - 25 км³.

Значительное количество влаги (до 14 тыс. км³) содержится в атмосфере нашей планеты в виде водяного пара или его конденсата, то есть в виде капель воды и ледяных кристаллов. Основная масса атмосферной влаги (90%) находится в нижних слоях атмосферы - до высоты 5 км. И, наконец, 1,1 тыс. км³ составляет, так называемая, биологическая вода, входящая в состав животных и растительных организмов.

Таблица 1.1. Распределение воды на Земле

Часть гидросферы	Объем воды, тыс. км ³	Процент от общего объема гидросферы
Мировой океан	1 338 000	93,96
Воды суши, в том числе:		
-подземные воды	60 000	4,12
-ледники	24 000	1,65
-озера	176	0,19
-почвенная влага	85	0,006
-атмосферные пары	14	0,001
-болота	11,47	0,001
-реки	2,10	0,0001
-биологическая вода	1,10	0,00009

Распределение воды на Земле по данным Львовича (1974) и Спенглера (1980) представлено в табл.1.1. и рис.1.1.

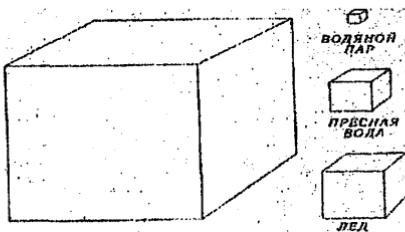


Рис. 1. 1. Соотношение запасов пресной воды, водяного пара и льда в гидросфере

1.2. Физические и химические свойства воды

Удельная теплоёмкость воды чрезвычайно велика по сравнению с удельной теплоёмкостью других тел. Поэтому летом она медленно нагревается, а зимой медленно остывает, являясь, таким образом, естественным регулятором климата на планете.

Чистая вода представляет собой бесцветную (в толстом слое - голубовато-зелёную) прозрачную жидкость, не имеющую ни вкуса, ни запаха.

Почти все физико-химические свойства воды исключительны, аномальны, причём некоторые из аномалий воды имеют огромное значение для важнейших планетарных процессов, для возникновения и поддержания жизни на Земле. Максимальная плотность воды достигается при температуре 3,98°C; при охлаждении её до 0°C или при нагревании выше 3,98°C вода расширяется и плотность её уменьшается. Аномальное расширение воды при замерзании способствует тому, что водоёмы в зимний период не промерзают до дна и в них сохраняется жизнь.

Вода обладает самым высоким поверхностным натяжением из всех жидкостей, за исключением ртути, что способствует её фильтрации через пористые породы земной коры.

Благодаря высокой диэлектрической постоянной вода обладает большей растворяющей и тонизирующей способностью, чем другие жидкости. Поэтому многие растворённые в ней вещества диссоциируют на ионы и в таком виде участвуют в химических и биохимических процессах, что ускоряет протекание реакций.

Все аномальные особенности воды связаны с её структурой и способностью молекул воды образовывать молекулярные ассоциаты. Молекула воды состоит из атома кислорода и двух атомов водорода H-O-H.

В твёрдой воде (лёд) атом кислорода в каждой молекуле участвует в образовании двух водородных связей с соседними молекулами. Молекулы располагаются слоями: между ними имеются пустоты, размеры которых превышают размеры молекулы H₂O.

При плавании льда часть водородных связей разрушается, и жидкая вода при температурах, близких к 0°C, содержит как остатки структуры льда, так и отдельные молекулы, которые могут размещаться в пустотах кристаллов

льда. "Упаковка" молекул становится более плотной, объём воды уменьшается, а плотность не возрастает.

При дальнейшем нагревании воды этот процесс продолжается и интервале температур от 0 до 4°C превалирует над процессом теплового расширения, так что плотность воды продолжает возрастать. Однако при превышении температуры 4°C влияние теплового движения молекул усиливается настолько, что плотность воды начинает уменьшаться

Поэтому вода обладает максимальной плотностью именно при 4°C. Водородные связи между молекулами воды полностью разрываются лишь при переходе воды в пар.

Вода обладает высокой реакционной способностью. Наиболее активные металлы (K, Na, Ba и др.) взаимодействуют с водой с выделением водорода, менее активные (Mg , Ca) разлагают воду при нагревании. Высокая реакционная способность воды обусловливает её активное участие практически во всех процессах, протекающих в природе.

Вода в природе распространена в состоянии естественных растворов. Даже дождевая вода содержит в своём составе растворённые кислород и азот воздуха, углекислоту и незначительные количества окислов азота, аммонийных солей и хлористого натрия, который в виде тончайших частиц пыли всегда находится в воздухе и захватывается дождовыми каплями. Значительно большее количество веществ содержится в пресных водах рек, озёр, в грунтовых и артезианских водах. Ещё большее количество солей растворено в так называемых минеральных водах и водах океана. В зависимости от происхождения природных вод качественный состав и количественное содержание растворенных в них веществ резко меняется. В некоторых природных водах обнаружено более 60 химических элементов.

Согласно классификации ЮНЕСКО природные воды делятся по степени минерализации на семь классов: ниже 1,0 г/л пресная вода; минерализованная более 1,0 г/л; 1-3 г/л - слабосолёная; 3-10 г/л -

среднесолёная; 10-35 г/л - солёная; около 35 г/л - океаническая и более 35,0 г/л - рассолы.

В водах солёных озёр, отлагающих соль, содержание растворимых солей достигает 300 г/л.

Наряду с минеральными компонентами вода растворяет в себе то или иное количество природных газов: углекислоту, кислород, азот, сероводород, аммиак, гелий, радон и другие газы, выделяющиеся в некоторых случаях в свободное время. Природные воды содержат в своём составе также органические соединения, являющиеся продуктом жизнедеятельности организмов. Являясь солевыми растворами, природные воды могут быть подразделены по этому признаку на воды с преобладанием гидрокарбонатных, сульфатных и хлористых солей.

Солевой состав воды не остаётся постоянным, но и в результате взаимодействия с вмещающими горными породами (и в том числе с почвами) претерпевает химические изменения. Главная масса подземных вод заключена в породах и пустотах осадочных пород, образующих водоносные горизонты, по которым вода двигается по законам гидравлики - от областей питания, расположенных на более высоких отметках рельефа к пониженным участкам. Подземным водам свойственна зональность в их распространении по площади, в пределах одного и того же водоносного горизонта, и по вертикали - сверху вниз. Верхней зоне свойственны маломинерализованные гидрокарбонатно-кальциевые воды, насыщенные кислородом. Средней зоне - сульфатно-хлоридный состав вод (иногда с сероводородом) и смена окислительной среды на восстановительную. Нижняя зона отличается весьма затрудненным водообменом.

1.3. Круговорот воды в природе

Все воды на Земле – океанические, атмосферные, поверхностные и подземные – благодаря лучистой энергии Солнца и силе тяжести тесно взаимосвязаны и образуют единый круговорот воды в природе.

Глобальный круговорот воды обеспечивается циклами, включающими как процессы образования осадков за счет атмосферной влаги, испарения с поверхности океанов, морей, суши, транспирации воды растениями, так и процессами образования грунтовых вод суши, поверхностного и речного стока.

Движущей силой круговорота является энергия Солнца, а основным источником воды – Мировой океан. Почти четверть всей падающей на Землю солнечной энергии расходуется на испарение воды с поверхностей водоемов. *Объемы перемещаемой в круговороте воды огромны и могут быть охарактеризованы составляющими мирового годового водного баланса.* Приходная часть включает осадки на поверхность суши, океана и речной сток в океан. Расходная часть – испарение с поверхности суши и океана. Приход и расход воды в целом по земному шару составляет около $525\ 100\ km^3$. Для сравнения укажем, что средний годовой сток реки Днепр составляет около $53,5\ km^3$.

Основные звенья глобального круговорота воды и связи между ними показаны на рис. 1.2.

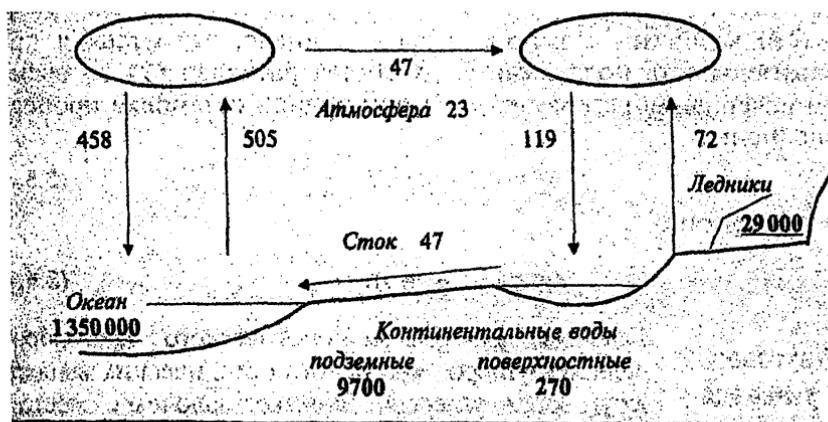


Рис.1.2. Глобальный круговорот воды на Земле и основные его звенья (резервуары)

Объемы звеньев (резервуаров) - в тыс. км³ /год. Потоки влаги: испарение, перенос в атмосфере, осадки, сток - в тыс. км³ /год.

Это самый значительный по переносимым массам и по затратам энергии круговорот на Земле. За год в него вовлекается всего 0,4% массы гидросферы, но это соответствует 18,3 млн. м³ воды за секунду и более 40 млрд. МВт солнечной энергии. Речной сток составляет только 8% глобального гидрологического цикла.

Принято различать малый и большой круговорот воды (рис.1.3). За счет притока солнечной энергии с поверхности океанов, морей и суши испаряется 577 тыс. км³ воды в год. Большая часть воды, испарившейся с поверхности океанов (452 600 км³), возвращается снова в океан в форме выпадающих над ним осадков, совершив малый круговорот.

Водяной пар, перенесенный воздушными течениями на сушу, при благоприятных условиях конденсируется и выпадает в виде атмосферных осадков. Испарение с поверхности Земли происходит повсеместно. Большая часть влаги испаряется из Мирового океана, занимающего около 2/3 площади поверхности планеты. Эта влага в атмосфере превращается в капли воды и кристаллы льда, образует облака. Осадки из облаков выпадают частично над океаном, частично над сушей. Выпавшие над сушей осадки либо вновь испаряются, либо стекают в реки, либо просачиваются вглубь, пополняя запасы подземных вод. Подземные воды питают реки, а реки выносят воду в Мировой океан. Таким образом, вода, испарившаяся с океана и переместившаяся на сушу, вновь через некоторое время попадает в океан. Так заканчивается круговорот воды в природе. Быстрее всего возвращаются в океан воды, выпавшие над ним в виде осадков, затем вода, попавшая в реки. Гораздо дольше задерживается на суще вода, консервированная в ледниках, и подземная вода глубоких водоносных горизонтов.

Исследователи считают, что примерно в течение 3000 лет в результате круговорота воды в природе вся вода Мирового океана обновляется. Выпавшие

дождем, туманом, росой воды частично просачиваются в почву и питаются грунтовые потоки, частично стекают по земной поверхности, образуя ручьи и реки, а остальная часть снова испаряется. Сколько бы ни повторялся процесс выпадения осадков на земную поверхность и их последующего испарения, в конце концов, воды, принесенные воздушными течениями на сушу, стекая, снова достигают океана, завершая так называемый большой круговорот воды на земном шаре. Небольшая часть воды из объема, участвующего в круговороте, порядка 9 тыс. км³ в год, совершают малый круговорот в пределах бессточных областей.

Влагооборот в бессточных областях является в некоторой мере самостоятельным, хотя и связанным с общим круговоротом влаги на земном шаре.



Рис. 1.3. Большой и малый круговорот воды в природе

1 - испарение с поверхности океана, 2 - осадки на поверхность океана, 3 - осадки на поверхность суши, 4 - испарение с поверхности суши, 5 - поверхностный и подземный сток в реки, 6 - речной сток в океан (бессточное море), 7 - подземный сток в океан, 8 - влагообмен между сушей и океаном через атмосферу.

Особенностью влагообмена бессточных областей с Мировым океаном является то, что вода из бессточных областей попадает в океан не путем непосредственного стока, а путем переноса ее в парообразном виде воздушными потоками.

На рис. 1.4. видно, что природные воды находятся в сложных обратимых взаимоотношениях с горными породами и атмосферой.

Рассмотренная схема круговорота воды отражает главнейшие черты этого сложного процесса перемещения влаги в атмосфере и на земной поверхности. Однако многие важные детали этой схемой не охватываются. Вместе с тем при оценке влияния водохозяйственных мероприятий на влагооборот в природе необходимо иметь более детальные сведения о процессе поступления и расходования влаги.

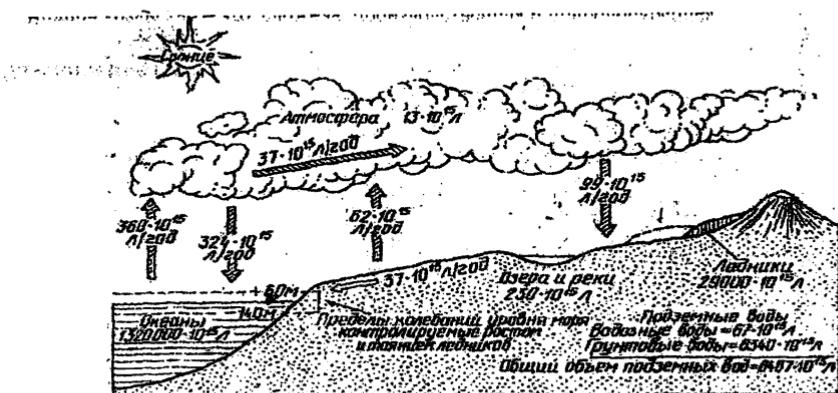


Рис.1.4. Гидросфера и гидрологический цикл

В водообмене на суше значительную роль играют растения, «откачивающие» влагу из почвы и испаряющие ее в атмосферу. Большая часть воды, попадающей в реки, быстро возвращается в океан (44 тысячи кубических километров в год), и лишь 2% речного стока поступает в бессточные впадины, откуда вода может «эмигрировать» лишь посредством испарения и переноса воздушными потоками. Значителен и подземный сток в Мировой океан и поступление в него волы при таянии ледников Гренландии и Антарктиды, откалывании от них айсбергов. В среднем за год в океан поступает с суши столько воды, сколько выносится с океана на суше воздушными потоками.

В круговороте воды заметное участие принимают как отдельные живые организмы, так и экосистемы. Растения перехватывают часть осадков и способствуют испарению влаги до того, как она попадет на землю.

Почвенная влага всасывается корнями растений, участвует в обмене веществ и затем испаряется из листьев. Вместе с испарением с поверхности почвы транспирация составляет суммарное испарение, или эвапотранспирацию. Уровень перехвата и транспирации различен для разных биомов, но в целом составляет более 40% объема испарения на суше.

Чрезвычайно велика роль глобального круговорота в биогеохимических циклах. Оборот воды, и, особенно поверхностный и подземный сток на суше определяет гидрогенную миграцию веществ, которая помимо переноса воды включает множество процессов растворения, кристаллизации, осаждения, ионного обмена и окислительно-восстановительных реакций. А движение воздуха обуславливает аэрогенную миграцию веществ, и в первую очередь - паров воды, пылевых частиц и аэрозолей разного рода.

Круговорот воды, обладающей универсальной способностью растворения различных веществ вовлекает в биосферу круговороты многих химических элементов (азота, фосфора) и их соединений, обеспечивающих существование живых организмов.

Таким образом, вода связывает атмосферу, гидросферу, растительность, почву, в связи с чем, нарушения этих сред оказывает существенное влияние на характеристики звеньев (резервуаров) воды в природе. Например, вырубка лесов, распашка земель, создание водохранилищ, осушение болот влияют на параметры поверхностного и подземного стока.

На испарение воды, участвующей в большом круговороте, расходуется более 60% солнечной энергии, поступающей к земной поверхности. На рис.1.5 представлена энергетика гидрологического цикла в виде двух потоков – верхнего и нижнего. Верхний приводится в движение солнечной энергией, а нижний отдает энергию рекам, озерам, заболоченным землям, поверхностному стоку, который пополняет резервуары грунтовых вод и сам пополняется от них.

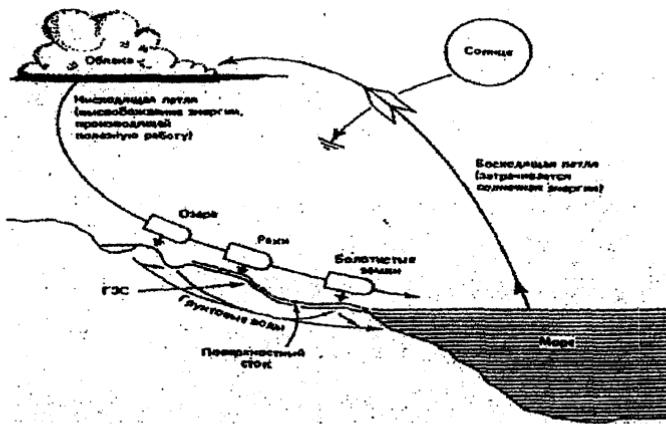


Рис. 1.5. Энергетика гидрологического цикла

Несмотря на колоссальные различия размеров и «скорости движения» различных частей гигантской машины круговорота воды в природе, все они настолько «пригнаны» друг к другу, что количество воды в каждой из частей от года к году остается примерно постоянным.

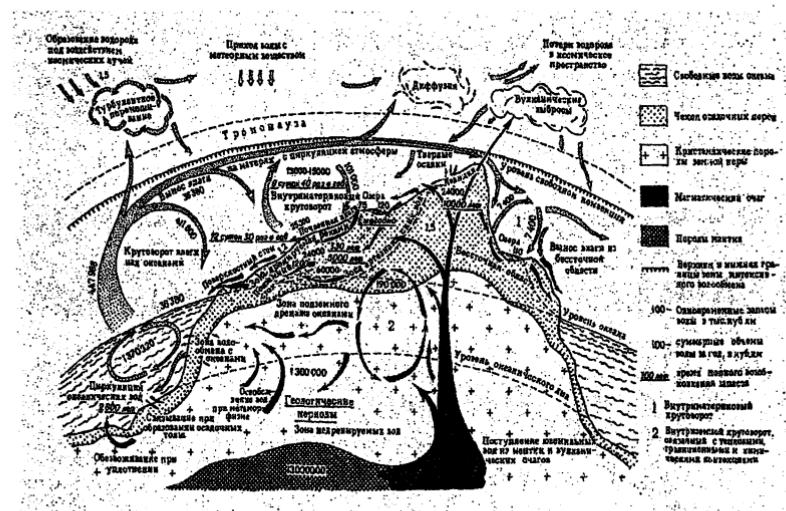


Рис. 1.6. Схема единства вод земли

Вследствие высокой подвижности воды проникают повсеместно в различные природные образования. Они находятся в виде паров и облаков в земной атмосфере, формируют океаны и моря, существуют в замороженном состоянии в высокогорных районах континентов и в виде мощных ледяных панцирей покрывают полярные участки суши. Атмосферные осадки проникают в толщи осадочных пород и питают подземные воды (рис.1. 6).

Осадки просачиваются в почву, пополняя запасы почвенных и подземных вод, стекают в реки и озёра и, в конечном счёте, возвращаются обратно в океан или испаряются с поверхности суши и поступают в атмосферу.

Водный баланс нашей планеты выражается равенством:

$$\text{Ио} + \text{Ис} = \text{Оо} + \text{Ос}, \quad (1.1)$$

где Ио и Ис - объём влаги, испаряющейся с поверхности океана и суши;

Оо и Ос - объёмы осадков, выпадающих на поверхности океана и суши. По Сленглеру (1980), для полного возобновления (смены всей массы) воды в отдельных частях гидросферы требуется различное время (см.табл. 2).

За счёт морских течений и внутреннего обмена воды Мирового океана полностью возобновляются за 63 года.

Анализ водного баланса Земли показывает, что общее количество осадков, выпадающих на поверхность Мирового океана, всегда меньше испарения, так как часть испарившейся влаги уносится на сушу и выпадает там в виде осадков. В среднем с поверхности океана ежегодно испаряется слой воды высотой 1400 мм, а осадков выпадает 1270 мм. Разницу балансирует речной сток в океан. На суше, напротив, количество осадков больше, чем количество испарившейся воды: до 38% всех выпавших осадков речной сток уносит в океан. Этую величину называют коэффициентом стока: в среднем для всей суши коэффициент стока равен 0,38, а в отдельных районах он варьирует в зависимости от природных условий района.

Таблица 1.2. Время возобновления массы воды в гидросфере

Область гидросферы	Время возобновления массы воды
Полярные ледники, вечные снега, подземные льды	10000 лет
Мировой океан	2000 лет*
Горные ледники	1600 лет
Глубинные подземные воды	1400 лет
Озёра	в среднем 17 лет
Болота	5 лет
Почвенная влага	1 год
Вода в руслах рек	16 дней
Атмосферная влага	8 дней
Биологическая вода	

Воды в принципе неисчерпаемы, так как они находятся в едином природном круговороте. Важное свойство водных ресурсов, обусловленное этим – их единство, так как все водные источники составляют часть гидросферы Земли.

В результате круговорота общее количество воды на Земле не уменьшается, хотя происходит значительное перемещение вод в пространстве и во времени. Однако различные звенья круговорота не равнозначны по хозяйственной ценности, и лишь некоторые из них непосредственно относятся к ресурсам. В результате быстрого растущего потребления воды в определенных регионах происходит истощение одних звеньев круговорота (речного, почвенного) и усиление других (в частности, атмосферного вследствие испарения с суши), не равноценных с хозяйственной точки зрения.

Долгое время ошибочно полагали, что в распоряжении человечества находятся неисчерпаемые запасы пресной воды и что они достаточны для всех нужд. Следует повторить еще раз, что это было глубоким заблуждением. Человечеству не угрожает недостаток воды. Ему грозит нечто худшее – недостаток чистой воды.

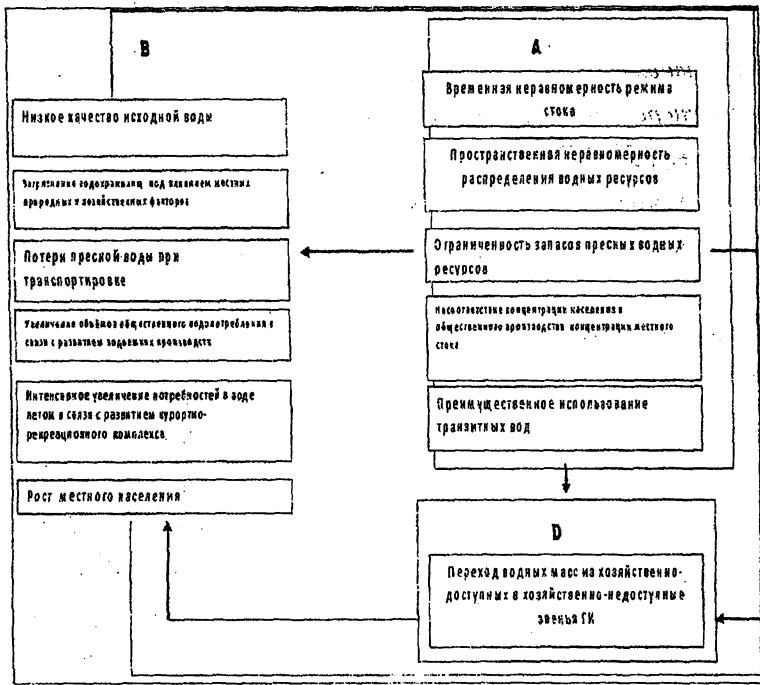


Рис. 1.7. Природные и антропогенно-хозяйственные факторы трансформации звеньев глобального круговорота (ГК) воды в XX веке

A – Природные факторы трансформации звеньев ГК

В – Антропогенно-хозяйственные факторы трансформации звеньев ГК

С – Несоответствие концентрации ресурсов пресных вод концентрации производства и населения

Д – Переход водных масс из хозяйственно-доступных в хозяйственно-недоступные звенья ГК.

ГЛАВА 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

2.1. Водные ресурсы и их пространственно-временная трансформация

Неравномерность режима водных ресурсов во времени – фактор, без учета которого невозможно их хозяйственное использование. Величина водных ресурсов в их распределении зависит от общих климатических и метеорологических условий и изменяется из года в год. Например, изменение режима речного стока происходит не только по отдельным годам (маловодные, многоводные), но и внутри года (периоды паводков и межени), а также в пространстве – по регионам. Неравномерность их величины приводит к необходимости учета при проектировании вероятности повторения наиболее маловодных или многоводных лет, создание специальных регулирующих водный режим сооружений.

И хотя хозяйственная деятельность мало повлияла на общий объем гидросфера, она заметно влияет на отдельные ее части. Сток одних рек уменьшился, других – увеличился, изменилось внутригодовое распределение стока. В результате изъятия воды из вод суши во многих районах мира возросло испарение, потому что именно на испарение идет значительная часть воды, изымаемой человеком из источников. Часть воды, которую потребляет человек и которая входит в состав производимой им продукции, надолго выпадает из всеобщего круговорота, поэтому ее называют «безвозвратно изъятой». Этот термин, конечно, достаточно условен, так как эта вода не исключается полностью, но ее возвращение может произойти с большой задержкой во времени и на совершенно другой территории.

Несоответствие концентрации общественного производства наличию водных ресурсов приводит к перемещению последних во времени и пространстве путем строительства и эксплуатации водохранилищ и каналов.

В настоящее время в мире нет ни одной страны, в которой бы не было водохранилищ. Их общий объем на рубеже XIX и XX веков составлял

15 км³, а к концу XX века превысил 6600 км³. Сегодня на Земле эксплуатируется более 60 тыс. водохранилищ (из них 3 тысячи в России). Площадь их водного зеркала равна 400 тыс. км². Это площадь одиннадцати Азовских морей.

Данные о водохранилищах, особенно небольших, по многим странам весьма неполны. Водохранилища же объемом более 0,1 км³ (100 млн. м³) учтены в пределах земного шара с достаточной полнотой. Их суммарный объем, и площадь водного зеркала превышают 95% общего объема воды, аккумулированной в водохранилищах земного шара и их общей площади.

По подсчетам А.Б. Авакяна создание водохранилищ привело на Земном шаре к преобразованию природных условий на территории, равной 700 тыс. км² и к изменению инфраструктуры, в связи с мероприятиями по переселению населения и переустройству хозяйства на территории в 1,5 миллиона км².

А ведь только в четырех водохранилищах Братском, Насер, Кариба, Вольта – содержится больше воды, чем за год приносят в моря Волга, Дунай, Днепр и Дон. Крупнейшей по площади водохранилище Вольта, в 15 раз больше известных всем Женевского или Баденского озер.

Научные сотрудники центра атмосферных исследований США установили, что с 1948 по 2004 годы сток одной трети крупнейших рек планеты имел тенденцию к снижению. К наиболее интенсивно мелеющим можно отнести реки Колорадо, Нигер, Жёлтая, Ганг. Тем не менее, есть реки, годовой сток которых в последние годы наоборот увеличился (Лена, Обь, Енисей).

Объёмы речного стока катастрофически уменьшаются во многих густонаселённых уголках Земли: юго-восточной Азии (Китай, Индия, Мьянма, Таиланд), во многих странах Африки. Объёмы речного стока уменьшаются также на Ближнем Востоке, в южной части Австралии, на западном побережье США, в центральной части Канады. Мелеет самая

полноводная река мира – Амазонка, что, по-видимому, связано с интенсивной вырубкой тропических лесов.

Увеличение годового стока наблюдается у большинства рек России (Обь, Лена, Енисей, Индигирка, Колыма), некоторых рек Южной Америки (Парана, Уругвай), а также речных бассейнов центральной и восточной части Северной Америки (Миссисипи).

Вторая половина XX в. – это период не только крупных гидротехнических строек, но и масштабных проектов переброски стока рек. В 60-х гг. в странах с ограниченными водными ресурсами (южные и западные штаты США, Индия, Пакистан, Мексика, Китай, юг СССР и др.) в результате быстрого промышленного и хозяйственного развития начал ощущаться недостаток воды.

В США по проекту Северо-Американского водноэнергетического альянса планировалось перебрасывать от 110 до 150 км³ воды в год от Аляски до северной части Мексики. Данный план предусматривал, и орошение сельскохозяйственных полей, и получение электроэнергии. Для этого предполагалось создать трансконтинентальный водный путь, построить плотины, гигантские водохранилища, каналы и тунNELи. Другой подобный проект, Центрально-Северо-Американский, предполагал переброску ещё большего объёма воды - 200 км³ в год. В США был разработан и более скромный проект: переброска из нижнего течения реки Миссисипи в долину реки Рио-Гранде и штат Нью-Мексико 21 км³ воды в год [23].

В Индии рассматривался ряд проектов переброски стока реки Ганг. По одному из них планировалось отвести несколько гималайских притоков Ганга в засушливые районы, по другому – перебросить часть стока в бассейн реки Каувери на юге плато Декан.

В Китае разрабатываются проекты переброски стока многоводных южных рек на засушливый север страны. Западный, Средний и Восточный проекты предусматривают переброску до 30 км³ воды в год.

Один из самых грандиозных проектов, так называемый план «Инга», разрабатывался для Африки. Предполагалось строительство на реке Конго каскада водохранилищ с гидроэлектростанциями и направление части стока реки на север, в озеро Чад, которое в результате должно было резко увеличиться в размерах, полностью опресниться и создать на своих берегах благоприятный микроклимат. Избыток воды из озера Чад собирались сбрасывать в Средиземное море, создав второй Нил.

В эти же годы аналогичные планы рассматривались и в Советском Союзе. Они предусматривали переброску на юг стока рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. В европейской части страны предполагалось часть стока Печоры направить в бассейны Волги и Дона. Для этого планировалось возвести плотины с крупными водохранилищами. Проект был детально разработан, намечены трассы каналов и места строительства плотин. Другой проект разрабатывался для Сибири. Чтобы спасти Аральское море, предусматривалось перебросить в Среднюю Азию стоки Оби и Иртыша.

Все эти гигантские проекты возникли в период быстрого экстенсивного развития экономики и сельского хозяйства, когда строились крупнейшие заводы, а производство продовольствия шло в основном за счёт расширения пахотных земель.

Планировали построить водный канал из Оби через Казахстан на юг СССР – в Узбекистан и Туркмению. Канал проектировался длиной около трех тысяч километров, шириной 130–300 метров, глубиной 15 метров.

Предварительная стоимость проекта равнялась 32 миллиардам 800 миллионам рублей. В его создании принимали участие более 160 организаций Советского Союза, в том числе 48 проектно-изыскательских и 112 научно-исследовательских институтов, 32 союзных министерства и 9 союзных республик.

Китай с его огромным количеством народа находится лишь на 121 месте в мире по запасам пресной воды на душу населения. Проект переброски рек с

юга на север Китая многие сравнивают с Великой китайской стеной – по масштабам строительства и вложенным ресурсам. Планируется построить три обводных канала – восточную, центральную и западную линии. Работы на восточном канале уже начались, именно эта водная артерия должна к 2012 году напоить Пекин. Весь же проект планируется завершить к 2050 году, его предварительная стоимость оценивается в 486 млрд. юаней (59 млрд. долл.). Однако специалисты сходятся во мнении, что в процессе строительства эта цифра, скорее всего, возрастет.

После завершения проекта каждый год 44.8 млн. кубометров воды из реки Янцзы будут течь не в море, как это было тысячелетиями, а на север Китая по искусственноному каналу. Для сравнения: это ежегодный сток другой большой реки, Хуанхэ. Кстати, это не первый подобный проект в китайской истории. Существует “Большой канал” протяженностью 2700 км, который связывает город Ханчжоу с Пекином. Это самый крупный водный проект древней истории, его строительство началось в период Весны и Осени (770-476 гг. до н.э.) и завершилось при династии Юань (1206-1368 гг.).

Недостатка воды -- одна из основных проблем наступившего столетия, и эксперты сходятся во мнении, что водный кризис в ближайшие десятилетия будет усугубляться.

Сегодня в мире объем переброски водных ресурсов достиг 3000 км³ в год (в пять раз больше годового стока самой многоводной реки России - Енисея). В США перебрасывают 500 ³ км - четверть всего стока рек страны.

Для обеспечения растущих потребностей в воде и энергии построено свыше 45 тыс. больших плотин. Две их трети приходятся на развивающиеся страны. Половина больших плотин в мире построена исключительно для орошения, и вклад плотин в мировую продовольственную безопасность оценивается примерно в 12-16 процентов.

Крупные ГЭС с водохранилищами, площадь которых во многих случаях сопоставима с поверхностью больших естественных озер, резко изменяют

режим стока на обширных территориях, затрагивая интересы сопредельных государств.

На площади свыше 255 млн. га орошаемых земель, составляющих 17,6% возделываемой мировой площади пашни, производится около половины сельскохозяйственной продукции. Сегодня 16% зерновых на орошаемых землях дают 36% мирового валового сбора зерна. Для развивающихся стран ирригация является важнейшим сектором сельскохозяйственного производства, гарантирующая продовольственную безопасность. На долю этих стран приходится 212 млн. га орошаемых земель или почти 85% мирового орошения.

Для того, что бы обеспечить человеку нормальный дневной рацион в 2800 кал, требуется в среднем 1000 м³ воды. Затраты на развертывание ирригационных систем колеблются в диапазоне от 100 до 10 000 долларов на 1 га. Будущие совокупные годовые затраты оцениваются по всему миру в 25-30 млрд. долларов, включая расширение орошаемых земель, восстановление и модернизацию существующих систем.

По мнению Данилова-Данильяна, на мировом рынке будут развиваться сектора интенсификации водопользования: водосберегающих и водоэффективных технологий, а также методов обеспечения высокого качества воды в природных объектах.

Таким странам как Россия и Бразилия, которые располагают большими запасами пресной воды, выгоднее будет торговать не водой, а продукцией водоемских производств. Это значительно более экономически выгодно.

2.2. Водные ресурсы Украины

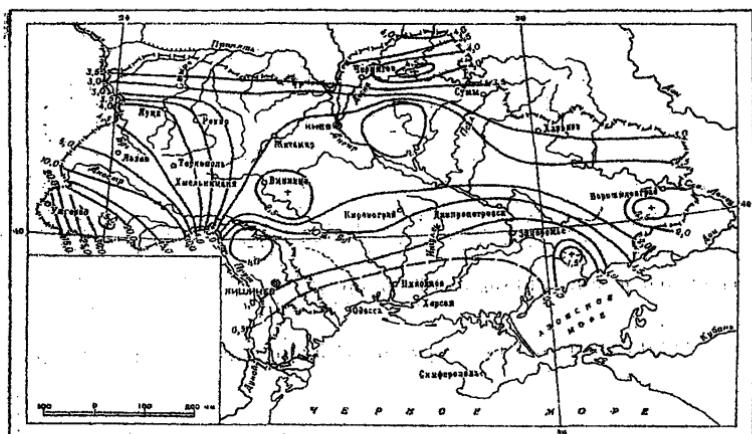
Водные ресурсы Украины состоят из морей, рек, озёр, прудов болот, подземных вод. Водные ресурсы обеспечивают существование людей, животного и растительного мира и являются ограниченными и уязвимыми природными объектами. На юге Украину омывают Чёрное и Азовское моря, которые являются приёмниками вод большинства рек Украины,

принадлежащих к бассейнам Днепра и Днестра. И только 5% (притоки Вислы) принадлежат к бассейну Балтийского моря. К наиболее крупным рекам Украины относятся Днепр, Дунай, Днестр, Южный Буг, Припять, Десна и Северский Донец. Годовой сток рек составляет в среднем 83,5 млрд. м^3 в год, а в маловодные годы уменьшается до 48,8 млрд. Основной источник водных ресурсов Украины - местный сток рек и часть транзитного стока, поступающего из сопредельных территорий по Днестру и его притокам, Дунаю, Северскому Донцу и др.

Водные ресурсы рек Украины, включая объём стока Килийского рукава р. Дунай, достигает 209 км^3 . На территории Украины формируется 49,9 км^3 воды. Приток речных вод на Украину равен 159 км^3 , из них 35,9 км^3 притекает из Белоруссии и России, а 123 км^3 - из Румынии.

На Украине насчитывается 3039 рек длиной более 10 км, 47% из них принадлежат бассейну Днепра. Рек, длина которых составляет более 100 км, насчитывается 117: общая их длина более 100 тыс. км.

Географическое расположение, а также климатические условия территории определили крайне неравномерное распределение водных ресурсов на Украине (рис.2.1, рис. 2.2).



Наибольшими ресурсами вод местного стока обладают западные области, где на 1 км² территории приходится от 200 до 400 тыс. м³, а на одного жителя - от 2 до 7 тыс. м³ воды местного стока средний по водности год (Закарпатская, Ивано-Франковская, Львовская области). Наименее обеспечены водой южные и восточные области. Так, в Донецкой, Запорожской, Днепропетровской, Николаевской, Одесской и Херсонской областях на каждого жителя воды приходится в 15-20 раз меньше, чем в западных областях. Крайне неравномерно сток рек Украины распределяется также в течение года. В весенний паводок (апрель-май) стекает 70-75% годового стока, а за остальные 10 месяцев 30-25%. В то же время основные отрасли промышленности, тепловые электростанции и население для питьевых и хозяйствственно-бытовых целей требуют равномерной подачи воды в течение всего года. Весенний сток даже в маловодный год без регулирования его водохранилищами не может быть полностью исчерпан.

Поэтому в условиях крайне ограниченных водных ресурсов для бесперебойного водоснабжения населения и хозяйства на территории Украины построено 1087 водохранилищ (общий объем воды в них 55 млрд. м³) и 2749 прудов (около 9 млрд. м³).

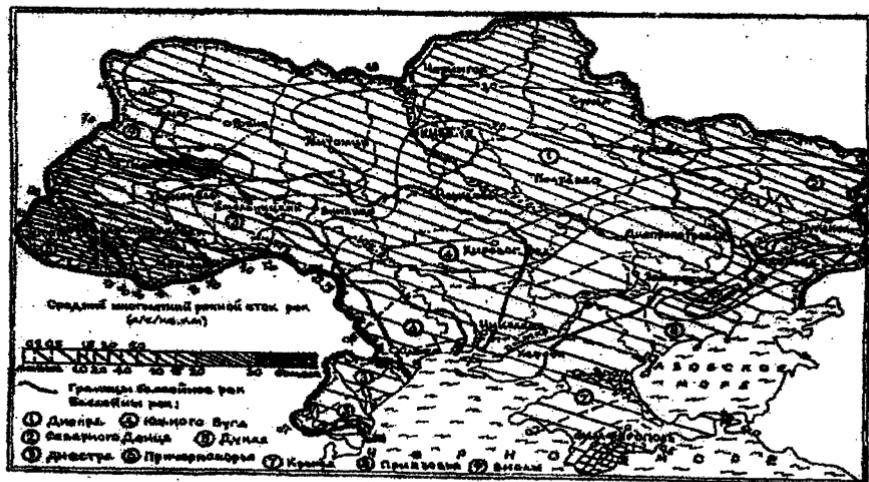


Рис.2.2. Поверхностные воды. Речной сток рек [22]

Системы водохранилищ многолетнего регулирования стока созданы для освоения быстро проходящих по руслам рек паводковых и талых вод и, соответственно, снижения дефицита водных ресурсов. Наиболее крупные из них.

Киевское водохранилище создано при сооружении Киевской ГЭС в 1964-1966 годах. Его длина - 110 км, ширина - до 12 км, площадь - 922 км², средняя глубина - 4 м, максимальная - 14,5 м. Мелководные участки (глубиной до 2,0 м) занимают около 40 % площади водохранилища. Полный объем воды составляет 3,73 км³. Температура воды в июле - +20...+24 °C. Ледостав устанавливается с середины декабря до конца марта. Летом наблюдается цветение воды. Здесь произрастают разные виды водной растительности (рогоз, камыш, водоросли, в частности сине-зеленые). Наиболее распространенные из промышленных рыб: лещ, щука, плотва и др. Рыбопродуктивность колеблется от 7 до 23 кг/га в год. В связи с Чернобыльской катастрофой состоялось загрязнение донных отложений Киевского водохранилища радионуклидами.

Каневское водохранилище образовалось вследствие построения плотины Каневской ГЭС в 1972-1978 годах. Его длина - 120 км, ширина - до 8 км, площадь - 675 км², средняя глубина 3,9 м, а максимальная - 21 м. Полный объем воды 2,73 км³. Водообмен по отношению к естественному замедлен в 16-18 раз. Мелководье (глубина до 2 м) занимает около 24 %. Из рыб практическое значение имеют лещ, щука, верховодка и др. На формирование гидрохимического режима водохранилища влияют сточные воды Киева.

Кременчугское водохранилище образовалось при сооружении Кременчугской ГЭС в 1959-1961 годах, и является крупнейшим по площади среди Днепровского каскада. Оно имеет площадь 2252 км², длину - 149 км, ширину - до 28 км, а объем воды - 13,5 км³. Средняя глубина 5 м, а максимальная - 21 м. Мелководная часть (до 2 м) занимает 18 % его площади. Здесь растут водолюбивые растения: камыш, рогоз узколистный,

водяная лилия, рдест и др. Значительные участки занимают водоросли, которые представлены 750 видами. В водохранилище водится 50 видов рыб, среди которых промышленное значение имеют: лещ, судак, карп, плотва, синяк. Средняя многолетняя промышленная рыбопродуктивность Кременчугского водохранилища составляла 32 кг/га.

Днепродзержинское водохранилище создано в 1964 г. при сооружении Днепродзержинской ГЭС. Его длина - 114 км, ширина - 16 км, площадь - 567 км². Средняя глубина - 4,3 м, максимальная - 16 м. Объем воды - 2,45 км³. Используется для энергетики, водного транспорта, орошения (до 40 тыс. га), водоснабжения (здесь берет начало канал Днепр-Донбасс), рыбного хозяйства и рекреации. Из 30 видов рыб промышленное значение имеют лещ, щука, судак, сом, плотва и др. Промышленная рыбопродуктивность составляет 25-29 кг/га в год.

Днепровское водохранилище построено в 1932 г. при сооружении Днепрогэса, отстроено после Великой Отечественной войны в 1948 г. Его длина - 129 км, средняя ширина - 3,2 км, площадь - 410 км², средняя глубина - 8 м, максимальная - 53 м, объем воды - 3,3 км³. Оно находится в пределах Украинского кристаллического щита, а на его берегах обнажаются кристаллические породы. Водоем затопил 10 днепровских порогов. Рыбопродуктивность небольшая и составляет 14-15 кг/га в год. Качество воды в водохранилище хуже, чем в других днепровских водохранилищах.

Каховское водохранилище (образовалось в 1955-1958 годах при сооружении Каховской ГЭС) - одно из наибольших днепровских водохранилищ: его площадь - 2155 км², полный объем воды - 18,2 км³, длина - 230 км, максимальная ширина - 25 км, средняя глубина - 8,4 м, максимальная - 24 м. Мелководье (глубина до 2 м) занимает 5 % общей площади. Значительная часть мелководья занятая камышом, рогозом, роголистником, водным орехом и другими растениями. Наиболее распространенными видами водорослей здесь являются зеленые, синезеленые и диатомовые. Воды водохранилища широко используются для

орошения причерноморских и крымских степей (свыше 650 тыс. га), водоснабжения (5-6 км³ воды в год), рыбного хозяйства (рыбопродуктивность - 35 кг/га в год, улов до 6,5-7 тыс. т на год). Промышленное значение имеют лещ, судак, толстолобик, плотва, тюлька и др.

Днестровское водохранилище (сооружено при строительстве Днестровской ГЭС) имеет площадь 142 км², а полный объем воды - 3 км³.

Значительными размерами обладают также водохранилища в бассейнах других рек: Краснооскольское (создано в 1958 г., площадь - 122,6 км², полный объем воды - 0,47 км³) на р. Оскол в Харьковской и Донецкой областях, Печенежское (создано в 1962 г., площадь - 86,2 км², полный объем воды - 0,38 км³) на р. Северский Донец в Харьковской области, Карабчуновское (реконструировано в 1955-1958 годах, площадь - 44,8 км², полный объем воды - 0,31 км³) на р. Ингулец в Днепропетровской области, Ладыжинское (построено в 1964 г., площадь - 20,8 км², полный объем воды - 0,15 км³) на р. Южный Буг в Винницкой области.

Создание водохранилищ смягчает, но не ликвидирует дефицит чистых вод.

Создание водохранилищ имеет отрицательные следствия - при сооружении их переносились населенные пункты, мелководье затоплено значительные площади плодородных почв, использованных ранее под луга и пастбища; в ряде районов отмечается формирование куполов напора и подтопление земель.

Строительство водохранилищ существенно нарушило экологическое равновесие, сложившееся в реках на протяжении тысячелетий. Так, водообмен в Кременчугском и Каховском водохранилищах осуществляется 2-4 раза в год, Каховском, Днепродзержинском и Днепровском - 10-12 раз, Киевском - 6-12 раз в год. По сравнению с естественными условиями водообмен в 7-11 раз с учетом полезного объема и в 14-30 раз с учетом полного объема водохранилищ.

Зарегулированность поверхностного стока в связи с созданием водохранилищ изменила условия дренирования территории. На их берегах резко усилилась волновая абразия, оползневые и просадочные явления.

Водохранилища Украины превратились в гигантские коллекторы по сбору сточных и дренажно-оросительных вод. Со сточными водами в водоемы попадают нефтепродукты, тяжелые металлы, что делает эти воды опасными для питьевого водопотребления и рыболовства.

Водоемы-охладители тепловых и атомных электростанций аккумулируют и используют значительное количество воды; в них формируется своеобразный гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режим. На Украине работает свыше 30 больших тепловых и 5 атомных электростанций. Крупнейшие водоемы-охладители имеют такие тепловые электростанции, как: Углегорская (сооружена в 1972 г.) в Донецкой области - объем водоема-охладителя 168 млн м³, Ладыжинская (сооружена в 1970 г.) в Винницкой области - объем 150 млн м³, Кураховская (реконструирована в 1972 г.) в Донецкой области - объем 83 млн м³, Бурштынская (сооружена в 1965 г.) в Ивано-Франковской области - объем - 53 млн м³; атомные электростанции: Южно-Украинская (1982), объем - 79 млн. м³, и Чернобыльская (1977), объем - 58 млн. м³.

В стране чрезвычайно много прудов. Построены они преимущественно на маленьких реках, в балках и оврагах и, в отличие от больших водохранилищ, занимают только приусловые участки и часть поймы и дно оврагов и балок. Пруды используются для орошения, водоснабжения, для рыборазведения, отдыха. Более всего прудов в Винницкой, Хмельницкой, Черкасской, Полтавской областях.

Таблица 2.1. Сведения о действующих водохранилищах объемом более

1 млн. м³ и прудах

Область.	Водохранилища			Пруды		
	Кол-во (шт.)	Полный объем (млн. м ³)	Площадь зеркала (тыс. га)	Кол-во (шт.)	Полный объем (млн. м ³)	Площадь зеркала (тыс. га)
Винницкая	70	324,8	12,24	3197	271,2	22,16
Волынская	11	19,1	0,85	387	26,9	3,03
Днепропетровская	121	945,0	20,59	1242	155,1	9,19
Донецкая	147	885,8	19,45	1012	196,5	8,62
Житомирская	41	160,6	6,76	778	116,0	9,80
Закарпатская	9	52,1	1,11	57	8,3	0,45
Запорожская	28	97,6	3,91	849	89,9	5,85
Ивано-Франковская	3	63,5	1,67	583	29,8	2,32
Киевская	56	194,0	9,30	2386	235,2	18,15
Кировоградская	77	246,3	8,72	1915	215,8	13,38
Крым	21	336,8	3,60	817	80,7	3,05
Луганская	60	216,7	5,68	302	69,4	2,67
Львовская	22	90,8	4,17	1171	81,6	5,53
Николаевская	42	310,2	6,62	870	109,7	8,97
Одесская	52	1957,9	78,07	825	64,4	6,75
Полтавская	60	129,1	5,74	1217	222,1	15,13
Ровенская	11	70,7	3,49	423	75,6	6,27
Сумская	45	109,3	5,31	1195	161,6	8,92
Тернопольская	17	73,2	3,24	480	58,3	5,54
Харьковская	50	1526,2	32,59	1908	113,9	9,81
Херсонская	29	216,5	12,43	717	73,3	4,93
Хмельницкая	60	153,2	9,81	1796	142,7	12,01
Черкасская	32	118,1	5,40	2268	250,9	16,25
Черновицкая	3	3004,5	14,34	427	37,9	2,71
Черниговская	14	34,4	1,84	674	99,3	6,83
Итого:	1081	11336,4	476,93	27496	2986,1	208,32
Днепровский каскад	6	43710,0	688,70			
ВСЕГО В УКРАИНЕ	1087	55046,4	965,63			

Для перераспределения зарегулированного стока рек и доведения воды до потребителя на территории страны построено восемь крупных

каналов общей протяженностью 1190 км и производительностью 21 млрд. м³ подачи воды в год.

Каналы на Украине сооружены преимущественно в бассейне Днепра, Северского Донца и частично Дуная, их основное назначение - водоснабжение, орошение и осушение земель; они используются также для рыборазведения и рекреации. Ниже приводятся характеристики основных каналов Украины.

Одним из первых, ныне действующих каналов Украины является **Северо-Крымский (СКК)** – один из крупнейших сооружений такого рода в Европе.

В 1975 г завершено строительство первой очереди канала, длина которой – 402,6 км, ширина достигает 150 м, глубина – 7 м. Он начинается от Каховского водохранилища около Новой Каховки и до Джанкоя вода канала идет самотеком, а далее ее поднимают насосные станции.

От магистрального русла канала начинаются крупные ответвления – Раздольненский и Азовский рисовые каналы и Красногвардейская распределительная ветка. От них отходит густая сеть межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных каналов, общей протяженностью свыше 6,0 тыс. км. Сооружение канала было начато в 1957 г. для орошения степных районов Херсонской области и Крыма и водоснабжения Симферополя, Севастополя и других населенных пунктов и Керченского промышленного района. Канал рассчитан на пропуск воды до 2,3 млрд. м³. (1986 г.). В 80-х годах прошлого века воды обеспечивали 92 % всей влаги, поданной на орошение, на каждый гектар поливных земель в зависимости от влажности года подавалось от 2 до 4 тыс. м³ воды с минерализацией от 0,4 до 3,0 г/л.

Важное значение имеет канал **Днепр -Донбасс**, который предназначен для водоснабжения Харькова и городов Донбасса, а также для орошения земель. Он берет начало из Днепродзержинского водохранилища на

Днепре, проходит по долинам рек Орели и Орельки к Краснопавловскому водохранилищу, далее к р. Северский Донец вблизи г. Изюма. Первую очередь канала, которая имеет длину свыше 260 км, построили в 1970-1981 годах. Далее канал доходит почти до Донецка и имеет длину 263 км.

Канал Северский Донец - Донбасс, рассчитанный на подачу 25 м³/с воды, введен в эксплуатацию в 1958 г.

Главный Каховский магистральный канал протягивается от Каховского водохранилища выше г. Каховка через Причерноморские степи почти к Молочному лиману и имеет длину 130 км. Канал сооружен в 1980 г. для орошения сельскохозяйственных земель. Используется также для водоснабжения населенных пунктов. Его пропускная возможность до 520 м³/с. Вокруг земель заповедника Аскания Нова с целью природоохранных мероприятий сооружен вертикальный дренаж по всему контуру заповедника.

Канал *Днепр - Кривой Рог* протягивается от Каховского водохранилища вблизи с. Марьинское Днепропетровской области в район Кривого Рога и имеет общую длину свыше 40 км. Он предназначен для водоснабжения Кривбасса и орошения близлежащих сельскохозяйственных земель. Его соорудили в 1957-1961 годах и реконструировали в 1975-1979 годах. Общий объем воды, поступает в канале для потребностей водоснабжения, - 929 млн. м³, для орошения - 93 млн. м³ в год.

Канал *Днепр - Ингулец* в Кировоградской области проходит от Кременчугского водохранилища на Днепре к р. Ингулец, имеет длину 40 км и используется для орошения и водоснабжения.

На территории Украины насчитывается 6904 озёр размером от 0,1 км² и более. Общая их площадь составляет 6172 км², объём воды - 9,69 млрд. м³. Наиболее крупные озёра: Свитязь (275 км²) и расположенные рядом с ним Пульмо и Тур в Волынской области, в бассейне Западного Буга, в бассейне

Припяти - Белое и Ореховое, в бассейне Уборт - Корма, ряд озёр на берегах Чёрного и Азовского морей – Сасык, Донузлав, лиманы Хаджибейский и Куяльницкий, которые также превратились в озёра. Наиболее крупное по площади озеро Украины, расположенное в бассейне Дуная Ялпуг, а также рядом с ним расположенные озера Кетлабух, Китай и др. (рис. 2.3).

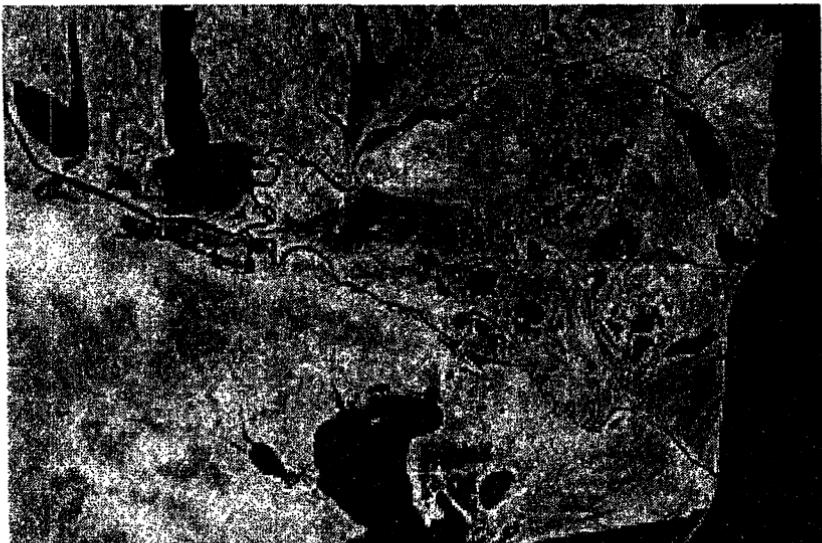


Рис. 2.3. Придунайские озера

Экологическое состояние Придунайских озер вызывает особенно серьезную тревогу специалистов. В озерах за последние 30 лет показатели видового богатства беспозвоночных сократились больше чем на половину (60 видов против 129). Особенно уязвимыми оказались реликтовые каспийские виды, которые в начале 50-х годов доминировали в донных ценозах (5394 встречаемости). В настоящее время в связи с засолением водоемов число видов «каспийцев» в бентосе озер снизилось до 14.

Осолонение озер, загрязнение вод вредными и токсическими веществами вызывает изменения в составе бентоса. Биологами прогнозируется потеря дунайскими озерами функции крупной рыболовной базы.

Таблица 2.2. Содержание специфических веществ токсического действия в воде придунайских озер [22]

Годы	Металлы, мкг/л			Фенолы, мкг/л
	Медь	Марганец	Цинк	
1988	0,2 - 2,9	6,0-44,0	0,3-3,8	4,0-6,0
1990	1,0-2,0	21,0-61,0	34,0 - 54,0	7,0-8,0
1992	5,0-14,0	20,0 - 30,0	70,0-130,0	5,0 - 8,0

Общая характеристика озёр в пределах Украины приведена в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Общая характеристика озёр Украины

Районы	Площадь озер	Количество озер		Площадь озер		Объем озер	
		Всего	На 100 км ² площа-ди	Суммарная (км ³)	% от площа-ди ра-йона	Суммарный (млн.ра)	тыс. м ³ на 1 км
Бассейн Западного Буга	10500	80	7,6	92	0,9	400	38,0
Бассейн Припяти	69000	366	5,3	120	0,2	240	3,5
Днепр (припойменная зона)	—	1958	—	1100	—	4600	
Бассейн Десны	3700	674	16,2	90	0,2	135	3,6
Правобережные прито-ки Днепра южнее Припяти	66000	102	1,5	15	0,02	20	0,3
Бассейн левобережных притоков Днепра от Десны до Ворсклы	44500	347	7,8	133	0,3	153	3,4
Бассейн Ворсклы	12900	157	12,2	10	0,1	10	0,8
Бассейн Орели	9800	599	61,1	20	0,2	10	1,0
Бассейн левобережных притоков от Самары	28900	440	15,2	15	0,05	12	0,4
Бассейн Северского Донца	24000	57	2,4	488	0,2	680	28,3
Бассейн Днестра	52000	177	3,4	402	0,8	1080	21,0
Бассейн Южного Буга	63700	88	1,4	60	0,1	120	1,9
Побережье Черного и Азовского морей	98800	772	7,8	657	6,7	1880	19,0
Крым	26900	176	6,5	2870	10,7	240	79,5
ВСЕГО	60100	6904	11,5	6172	1,0	9690	16,0

На Черноморском побережье много озер, лагун и лиманов, питающихся либо морскими, либо пресными (подземными и речными) водами. Водоемы вдоль побережья Черного моря в большинстве случаев относятся к категории лиманов, затопленных устьев и долин рек (табл. 2.4). Кроме них есть лагуны и озера. В зависимости от водного режима связи с морем, глубины прибрежных и донных грунтов водоемы и лагуны содержат разное количество химических веществ. Вода одних лиманов пресная, других солоноватая. Больше всего лиманов и озер расположено в низкой и равнинной северо-западной части Черноморского побережья.

Таблица 2.4. Крупные лиманы Украины

Озеро, лиман	Площадь, км ²	Длина, км	Максимальная ширина, км	Максимальная глубина, м
Днестровский	360,0	42,0	12,0	2,71
Сасык (Кундук)	204,8	35,0	11,0	3,91
Тилигульский	170-150	80,0	3,5	21,0
Ялпуг	149,0	39,0	5,0	6,0
Кутурлуй	93,5	20,0	10,0	2,0
Куяльницкий	60-56	28,0	2,5	3,0
Донузлав	48,2	30,0	8,5	27,0

Озёра Украины широко используются для водоснабжения, орошения, разведения рыб, медико-курортных и спортивных целей, а также как место отдыха и туризма.

Важной составляющей частью водных ресурсов Украины являются подземные воды. В настоящее время подземные воды широко используются в общественном хозяйстве для водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ, а также для лечебных целей (минеральные воды) и для теплофикации (термальные воды).

В соответствие с геоструктурными особенностями, а также со спецификой формирования, распределения, качественного состава и

условий эксплуатации подземных вод территория Украины делится на семь регионов.

Днепровско-Донецкий артезианский бассейн. В пределах этого наиболее крупного на Украине артезианского бассейна водоносные горизонты развиты в четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских, каменноугольных и девонских осадочных образованиях. В бассейне прослеживается довольно мощная зона (350-500 м) пресных вод. Она охватывает почти всю толщу мезокайнозойских пород. В отдельных участках склонов Украинского кристаллического массива пресные воды встречаются и в отложениях палеозоя. По мере погружения водосодержащих пород к центральной части артезианского бассейна, уровни водообмена постепенно затрудняются, вследствие чего на большой глубине повсеместно распространены высокоминерализованные воды и рассолы. Для водоснабжения наиболее широко используются отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям подземные воды мергельно-меловой толщи мелового и юрского возраста. Дебиты отдельных скважин достигают 40-55 л/сек.

Волыно-Подольский артезианский бассейн - это район преимущественного развития подземных вод отложений верхнего мела. Дебиты скважин достигают 100 л/сек, редко 200 л/сек. Менее водообильные четвертичные, неогеновые, палеогеновые, юрские, каменноугольные девонские. Силурийские, кембрийские и протерозойские отложения. Дебиты скважин эксплуатируемых водоносных горизонтов, колеблются от 0,1 до 5,5 л/сек, и только скважины, вскрывающие воды отложений только скважины, вскрывающие воды отложений тортона, местами отличаются дебитами до 30-40 л/сек. Глубина расположения пресных вод изменяется от 175 м в районе Львовской мульды до 500 м в южной части бассейна.

Причерноморский артезианский бассейн характеризуется широким распространением водоносных горизонтов в осадочных образованиях меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Основным

источником водоснабжения являются воды неогеновых отложений. Дебиты скважин колеблются от 0,02 добр/сек, достигая в отдельных случаях 12-18 л/сек. В пределах Причерноморья широко распространены водоносные горизонты в палеогеновых отложениях. Однако, для использования пригодны только на северных окраинах артезианского бассейна, выше линии Мелитополь-Серогозы-Баштанка-Вознесенск. В долине р. Молочной дебиты скважин составляют 16-22 л/сек.

Гидрографическая провинция складчатой области Украинского кристаллического щита является в системе гидрогеологических районов Украины естественным барьером, который отделяет подземные воды Днепровско-Донецкого бассейна и Донбасса от Причерноморского и Волыно-Подольского артезианских бассейнов. Особенную важную роль принадлежит трещинно-жильным водам кристаллических и метаморфических пород. Эти воды широко используются для водоснабжения, причем производительность отдельных скважин резко превышает 1,5 -3,0 л/сек и, только в зонах тектонических нарушений достигает 15-30 л/сек. Более водообильны кристаллические породы в северо-западной части Украинского щита и в пределах тектонических нарушений в районе Криворожского железорудного бассейна. По направлению к югу водообильность пород падает, и в пределах Приазовья дебиты скважин обычно незначительные. Подземные воды в мезокайнозойских осадочных породах распространены и имеют практическое значение в основном на периферии региона.

Гидрогеологическая провинция Донецкой складчатой области представляет собой сложное дислоцированное горное сооружение, где водоносные горизонты и комплексы заключены в четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских, триасовых пермских, каменноугольных и девонских отложениях. Наибольшей водообильностью в Донбассе отличаются трещиноватые меловые отложения и мергели мелового возраста, а также известняки нижнего карбона. На эксплуатации

этих вод базируется водоснабжение многих населенных пунктов и промышленных предприятий. Дебиты скважин составляют 1,5-13 л/сек, местами увеличиваясь до 30-60 л/сек.

Гидрогеологическая провинция складчатой области Восточных Карпат. По структурным признакам, а также по условия накопления и циркуляции подземных вод провинция делится на три самостоятельных района Предкарпатский прогиб, горно-складчатая область Карпат, и Закарпатский прогиб. Предкарпатский прогиб представляет собой глубокую предгорную впадину, характеризующуюся развитием подземных вод в мощной толще четвертичных аллювиальных образований и неогеновых отложений. Аллювиальные воды являются здесь основным источником водоснабжения населенных пунктов. Дебиты скважин колеблются от 0,07 до 17,8 л/сек. Подземные воды неогеновых отложений имеют спорадическое распространение и отличаются крайне слабой водообильностью.

Горноскладчатая область Карпат представляет собой район развития подземных вод в трещиноватой зоне флишевых образований палеогена и мела. Водообильность пород в основном незначительная.

Закарпатский прогиб может рассматриваться как артезианский бассейн, в котором развиты водоносные горизонты в четвертичных и неогеновых образованиях. Водообильность водоносных горизонтов крайне непостоянна. Дебиты скважин изменяются от 0,02 до 30 л/сек.

Гидрогеологическая провинция складчатой области Горного Крыма характеризуется развитием подземных вод в четвертичных и юрских отложениях. Подземные воды на большой площади распространения пресные и широко используются для водоснабжения.

Качество подземных вод значительно выше поверхностных. Но и подземные воды подвержены загрязнению (рис.2.4.).

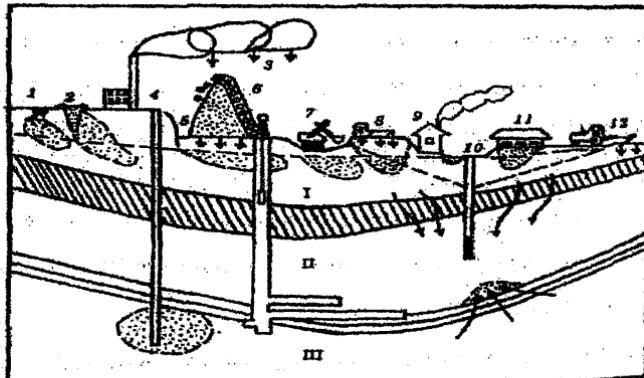


Рис. 2.4. Схема источников загрязнения подземных вод

(Подземные воды I - грунтовые воды, II - напорные, пресные воды, III - напорные соленые воды)

Источники загрязнения:

- 1 - трубопроводы, 2 - хвостохранилище, 3 - дымовые и газовые выбросы,
- 4 - подземные захоронения сточных вод, 5 - шахтные воды,
- 6 - терриконы, 7 - карьерные воды, 8 - заправочные станции,
- 9 - бытовые загрязнение, 10 - водозабор, подтягивающий соленые воды,
- 11- объекты животноводства, 12 - внесение удобрений и пестицидов.

Подземные воды, используемые для водоснабжения, делятся на две категории:

1) верхних горизонтов (верховодка), питающиеся в основном за счёт осадков;

2) глубокие артезианские (200-300 м), область питания которых часто выходит за пределы бассейна

Воды первой категории в настоящее время являются и в дальнейшем останутся основным источником водоснабжения населения и животноводства сельскохозяйственных районов. Эти воды частично питают реки в меженный период. Воды второй категории используются для водоснабжения населения Киева, Харькова, Полтавы и других городов, а

также южных районов Запорожской и Херсонской областей и северных районов Крыма. Запасы подземных вод точно не определены. Но во многих районах Украины они являются основным источником питьевого водоснабжения. Так в начале 1950-х годов доля подземных вод в коммунальном водоснабжении не превышала 10-15%, то в настоящее время большая часть городов удовлетворяет потребности в питьевой воде за счёт подземных источников.

Обеспеченность водными ресурсами регионов Украины демонстрирует рис. 2.5.

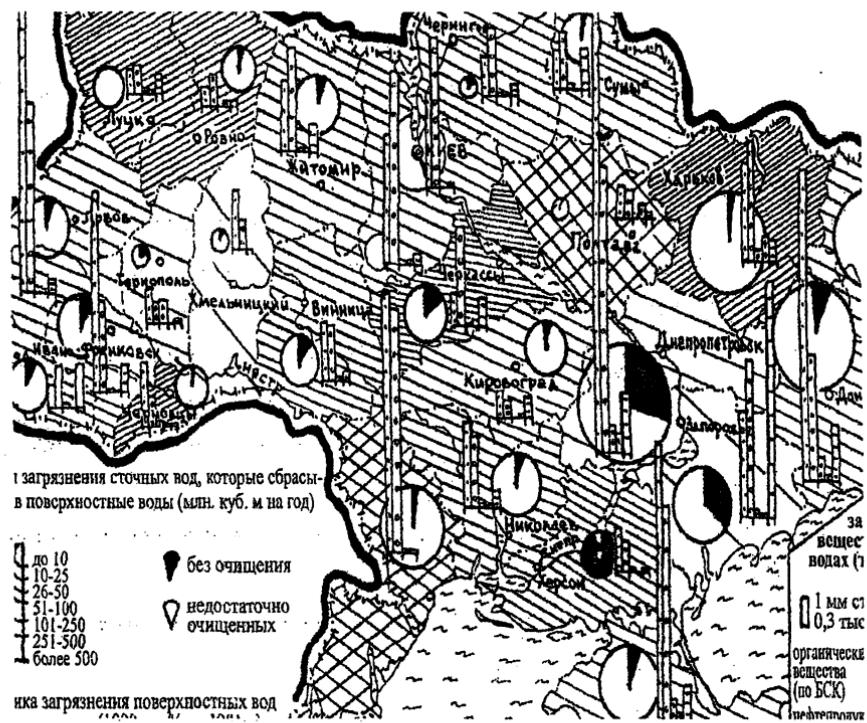


Рис.2.5. Обеспеченность водными ресурсами [22]

2.3. Водные ресурсы Крыма

Поверхностные и подземные воды составляют водные ресурсы Крыма. Водные ресурсы занимают одно из главных мест среди других природных богатств. Вода является ресурсом, без которого невозможна хозяйственная деятельность человека. Наличие воды определяет нормальные условия эксплуатации существующих промышленных и сельско-хозяйственных объектов, функционирования курортной отрасли и. во многом, перспективы их развития.

Водообеспеченность Крыма одна из самых низких среди административных областей Украины. Автономная Республика Крым является единственной административной единицей Украины, сток рек которой формируется только в пределах её территории. В Крыму насчитывается 1657 рек и временных водотоков общей длиной 5996 км. Наибольшую длину имеет река Салгир 238 км.

Реки Крыма из-за их небольших бассейнов, незначительной длины - малой водности относят к рекам горного типа.

В зависимости от направления стока поверхностных вод принято деление рек Крыма на три группы: реки северо-западных склонов Крымских гор, реки Южного берега Крыма, реки северных склонов Крымских гор. Особо выделяют балки равнинного Крыма и Керченского полуострова. Водоразделы между группами рек проходят по поверхности яйл и по Симферопольской возвышенности. На Керченском полуострове водораздел образует Парпачский гребень. Наиболее длинные реки бассейна Азовского моря, самые многоводные - на северо-западных склонах Крымских гор, а самые короткие - на Южном берегу.

Сведения о поверхностном стоке по основным рекам Крыма в средний маловодный год и за 1995 год (фактический) приводятся в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Сведения о поверхностном стоке по основным рекам

Крыма [16]

№ п/п	Бассейн рек	Площадь водосбора (км ²)	Сток, фиксирующийся в пределах республики (млн. м ³)			Фактически за 1995 год
			средний год	маловодный год	50%	
			75%	95%		
1.	Альма	635,0	31,60	21,20	10,10	45,10
2.	Кача	573,0	40,10	27,40	19,80	-
3.	Б. Узенбаш	12,0				10,40
4.	К. Узенбаш	21,0				7,90
5.	Карстовый					8,80
6.	Бельбек	505,0	73,00	51,20	33,20	65,90
7.	Черная	427,0	58,70	41,10	33,50	76,30
8.	Дерекойка	51,0	17,00	9,20	5,40	25,50
9.	Демерджи	53,4	6,56	3,57	1,16	4,40
10.	Су-Икдол	156,0	2,36	1,57	0,78	5,36
11.	К - Карады	255,0		10,00		5,00
12.	Салгир	3750,0	33,60	25,00	17,00	48,60
13.	М. Салгир	96,1				7,57
14.	Б. Карады	1160,0	58,80	45,50	32,60	48,60
15.	Прочие реки Крыма					90,50
	ВСЕГО					449,90

Реки Крыма и наполняемые ими 14 водохранилищ (объем 250 млн. м³) и прудов дают примерно 10% водных ресурсов региона и имеют большое значение в водохозяйственном балансе Крыма. Их водные ресурсы используются для питьевого и промышленного водоснабжения, для орошения сельхозугодий. Бесперебойное водоснабжение всех отраслей хозяйства и населенных мест достигается путем создания устойчивых во времени запасов водных ресурсов (на основе регулирования или перераспределения стока) и централизованной подачей воды потребителям. Оно связано с огромными объемами гидротехнического, мелиоративного строительства в прошлом и требует больших современных капиталовложений и эксплуатационных затрат сейчас. Большинство из них являются водоемами

комплексного назначения, т.е. используются не только для хозяйственных, но и регуляционных целей: накопления воды в период весеннего половодья и дождей и перераспределения ее в меженные летний и зимний периоды. Они пополняют подземные водоносные горизонты, накапливают продукты водной эрозии с сельскохозяйственных и естественных угодий в виде донных отложений, усиливая самоочищающую способность водных экосистем. Практически все водоемы используются для рекреации или любительского рыболовства.

На ЮБК и юго-восточном побережье Крыма реки и построенные на них водохранилища - основные источники водоснабжения. Ялта снабжается водой из Загорского и Счастливенского водохранилищ. В Алушту вода поступает из Кутузовского и Изобильненского водохранилищ. Население и промышленность Симферополя используют воду Аянского, Симферопольского и Партизанского водохранилищ. Кроме местного поверхностного стока, в Крыму используются транзитные воды, поступающие по Северо-Крымскому каналу из Каховского водохранилища, построенного на Днепре и введённого в эксплуатацию в 1958 году. Длина его с северо-запада на юго-восток 220 км. Полезный объем водохранилища 6,8 млрд. м³, средняя глубина 8,4 м, а площадь зеркала - 2155 км². Вода по качеству отвечает нормам для орошения, обводнения территории и водоснабжения. На химический состав воды оказывают влияние, в основном вышерасположенные водохранилища. Вода относится к гидрокарбонатному классу. Концентрация растворённого кислорода и двуокиси углерода изменяется в широких пределах по сезонам года. Качество воды в водохранилище ухудшается вследствие хозяйственной деятельности человека.

По Северо-Крымскому магистральному каналу днепровская вода в Крым поступила в октябре 1963 года. Головное сооружение Северо-Крымского канала входит в состав Каховского гидроузла, его пропускная способность - составляет 380 м³/сек.

В настоящее время в поливной период Крым получает 200-215 м³/сек воды, а Херсонская область 60-80 м³/сек. Северо-Крымский канал является одним из крупнейших и уникальных сооружений такого рода. Северо-Крымский канал состоит из трёх самотечных и одного напорного участков. Первый самотечный участок начинается у Каховского водохранилища и заканчивается на 208 км за г. Джанкоем перед насосной станцией № 1, которая поднимает воду на 9,3 м.

Таблица 2.6. Забор вод из Каховского водохранилища Северо-Крымским каналом в 1991 – 2000 гг. (млн. м³)

Год	Всего	В Крым
1991	3690.1	3045.6
1992	3497.0	2853.4
1993	3632.0	3025.5
1994	3611.0	2997.2
1995	2562.9	2091.3
1996	2451.0	1955.0
1997	2061.5	1480.8
1998	2161.0	1481.0
1999	2100.0	1560.0
2000	2100.0	1420.0

Второй самотечный участок располагается от 208 км до 287 км, до насосной станции № 2, поднимающей воду на 25,7 м. Третий самотечный участок от 287 км до 369 км до насосной станции № 3. Напорный участок начинается у насосной станции № 3 и заканчивается на 401 км у очистных сооружений г. Керчи. Между насосными станциями № 3 и № 4 и за насосной станцией № 4 проложены стальные трубопроводы. Вдоль канала проходят защитные лесополосы, открытые и закрытые коллекторы, автомобильная дорога, линия связи. Открытая часть канала трапециoidalного сечения, в основном проходит в полунасыпи и только небольшие участки - в полной насыпи или выемке. Ложе канала в основном

забетонировано. Ширина ложа канала понизу 35-40 м, по верху 70-100 м, глубина 5-6 м.

От магистрального русла канала начинаются крупные ответвления - Раздольненский и Азовский рисовые каналы, Красногвардейский, Черноморский, Сакский и Соединительный каналы.

Северо-Крымский канал является главной водной артерией Крыма. Днепровская вода используется для орошения и обводнения земель Степного Крыма, для питьевого водоснабжения городов Керчи и Феодосии, а после строительства Межгорного водохранилища также и для водоснабжения городов Симферополь и Севастополь. Необходима эта вода для развития промышленности в этих городах, для использования в технических целях.

Соотношение поверхностного стока, формирующегося в пределах Крыма и стока поступающего со смежных территорий, характеризуется такими данными.

Таблица 2.7. Соотношение поверхностного стока [19]

Республика Крым	Сток, формирующийся в пределах Крыма				Сток, поступающий со смежных территорий	Суммарный сток
	Площадь водосбора (тыс.км ²)	Годовой сток (млн.м ³)			Годовой сток (млн.м ³)	Годовой сток (млн.м ³)
		Факт 1995 г.	Средний	Маловодный		
			50%	75%	95%	
	17,5	449,9	564,1	364,1	191,2	2091,3
						2541,2

В 1995 году 82,3 % всего стока в Крыму поступило со смежных территорий, то есть по Северо-Крымскому каналу.

Сток большинства рек зарегулирован созданием водохранилищ, воды которых используют для орошения и водоснабжения. В Крыму расположено 23 особо крупных водохранилища общим объемом 398,4 млн. м³ воды и 1743

прудов и водоёмов, которые используются для орошения, рыбоводства и культурно-бытовых нужд. Выделяют водохранилища на местном стоке (табл. 2.8.) и наливные из системы Северо-крымского канала СКК) (табл.2.9).)

Таблица 2.8. Водохранилища на местном стоке [1]

Водохранилище	Источник, питания (река, балка)	Полный объём, млн. м ³
Бахчисарайское	Кача	6,80
Альминское	Альма	6,20
Аянское	Аян	3,90
Симферопольское	Салгир	36,00
Партизанское	Альма	34,40
Белогорское	Биюк-Карасув	23,30
Тайганское	Биюк-Карасу	13,80
Чернореченское	Чёрная	64,00
Счастливенское	Бельбек	11,80
Балановское	Зуя	5,07
Загорское	Кача	27,80
Льговское	Малый Индол	2,20
Изобильное	Улу-Узень	13,25
Кутузовское	Шумская	1,10
Итого:		249,62

Таблица 2.9. Объёмы наливных (из системы СКК) водохранилищ Крыма, млн. м³[1]

Водохранилище	Объем при НПУ*	Объем при УМО**	Полезная ёмкость
Феодосийское	15,4	4,0	11,4
Фронтовое	35,5	6,5	29,0
Ленинское	3,7	0,69	3,01
Зеленоярское	3,02	0,60	2,42
Станционное	24,0	1,20	22,8
Межгорное	50,0	1,70	48,3
Сокольское	2,26	0,7	1,56
Самарлинское	9,0	1,0	8,0

* НПУ - нормальный подпорный уровень ** УМО - уровень мертвого объема.

Практически все реки являются приемниками сточных вод. Например, в реку Чурук-Су, протекающую через г. Бахчисарай, сбрасывается в 1,5 раза больше сточных вод, чем ее норма годового стока.

Качество днепровской воды, поступающей по СКК, является чрезвычайно важным, так как эта вода используется в качестве питьевой. Показатели проб воды, за исключением мутности, соответствуют требованиям ГОСТ 2874-82. Однако тревогу вызывает постоянное присутствие в днепровской воде природных и синтетических органических загрязнителей (полихлорированные бифенилы, фенолы, фенолкарбоновые кислоты, хлорорганические пестициды и др.). В технологических схемах очистки питьевых вод с использованием хлора при окислении органических загрязнителей образуются хлорорганические вещества с токсичными и мутагенными свойствами. При исследовании проб питьевых вод, отобранных на станции подготовки питьевой воды, выявлены многочисленные летучие хлорсодержащие соединения (ЛХС.). Применение первичного хлорирования неочищенной воды поверхностных источников является основной причиной образования ЛХС.

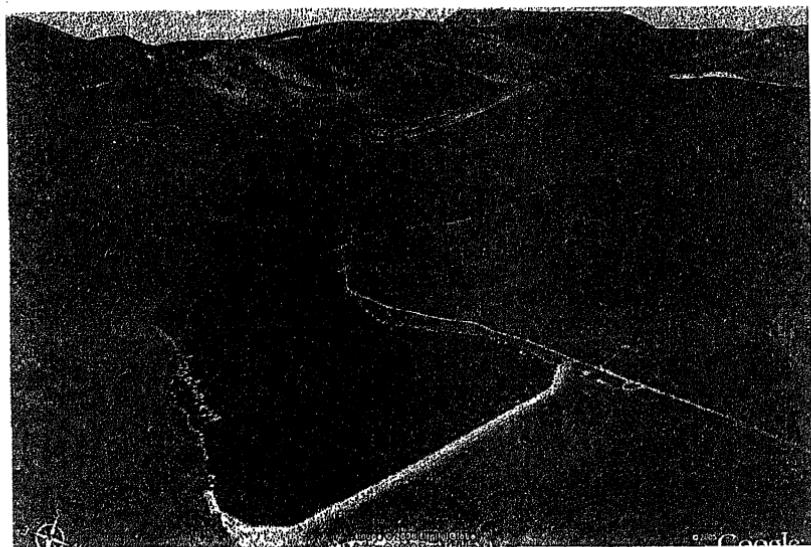


Рис. 2.6. Аянское водохранилище

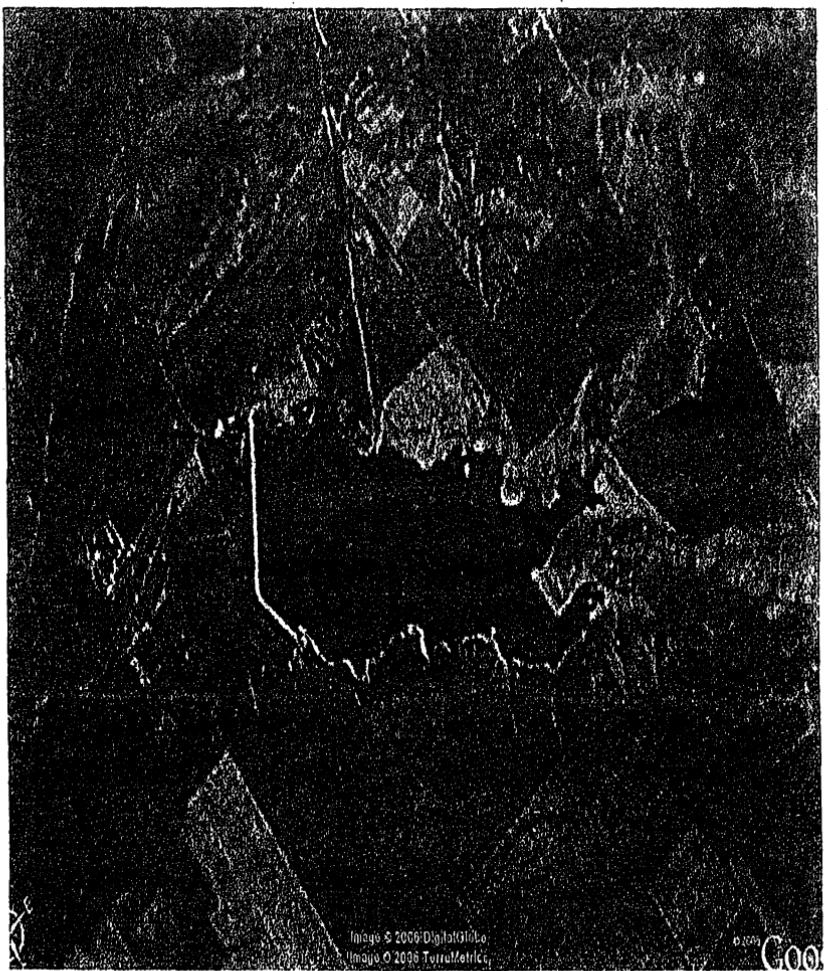


Рис. 2.7. Межгорное водохранилище

Показатели качества воды одного из самых чистых - Аянского и наливного из системы СКК Межгорного водохранилищ значительно отличаются (табл. 2.10 и табл. 2.11), (рис. 2.6. и рис. 2.7.).

Таблица 2.10. Средние показатели качества воды Аянского водохранилища, ингредиенты мг/дм³

	цветность	мутность	аммиак	нитриты	нитраты	окисляемость	жесткость	хлориды	железо	сухой остаток	фтор	мел	кальций	свинец	щелочность	кальций	магний	
Январь	10	3,80	0,110	0,080	5,80	3,12	3,80	5,60	0,10	230	56,24	0,044			3,7	50,10	26,75	
Февраль	10	2,64	0,050	0,003	4,48	1,76	3,60	5,00	0,06	228	21,39	0,13	0,030	0,002	0,006	3,7	60,10	7,29
Март	20	1,74	0,050	0,003	4,28	1,84	3,80	5,00	0,05	238	34,57		0,030			3,6	68,10	4,86
Апрель	10	1,08	0,050	0,003	3,82	1,52	3,80	5,00	0,06	246	20,16	0,14			3,7	68,10	4,86	
Май	10	1,30	0,050	0,003	3,08	2,80	3,70	5,00	0,05	296	25,50		0,006	3,6	56,10	9,72		
Июнь	8	3,70	0,050	0,003	2,60	2,20	3,00	5,00	0,05	142	28,80	0,030			2,8	50,10	6,08	
Июль	10	1,85	0,050	0,003	2,64	3,76		5,00	0,05	247	33,70				3,7			
Август	15	2,40	0,050	0,003	3,43	3,52		5,00	0,06	238	37,28	0,49			3,0			
Сентябрь	10	1,60	0,050	0,005	2,63	2,16	2,80	5,00	0,05	186	14,80				2,8	24,00	20,70	
Октябрь	10	1,60	0,050	0,003	2,23	2,56	3,20	5,00	0,06	178	12,34	0,030	0,002	0,006	3,1	56,10	4,86	
Ноябрь	10	0,56	0,050	0,003	1,98	2,32	3,80	4,50	0,05	216	38,70				3,1	68,00	4,22	
Декабрь	5	0,25	0,050	0,003	3,08	4,00	3,80	5,60	0,05	172	21,80	0,030			3,7	42,00	9,72	

Таблица 2.11. Средние показатели качества воды Межгорного водохранилища, ингредиенты мг/дм³

	цветность	мутность	аммиак	нитриты	нитраты	окисляемость	жесткость общая	хлориды	железо	сухой остаток	фтор	мел	кальций	свинец	щелочность	кальций	магний	
Январь	10	3,81	0,10	0,001	1,76	6,08	4,00	38,00	0,12	270	68,10	0,11			3,10	40,08	32,80	
Февраль	25	2,64	0,10	0,030	1,92	5,60	4,40	32,00	0,10	278	64,24	0,25	0,08	0,002	0,006	3,10	52,10	4,89
Март	10	3,50	0,10	0,003	1,10	6,08	3,30	35,00	0,10	292	66,30					48,03	24,00	
Апрель	22	7,00	0,18	0,010	0,99	6,18	3,00	37,50	0,11	296	67,50	0,30			2,95	52,10	24,30	
Май	20	4,25	0,26	0,015	0,46	5,90	4,60	35,00	0,14	291	65,84				2,90	18,10	26,75	
Июнь	20	8,50	0,26	0,015	0,93	6,08	4,70	38,61	0,11	299	70,70				3,20	46,09	29,18	
Июль	15	3,92	0,05	0,003	1,32	6,16	3,60	32,50	0,08	326	78,00				3,00	42,10	21,96	
Август	15	7,20	0,05	0,003	1,32	5,60	3,90	32,00	0,07	336	75,71				3,00	42,10	7,29	
Сентябрь	15	5,80	0,06	0,003	1,23	6,24	3,40	32,00	0,06	388	65,84	0,26			3,10	56,10	14,59	
Октябрь	20	3,95	0,05	0,003	0,88	5,60	4,00	33,00	0,07	428	68,30	0,10	0,002	0,006	3,30	56,10	14,59	
Ноябрь	20	5,00	0,20	0,040	1,21	5,12	4,60	38,00	0,10	298	69,00				3,40	48,09	26,75	
Декабрь	25	5,00	0,09	0,012	0,88	6,08	4,50	38,50	0,13	282	72,42	0,11			2,50	46,09	26,75	

Качество днепровской воды невысокое. Об этом свидетельствуют пробы воды, отобранные из Межгорного водохранилища (с 1996 по 2000 г). Воды СКК имеют в среднем следующие показателями качества: pH=8,2-8,8; цветность $\times 10^{-3}$ градусов; мутность $2-17 \text{ mg/dm}^3$; жесткость $3,6-4,4 \text{ mg-экв/l}$; запах - 1-3 балла; общая минерализация - $270-486 \text{ mg/dm}^3$; окисляемость $4,7-7,8 \text{ mg O}_2/\text{l}$; БПК-0,9-3,5 $\text{mg O}_2/\text{l}$. Эти показатели, за исключением мутности, соответствуют требованиям ГОСТ 2874-82. Вода относится к гидрокарбонатному классу. Концентрация растворенного кислорода и двуокиси углерода изменяется в широких пределах по сезонам года. Юго-восточный Крым также снабжается водой из наливных водохранилищ. Исходная днепровская вода подвергается очистке и затем подается в водопровод.

Таблица 2.12. Полный анализ поступающих из Феодосийского водохранилища и очищенных для питьевых нужд вод

Наименование показателей	Исходная вода	Очищенная вода
Мутность mg/dm^3	13.8	2.42
Цветность, °	43	23
Запах, балл	2/2	2/2
Вкус, балл	-	2
pH	8.4	8.0
Температура, град	13.6	13.7
Жесткость, моль/м	4.3	4.1
Щелочность, mg/dm^3	2.9	2.75
Ионы аммиака, mg/dm^3	0.15	0.041
Нитриты, mg/dm^3	0.012	0.004
Нитраты, mg/dm^3	0.52	0.26
Окисляемость, mg/dm^3	5.61	5.42
Растворенный кислород, mg/dm^3	9.8	-
БПК ³ , mg/dm^3	2.62	-
Сухой остаток, mg/dm^3	400	330
Хлориды, mg/dm^3	54	51.3
Сульфаты, mg/dm^3	88.8	74.5
Железо общее, mg/dm^3	0.14	0.07
Остаточный хлор, mg/dm^3	-	1.01
Остаточный ПАА, mg/dm^3	-	0.011
Общее число бактерий	31	5
Коли индекс	264	3
Кальций, mg/dm^3	51.4	50.3
Магний, mg/dm^3	13.5	12.5
	отсутствует	отсутствует

Применяющиеся технологии подготовки питьевой воды не позволяют существенно снизить цветность и окисляемость, в связи с чем, в системы централизованного водоснабжения часто подаётся вода с высоким содержанием органического вещества.

Кроме того, для водных источников в Крыму характерны высокая жёсткость воды, значительная концентрация нитратов и существенная бактериальная обсемененность. И если первый показатель является неотъемлемой характеристикой природных вод Крыма, то, по мнению экспертов два других свидетельствуют о значительном загрязнении площадей водосбора. При этом в питьевой воде из систем централизованного водоснабжения сохраняется достаточно высокая жёсткость, но практически отсутствуют нитраты и тем более бактерии.

Необходимо учитывать, что наиболее легко загрязняются открытые водоемы, в то время как лучшими по санитарно-гигиеническому состоянию являются глубокие подземные воды.

Для приведения качества в соответствие с санитарно-гигиеническими требованиями вода подвергается специальной обработке. Наиболее распространено обеззараживание воды методом хлорирования. Еще более эффективно озонирование воды, однако этот способ примерно в 6 раз дороже хлорирования и требует большого расхода электроэнергии. В связи с ростом населения намечается дальнейший рост коммунально-бытового водопотребления и соответственно водоснабжения.

Крупных пресных озёр в Крыму нет. В приморской полосе равнинного Крыма находится около 50 озёр-лиманов общей площадью 5,3 тыс. км²

В результате затопления морем расширенных устьев балок и рек вначале образовались лиманы. В дальнейшем они отделились от моря пересыпями и превратились в озёра-лиманы. Минерализация вод этих озёр очень высокая и для целей водоснабжения они непригодны.

В отличие от этих вод к высокому классу по степени пригодности относятся подземные воды Крыма. В артезианских бассейнах равнинного

Крыма находится большая часть эксплуатационных вод. Наиболее обширны здесь Северо-Сивашский, Белогорский и Альминский артезианские бассейны. По данным Шутова Ю.И. в 1975 году в степном Крыму изымали подземную воду до 2600 артезианских скважин – преимущественно для орошения. Отбор её превышал на 23% естественное восполнение из-за чего уровень вод местами понизился от десятков до 150 м. В ряде районов за период эксплуатации уровень упал на 15-25 м. Вследствие этого на горизонты пресных подземных вод началось наступление соленых, а в приморской зоне морских вод. Эксплуатационные скважины, стали поставлять солоноватую воду.

В настоящее время эксплуатация подземных вод на территории Крыма практически стабилизировалась. Данные по водоотбору приводятся в табл. 2.13.

Таблица 2.13. Водоотбор подземных вод в Крыму [1]

Годы	Водоотбор (тыс.-м ³ сутки)
1980	1136,6
1990	778,4
1991	674,0
1992	667,7
1993	665,8
1994	702,4
1995	633,7

Резко изменилось направление использования подземных артезианских вод. Если ранее большая часть подземных вод использовались для орошения, то сейчас в основном для целей водоснабжения. Использование подземных вод в Крыму на 01.01.1996 года характеризуется следующими данными.

Таблица 2.14. Анализ использования подземных вод Крыма [1]

Год	Запасы подземных вод, всего	в т. ч. минерализацией до 1,5 г/л	Утвержденный лимит забора воды	В том числе на		Фактический забор воды, всего	В том числе на	
				Водоснабжение	орошение		водоснабжение	орошение
1986	423,2	423,2	329,9	284,2	45,7	309,0	264,9	44,8
1987	423,2	423,2	292,2	262,6	29,6	291,8	261,5	30,3
1988	409,0	366,9	270,1	247,3	22,8	262,6	240,6	21,9
1989	409,0	372,0	264,1	243,1	21,0	254,4	234,6	19,8
1990	409,0	372,0	261,2	243,8	17,4	258,9	242,1	16,8
1991	409,0	366,9	250,0	235,0	15,0	246,0	231,9	14,1
1992	409,3	366,9	250,0	235,2	15,0	243,7	229,2	14,5
1993	409,3	366,9	258,7	243,5	15,2	243,0	231,0	12,0
1994	418,3	375,9	259,2	243,5	15,7	25644	241,9	14,5
1995	418,3	375,9	257,0	242,0	15,0	231,4	222,3	9,1
1996	418,3	375,9	260,4	245,3	15,1	203,4	197,5	5,9

Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод по данным работ за 1986-1987 гг. Крымской РТЭ составляют 474,5 млн. м³/год (1300 тыс. куб. м/сут.). Около 89% этих запасов были утверждены ГКЗ СССР или УкрТКЗ. Однако 67% запасов утверждено в период с 1956 по 1966 гг.

Основную долю прогнозных объёмов подземных вод составляют запасы водоносных горизонтов (комплексов): понт-мэотис-сарматских - 72% (341,64 млн. м³/год), тортонаских - 8% (66,43 млн. м³/год) и верхнеюрских - 8% (66,43 млн. м³/год). Наибольшими запасами отличаются Северо-Сивашские - 35% и Альминские - 37% месторождения. Верхнеюрские месторождения приурочены к горной части Крымского полуострова.

За последнее десятилетие гидрогеологическая обстановка в результате интенсивной антропогенной деятельности резко изменилась. Произошли качественные изменения состава водоносных горизонтов, а на ряде водозаборов утвержденные ранее запасы эксплуатацией не подтверждаются.

Рескомводхоз Крыма совместно с ГГП "Крымгеология" планомерно организует работу по экономии и рациональному использованию запасов подземных вод.

В 1975 году фактический водозабор подземных вод составлял более 746,8 млн. м³, в том числе на орошение - 354,8 млн. м³ площадь орошения госсистем составляла 60,5 тыс. га.

По данным ГПП "Крымгеология" на 01.01.1997 года запасы подземных вод пригодных к использованию составляют всего 418,3 млн. м³/год, в том числе с минерализацией до 1,5 г/л -375,9 млн. м³ (89,86%).

Утвержденный лимит забора воды - 260,4 м³ (61,96%), факт -203,4 млн. м³, в том числе:

- водоснабжение - 245,3 млн. м³, факт -197,5 млн. м³;

- орошение -15,1 млн. м³, факт - 5,9 млн. м³ пл. орошения 5,64 тыс. га.

Всего в Крыму на 01.01.97 г. - 2921 скважина, из них на водоснабжение - 2747, на орошение -167 и 7 шт. смешанных.

ГЛАВА 3. ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

3.1. Водное хозяйство как отрасль государственного хозяйства.

Особенности и проблемы организации

Водное хозяйство – это отрасль государственного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения и транспортировкой их к месту потребления. Основной задачей водного хозяйства является обеспечение всех отраслей общественного производства водой в необходимом количестве и соответствующего качества.

Водное хозяйство представляет собой сложную, динамическую во времени и в пространстве систему использования одного из важнейших компонентов природной среды – водных ресурсов. От правильной, рациональной организации хозяйственного использования водных ресурсов во многом зависят и повышение эффективности общественного производства и соблюдение условий охраны вод от истощения, загрязнения и засорения.

Водное хозяйство – это сложная геотехническая пространственная система, обладающая функциональными, отраслевыми и территориальными структурами. От условий функционирования данной системы, состояния ее производственной и технологической базы, в качестве которых выступает совокупность всех водных источников, во многом зависит состояние и развитие хозяйственного механизма регионов и стран, совершенствование территориальной организации производства, а также рациональное использование и охрана водных ресурсов.

В XXI веке водные ресурсы большинства стран станут решающим фактором их экономического развития и экологической безопасности. По ориентировочным расчетам, объем водопотребления удваивается через каждые 10-15 лет. Согласно данным ЮНЕСКО, на сегодня в мире 1,5 млрд.

людей не имеют доступа к качественной питьевой воде, а по прогнозам Всемирной метеорологической организации до 2020 года с недостатком питьевой воды может столкнуться все население нашей планеты. А Украина по запасам воды на душу населения занимает одно из последних мест в Европе.

В Украине широкомасштабное превращение естественных экосистем, привлечения значительных объемов водных ресурсов, в хозяйственное обращение, их загрязнение, изменение условий функционирования ландшафтов, нарушили естественное равновесие, резко снизили качество водоно-ресурсного потенциала и ослабили способности водных экосистем к самоочищению. В результате современные водохозяйственные проблемы приобрели общегосударственное значение, стали одним из главных факторов национальной безопасности. Водное хозяйство Украины имеет давнюю историю. Главным направлением было и остается гарантированное обеспечение населения и отраслей экономики водой в необходимом количестве (рис. 3.1.) и соответствующего качества.

Возрастающая в глобальных масштабах проблема нехватки пресной воды, территориальная неравномерность размещения водных ресурсов, а также преимущественное несовпадение в пространственном аспекте потребностей в воде с фактическими возможностями водных источников ставят вопрос о необходимости территориального перераспределения водных ресурсов. В ряде случаев это приобретает межгосударственное значение.

Значительную научную и практическую ценность приобретает пространственный анализ сложившейся и перспективной территориальной организации хозяйственного использования водных ресурсов на базе специального водохозяйственного районирования, а также сопряженных с ним исследований по оценке водного фактора для целей оптимизации размещения и развития промышленного, сельскохозяйственного и коммунально-бытового производства, стоимостной оценки воды и т.д.

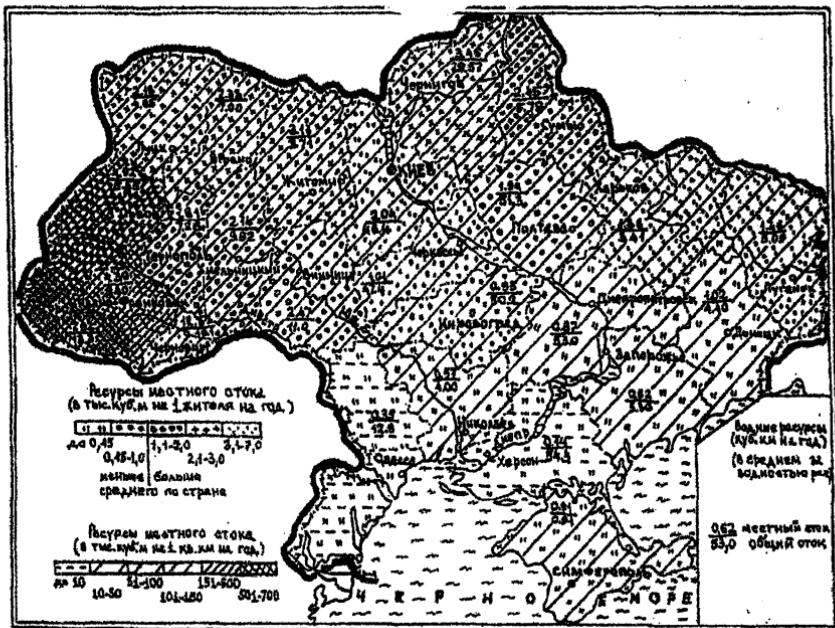


Рис. 3.1. Обеспеченность водными ресурсами [22]

Существуют большие диспропорции между потребностями в воде и водными ресурсами в разрезе отдельных районов, в преобладающем одностороннем характере хозяйственного использования водных источников, в различиях удельного коммунально-бытового потребления на одного человека.

Водное хозяйство включает следующие виды использования водных ресурсов:

- хозяйствственно-бытовое водоснабжение и водоотведение;
- водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий и тепловых электростанций, гидроэнергетику;
- сельскохозяйственное использование (водоснабжение, орошение обводнение);
- водно-транспортное;

- лесосплавное;
- рыбохозяйственное;
- рекреационное.

Водное хозяйство реализует мероприятия по борьбе с разрушительными действиями и водной стихии – наводнениями и селями.

Как и другие отрасли, *водное хозяйство включает особый, присущий ему производственный процесс, цель которого в частности, состоит в создании определенного режима водных источников, обеспечивающего возможность бесперебойного использования водных ресурсов всеми потребителями*. Создание такого режима достигается обычно с помощью специальных гидротехнических сооружений, которые образуют, следовательно, важнейший элемент производственного процесса водного хозяйства. Конечным результатом такого процесса является подготовленная к разным видам использования вода, представляющая собой продукцию водного хозяйства. Для разных потребителей эта продукция характеризуется различными показателями. Ею может быть вода определенного качества, которая доставляется потребителям в определенном объеме и в необходимое для них время.

Продукцией водного хозяйства может быть также объем воды, поддерживаемый на заданном уровне, обеспечивающий выработку электроэнергии, судоходство, лесосплав, орошение. Водную среду, обладающую необходимыми для развития живых организмов скоростями течения, термическим и кислородным режимом и т.д., также можно рассматривать как продукцию водного хозяйства, если такой режим поддерживается при помощи каких-либо мероприятий.

Водные ресурсы, как и все другие природные ресурсы, подвергнутые обработке в ходе использования обществом, приобретают определенную стоимость. Эта стоимость измеряется капитальными и текущими затратами на создание и эксплуатацию всевозможных гидротехнических сооружений и

других элементов водохозяйственных систем, посредством которых осуществляется использование продукции водного хозяйства – воды.

С древнейших времен обеспечение водой хозяйства и населения развивалось стихийно. За редким исключением потребности общества удовлетворялись за счет местного стока. В Крыму, например, построены 23 крупных водохранилища общим объемом 398,4 млн. м³ воды и 1749 прудов и водоёмов, которые используются для орошения, рыбоводства и культурно-бытовых нужд.

Увеличение объемов производства, урбанизация и рост народонаселения определяют непрерывно возрастающее потребление воды. Так по ориентировочным расчетам, объем водопотребления удваивается через каждые 10-15 лет.

Бесперебойное водоснабжение всех отраслей хозяйства и населенных мест достигается путем создания устойчивых во времени запасов водных ресурсов (на основе регулирования или перераспределения стока) и централизованной подачей воды потребителям. Оно связано с огромными и все возрастающими объемами гидротехнического, мелиоративного строительства, требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Рост водопотребления и уровень его обеспеченности местными водными ресурсами не одинаковы. В условиях современной техники вода в принципе может быть подана из многоводных районов в вододефицитные. Целесообразность такой переброски определяется экономическими показателями – величиной затрат на водоснабжение, влиянием этих затрат на уровень стоимости выпускаемой потребителями воды продукции, экономическим эффектом от улучшения условий водообеспеченности региона-потребителя, побочными следствиями гидротехнических мероприятий в денежном выражении.

Водохозяйственная ситуация, т.е. совокупность обстоятельств и условий, определяющих состояние использования и охраны водных

ресурсов, находится под влиянием целой группы социальных и природных факторов. Познание их пространственно-временных отношений и взаимосвязей представляет одну из важнейших задач геоэкологии. Ее решение открывает возможности для последующих расчетов и конструирования пространственно-временных сочетаний взаимодействующих между собой природных и хозяйственных факторов в интересах развития производительных сил и рациональное использования водных ресурсов.

К одному из важнейших природных факторов, определяющих водохозяйственную ситуацию, можно отнести **удельную водообеспеченность территории и населения**. Показатель удельной водообеспеченности оценивается количеством воды, приходящимся на единицу площади и одного человека. Естественно, его значения территориально сильно меняются.

Крымские реки активно используются в хозяйственной деятельности, Показатели удельного и безвозвратного водопотребления в их бассейнах различны (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Удельное и безвозвратное водопотребление в бассейнах рек Крыма, млн. м³ в год [16]

Бассейн реки	Водопотребление	
	удельное, тыс. м ³ /чел.	безвозвратное, %
Западный Булганак	0,20	78
Альма	1,40	94
Кача	0,78	36
Бельбек	1,27	46
Чёрная	1,73	96
В среднем	1,10	74
Восточный Булганак	1,01	58
Мокрый Индол	0,90	66
Сухой Индол	1,95	67
Чорох-Су	0,52	82
В среднем	0,92	66
Малый Салгир	0,009	75
Зюя	0,20	80
Бурульча	0,36	93
Биюк-Карасу	0,88	94
В среднем	0,23	92

Данные таблицы четко демонстрируют факт: безвозвратное водопотребление может достигать 94% от использованных водных ресурсов реки, что естественно приводит к снижению величины годового водообмена, засорению, загрязнению и истощению вод.

Не менее важно большее несоответствие между водообеспечением и водопотребностью. А величина этого несоответствия значительно варьирует в территориальном аспекте. Несмотря на большое значение для водохозяйственного планирования и проектирования нет единой методики количественной оценки несоответствия между водообеспечением и водопотребностью. Это обусловлено рядом обстоятельств. В частности, необходимо отметить, что водные ресурсы рек имеют линейное (ленточное) распространение, подземные водные ресурсы - плоскостное, а использование вод - точечное (система речных водозаборов, подземных скважин и т.д.). В силу этого сопоставление характера распространения водных ресурсов с их использованием представляет весьма сложную задачу.

Обусловленная объективными причинами напряженность водохозяйственной ситуации, которая сложилась в отдельных частях страны, требует предельно рационального использования водных ресурсов и усиления их охраны от истощения и загрязнения.

Для достижения большей эффективности сопряженных с этим водохозяйственных мероприятий целесообразны предварительная оценка их результативности применительно к условиям и особенностям того или иного района, а также выбор оптимальных схем по межрайонному распределению водных ресурсов.

К важнейшим современным водохозяйственным мероприятиям, направленным на упорядочение использования и усиление охраны водных ресурсов относят:

- регулирование стока;

- ограничение развития водоемных производств, увеличение мощностей оборотного и технического водоснабжений, перевод предприятий на замкнутые циклы водоснабжения, использование сточных вод в орошении;

- строительство очистных и канализационных сооружений;

- повышение комплексности в использовании водных ресурсов;

- регулирование режима речного стока, межбассейновые переброски вод.

При хозяйственном использовании водных ресурсов важнейшее значение имеет определение их количественных запасов и качественного состояния. В литературе рассматриваются различные подходы к классификации поверхностных вод с точки зрения учета их хозяйственной значимости.

Действительная водность того или иного региона не может быть количественно определена лишь с учетом местного, формирующегося на его территории стока, без учета оттока из него поверхностных вод в соседние регионы, а также притока из других регионов. Следовательно, объем используемых ресурсов поверхностных вод в каждом регионе не обязательно совпадает с величиной ресурсов местного стока. При хозяйственной необходимости водопотребление района может опираться и на сток, формирующийся и в других районах – в верхней части того же бассейна или же посредством переброски стока за его пределами, иногда в довольно удаленных районах.

Водохозяйственное использование рек связано с их гидрологическим режимом. Величина водных ресурсов зависит от общих климатических и метеорологических условий и изменяется по сезонам и годам, причем иногда очень резко.. резкие внутригодовые колебания стока, характерные для рек нашей страны, создают большие трудности в их использовании.

Колебания годового стока выражаются коэффициентом изменчивости (вариации), показывающим отклонение годовых величин от средних многолетних. Чем выше этот коэффициент, тем больше отклонения от средних показателей. На равнинных реках смешанного, преимущественно

снегового питания в районах достаточного увлажнения этот коэффициент составляет примерно – 0,2-0,3, на реках засушливых районов – 1,0-1,2.

Сток подчиняется определенным широтным и вертикальным закономерностям. Например, его величина на территории Украины резко падает с севера на юг вследствие уменьшения осадков и увеличения испаряемости.

Подземные воды в их естественном состоянии в санитарно-гигиеническом отношении обычно качественнее поверхностных вод. Однако они также могут быть сильно минерализованы, с повышенной жесткостью, с нарушениями микро элементного состава. Качественная оценка этих вод как питьевых определяется степенью их минерализации. Пригодными для питья считаются пресные воды, содержащие до 1 г/л различных солей. Воды с минерализацией 3,0 – 10,0 г/л, солоноватые исключаются из ресурсов хозяйствственно-питьевого назначения. Обычно в качестве питьевых вод используются месторождения с простыми и относительно однородными гидрохимическими и благоприятными санитарно-бактериологическими условиями и устойчивым качеством воды в процессе длительной эксплуатации.

Интенсивное гидротехническое строительство привело к возникновению ряда крупных водохранилищ, часто превосходящих по площади зеркала естественные озера. По своему режиму они относятся к водоемам замедленного водообмена, хотя и питаются водами основной реки, а также боковых притоков. Водохранилища предназначены прежде всего для зарегулирования стока. По своему назначению они используются для гидротехники, орошения, противодействия наводнениям и др.

Создание водохранилищ приводит не только к изменению гидрологического режима качества воды, но и к изменению гидрографии регионов, когда само водохранилище выступает в качестве водопотребителя. Общий объем водохранилищ на планете уже превысил 6 тыс. км³, что изменило природу прилегающих территорий в общей сложности на площади

в 1,5млн. км². С одной стороны водохранилища увеличивают водные ресурсы района в лимитирующие периоды и в маловодные годы; с другой - значительно увеличивают испарение с водной поверхности, тем самым, уменьшая суммарные водные ресурсы региона. Так, для трёх крупных водохранилищ СНГ Куйбышевского, Волгоградского и Бухтарминского потери воды в сумме составляют 3,8 км³ в год. Интересные данные о потерях воды в США и СССР приведены А.М. Владимировым и др. (1991), (табл. 3.2.)

Таблица 3.2. Потери воды (км³ в год) на испарение с поверхности

Страна	1940 г.	1950 г.	1970 г.	2000г.
США	1,0	2,0	13,0	25,0
СССР	0,5	2,0	14,0	22,0 (СНГ)

Территориальная неравномерность размещения водных ресурсов, а также преимущественное несовпадение в пространственном аспекте потребностей в воде с фактическими возможностями водных источников ставят вопрос о необходимости территориального перераспределения водных ресурсов.

При хозяйственном использовании водных ресурсов важнейшее значение имеет определение их количественных запасов и качественного состояния. В литературе рассматриваются различные подходы к классификации поверхностных вод с точки зрения учета их хозяйственной значимости.

Действительная водность того или иного региона не может быть количественно определена лишь с учетом местного, формирующегося на его территории стока, без учета оттока из него поверхностных вод в соседние регионы, а также притока из других регионов. Следовательно, объем используемых ресурсов поверхностных вод в каждом регионе не обязательно совпадает с величиной ресурсов местного стока. При хозяйственной необходимости водопотребление района может опираться и на сток, формирующийся и в других районах – в верхней части того же бассейна или

же посредством переброски стока за его пределами, иногда в довольно отдаленных районах.

Существуют большие диспропорции между потребностями в воде и водными ресурсами в разрезе отдельных районов, в преобладающем одностороннем характере хозяйственного использования водных источников, в различиях удельного коммунально-бытового потребления на одного человека.

Бесперебойное водоснабжение всех отраслей хозяйства и населенных мест достигается путем создания устойчивых во времени запасов водных ресурсов (на основе регулирования или перераспределения стока) и централизованной подачей воды потребителям. Оно связано с огромными и все возрастающими объемами гидротехнического, мелиоративного строительства, требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Рост водопотребления и уровень его обеспеченности местными водными ресурсами не одинаковы. В условиях современной техники вода в принципе может быть подана из многоводных районов в вододефицитные. Бесперебойное водоснабжение зависит от организации и надежности инфраструктуры системы водоснабжения.

Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной (данной) группы потребителей (данного объекта) водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, то есть обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах).

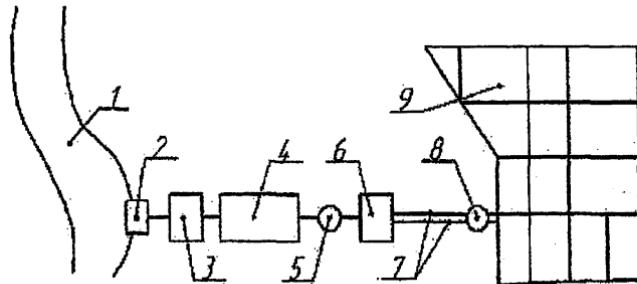


Рис. 3.1. 1. Принципиальная схема водоснабжения

1 - источник водоснабжения, 2 - водоприемное сооружение, 3 - насосная станция I подъема, 4 - очистные сооружения, 5 - резервуар чистой воды, 6 - насосная станция II подъема, 7 - водоводы, 8 - водонапорная башня, 9 - водораспределяющая сеть.

Система водоснабжения (населенного места или промышленного предприятия) должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это вызывается требованиями потребителей, и подачу к местам потребления. Для выполнения этих задач служат следующие сооружения, входящие обычно в состав системы водоснабжения:

- водозаборные сооружения, при помощи которых осуществляется прием воды из природных источников;
- водоподъемные сооружения, то есть насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения или потребления;
- сооружения для очистки воды;
- водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды к местам ее потребления;
- башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей в системе водоснабжения.

В зависимости от местных природных условий и характера потребления воды, а также в зависимости от экономических соображений схема водоснабжения и составляющие ее элементы могут меняться весьма сильно. Большое влияние на схему водопровода оказывает принятый источник

водоснабжения: его характер, мощность, качество воды в нем, расстояние от него до снабжаемого водой объекта и т.п. Иногда для одного объекта используется несколько природных источников.

В практике проектирования и эксплуатации объектов, требующих бесперебойной подачи воды, применяется *особый показатель – расчетная обеспеченность*, характеризующая вероятность (в %) обеспечения за расчетный период заданного количества воды (например, 95% – обеспеченность в среднем за 19 лет из 20 и т.д.). *Оптимальный водный режим – наивысшая обеспеченность, равная 95-99% устанавливается как необходимое требование для водопотребления населения и ряда производств (например, для тепловых электростанций)*. В водоснабжении населения допускается вероятность неполной обеспеченности его не чаще, чем 1-5 лет в столетие. Снижение же нормативов обеспеченности для тепловых станций ведет к возможному сокращению выработки электроэнергии, к повышению вероятностей аварий и, следовательно, к ущербу.

Несколько большие отклонения от оптимального режима возможны для гидроэнергетики, водного транспорта, орошаемого земледелия и рыбного хозяйства. Для гидроэнергетики норматив водообеспеченности составляет 75-95 % и зависит от доли гидравлической мощности в энергосистеме. Норматив обеспеченности водой может снижаться до 70-80 % при малой роли ГЭС в энергетической системе (20%). Если же значение ГЭС велико, то обеспеченность их водными ресурсами должна составлять не менее 95 %.

Для водного транспорта, в зависимости от класса водной магистрали норматив водообеспеченности обычно колеблется в пределах 80-90 %, а для орошаемого земледелия – 75-80 и даже 90 %. Рыбопромышленное значение водоемов определяет в свою очередь и норматив обеспеченности рыбного хозяйства, колеблющийся в пределах от 75 до 95 %. Указанные выше нормы обеспеченности принимаются как исходные при проектировании водохозяйственных мероприятий и во всех водохозяйственных расчетах.

3.2. Водохозяйственный комплекс

Водохозяйственный комплекс (ВХК) включает водные ресурсы, водопользователей, органы управления и контроля и характеризуется определенной функциональной, отраслевой и территориальной организацией. ВХК имеет собственную природную сырьевую базу - водные ресурсы и собственный производственный процесс подготовки воды к различным видам использования. Подготовленная к использованию при помощи различных водохозяйственных объектов и сооружений вода уже становится продукцией ВХК, отпускаемой или предоставляемой водопользователям в установленном порядке соответственно с водным законодательством.

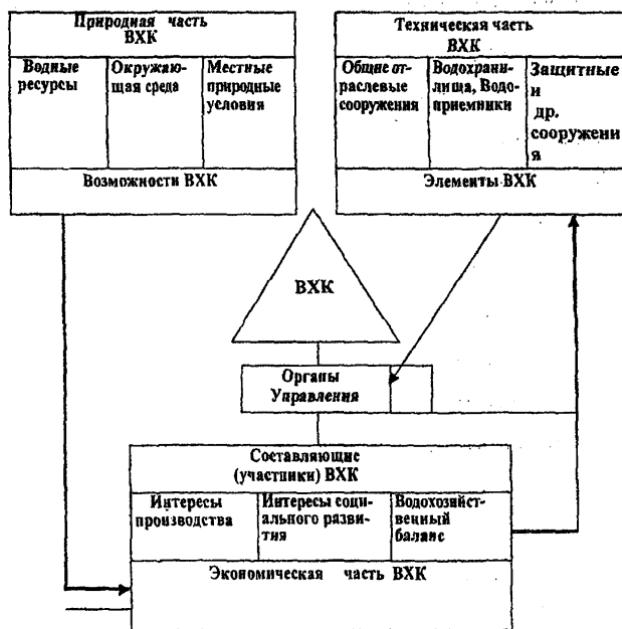


Рис. 3.2. Схема формирования водохозяйственного комплекса

При обосновании параметров водохозяйственного комплекса (ВХК) учитывают три связанные между собой части: природную, экономическую и техническую (рис.3.2.). *Природная часть* обуславливает возможности функционирования и развития ВХК, определяет положительные и отрицательные стороны его влияния на окружающую природную среду. *Экономическая часть* учитывает интересы отраслей народного хозяйства и отдельных водопользователей. Цель ее состоит в достижении наибольшего экономического эффекта при функционировании водохозяйственного комплекса и минимизации ущерба от недополучения воды и нанесения ущерба водным ресурсам в результате их загрязнения, засорения и истощения. Эта часть позволяет также объективно распределять суммарные капиталовложения при возведении комплекса и ассигнования на издержки в процессе его эксплуатации. *Техническая часть* определяет систему взаимосвязанных, технических решений по возведению и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающих эффективную работу элементов системы комплекса в конкретных местных условиях.

Водохозяйственный комплекс проектируют из условия обеспечения им наибольшей экономической эффективности для народного хозяйства в целом, а не для какой-либо отдельной отрасли. При этом он не должен допускать вредного воздействия на окружающую среду в пределах, превышающих допустимые. Сооружения комплекса должны обеспечивать достаточно простую и надежную эксплуатацию, способствовать охране вод от загрязнений, засорений и истощения.

Между участниками ВХК зачастую существуют несогласованности которые приводят к противоречиям; Так, водный транспорт, заинтересован в поддержании судоходных глубин в нижнем бьефе ГЭС в навигационный период, а гидроэнергетика - наоборот, в накоплении воды в водохранилище для более интенсивного использования ее в осенне-зимний пик загрузки. Во время же половодья гидроэнергетика заинтересована в накоплении воды в водохранилище, а рыбное хозяйство требует значительных попусков из во-

дохранилища с целью поддержания оптимальных глубин нерестилищ в нижнем бьефе. Противоречия разрешаются как при формировании ВХК, так и при оптимальном функционировании.

Существуют противоречия и в требованиях к качеству используемой воды. Гидроэнергетика, судоходство, лесосплав не предъявляют жестких требований к загрязнению воды. Качество воды имеет существенное значение для здравоохранения, водоснабжения, рыбного хозяйства, отдыха на воде и орошения.

В СНГ построены десятки комплексных гидроузлов. В зависимости от их места в народном хозяйстве для каждого из них выделяют основного участника. В ряде случаев ведущая роль принадлежит энергетике (Волжский, Камский, Ангарский, Енисейский и др.) Для районов Средней Азии, Закавказья и юга европейской части СНГ ведущая роль принадлежит ирригации, а сопутствующая - энергетике.

Государственный ВХК решает водохозяйственные проблемы в масштабах развития государства на основе политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК призваны к решению водохозяйственных проблем в экономическом районе (регионе) при наиболее полном и эффективном использовании его возможностей.

Классификация водохозяйственных комплексов показана на рис. 3.3.

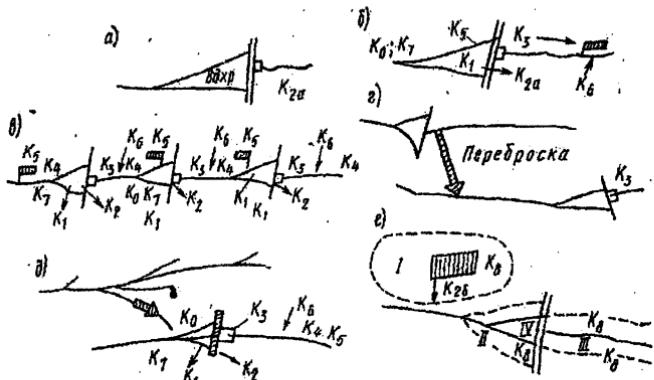


Рис. 3.3. Классификация водохозяйственных комплексов:

а - одноузловой и отраслевой; *б* - одноузловой межотраслевой;
в - каскадный межотраслевой; *г* - межбассейновый отраслевой с локальной
переброской стоков; *д* - межбассейновый многоотраслевой;
Ко - здравоохранение; *К*, - водоснабжение; *К_{2a}* - орошение; *C₂₆* - осушение;
К₃ - энергетика; *К* - транспорт; *Къ* - рыбное хозяйство; *К₅* - водоотведение;
К - отдых; *К* - охрана природы; / - влияние осушения (понижение УВГ,
переосушка, снижение продуктивности лесов); // - влияние водохранилища
(подтопление, мелководья, переработка берегов); /// - влияние
зарегулированного расхода в русле реки (отсутствие паводков, пересыхание
поймы, засоление земель); /V - влияние водоотведения на качество воды.

Примерами комплексного использования многих рек Украины служат ВХК – Днепра, Днестра, Ю. Буга, Северского Донца и других рек в крупных бассейнах. По всем бассейнам крупных рек составлены Схемы комплексного использования водных и земельных ресурсов, в которых учитываются интересы отраслей народного хозяйства, мероприятия по охране природной среды, а также экономические и социальные аспекты.

Так как работа ВХК оказывает влияние на окружающую среду, то появляется необходимость создания природоохранного комплекса.

Водоохраным комплексом называют систему сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в данных створах или пунктах водных объектов. Водоохранные комплексы предусматриваются при возведении систем осушения, водохранилищ, выпусков загрязненных стоков и других сооружений водохозяйственного комплекса, оказывающих отрицательные влияния на водный объект.

Государственный ВХК решает водохозяйственные проблемы в масштабах развития государства на основе политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК призваны к решению водохозяйственных проблем в экономическом районе (регионе) при наиболее полном: и эффективном использовании его возможностей.

Водопользователями являются государственные, кооперативные и общественные предприятия, организации, учреждения, а также отдельные граждане. Водные объекты должны быть пригодны для удовлетворения жизненных, бытовых, лечебных, курортных, оздоровительных, а также сельскохозяйственных, промышленных, энергетических, транспортных, рыбохозяйственных и других нужд. Водопользователи в составе комплекса выступают в виде отдельных отраслей - коммунальное хозяйство, промышленность, сельское хозяйство, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство.

Из водных источников для потребления населения и хозяйства в Украине ежегодно используется около 32 км³, из которых более 18 км³ безвозвратно. По расчетам (Язык, 2006) безвозвратное водопотребление уже достигло объема водных ресурсов местного стока и в засушливые годы превышает их в 1,7 раза. Таким образом, в засушливые годы Украина ощущает дефицит водных ресурсов. Таким был, например, 1984 г., близкий по обеспеченности к расчетному.

Среди всех водопользователей наиболее важным является коммунальное хозяйство, в котором безвозвратные нужды воды в 1990 г. достигли 3,361 км³, или 11,2 % общего безвозвратного водопотребления. В настоящее время 412 городов республики и 82 % поселков городского типа (738 из 900) обеспечены центральным водоснабжением.

В зависимости от степени благоустройства населенных пунктов расход воды изменяется. В крупных городах (Киеве, Харькове, Луганске, Запорожье, Львове, Днепропетровске и др.) водопотребление на одного жителя достигает 400 л в сутки и более. В сельской местности, где нет централизованного водоснабжения и вода берется непосредственно из шахтных колодцев, скважин, водопотребление на одного жителя снижается до 50 л в сутки.

ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

4.1. Основные потребители воды. Категории водопотребителей и водопользователей

Общеизвестно широкое использование воды и водных ресурсов в организации водоснабжения населённых пунктов и промышленных предприятий, развитии водного транспорта, создании водохранилищ, орошении земель. *Все отрасли хозяйства по отношению к водным ресурсам подразделяются на две категории: водопотребители и водопользователи.* Водопотребители забирают воду, используют для выработки продукции и бытовых нужд человека, а затем сбрасывают в водный объект в меньшем количестве и в другом качестве. Водопользователи не забирают воду из источника, а используют её либо как среду, либо как источник энергии. При современном комплексном использовании водных ресурсов грань между водопотребителями и водопользователями стирается.

Использование воды в зависимости от целей можно подразделить на хозяйствственно-питьевое, коммунальное, сельскохозяйственное т.д. В табл.4.1 показано использование воды в основных отраслях водопотребления США, СНГ, Украины и Крыма.

Режим водопользования крайне неравномерен. К наиболее постоянным водопользователям относятся промышленные объекты, работающие круглосуточно, системы водоснабжения населенных пунктов, тепловые (в том числе и атомные) и гидравлические электростанции. Наибольшая неравномерность потребления воды отмечена при работе сельскохозяйственных систем орошения, водного транспорта и рыбоводства.

Таблица 4.1. Использование воды в основных группах водопотребителей в % к общему водопотреблению

Группа водопотребителей	США	СНГ	Украина	Крым
Промышленная	41	39	46	25
Сельскохозяйственная	49	52	43	40
Коммунальная	10	9	11	35

Мировое потребление основными категориями водопотребителей на протяжении XX века постоянно увеличивалось (рис. 4.1.) и составляло к 2000 г около 7% ежегодного стока рек.

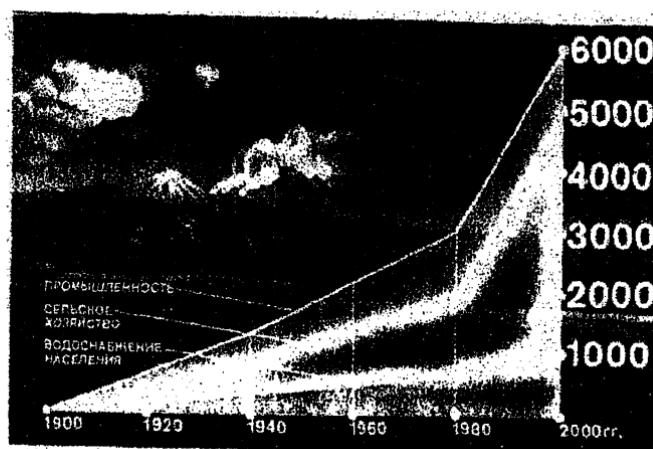


Рис. 4.1. Рост мирового водопотребления (Q , млрд. m^3) во второй половине XX века [23]

На международном водном форуме (Стамбул, 2009) экспертами ООН был представлен доклад о глобальном использовании водных ресурсов «Вода в меняющемся мире». В докладе указывалось, что за прошедшие 100 лет потребление воды увеличилось в 6 раз, а прирост населения увеличился в 2 раза.

Географическое распределение современного потребления воды:

- Азия: 55 % всей используемой в мире воды;
- Северная Америка: 19 %;

- Европа: 9,2 %;
- Африка: 4,7 %;
- Южная Америка: 3,3 %;
- остальной мир: 8,8 %.

По секторам:

- сельское хозяйство: от 40 до 70 %, но при этом 800 млн. человек остаются голодными;
- промышленность: 22 % до 50 %;
- на домашнее хозяйство: 8 % - 10%.

Мировое потребление воды удваивается каждые 20 лет. Но дальнейшее освоение новых водных ресурсов будет требовать все больше средств, и каждый кубометр воды обойдется все дороже. *Объем мирового забора воды, составляющий 3, 8-4,4 тыс. км³ в год, или около 10% всего речного стока, условно можно считать «доступными водными ресурсами» для современной экономики.*

4.1.1. Промышленное водопотребление

В системе водного хозяйства промышленность выступает одним из крупнейших потребителей вод, предъявляющим различные требования к ее качеству и количеству.

Другой составной частью промышленного производства является водоотведение, т.е. количество условно чистой (от охлаждения) и загрязненной воды (от технологических процессов), требующей удаления на единицу продукции. *Для промышленности характерен большой объем водоотведения при сравнительно небольшом объеме безвозвратных потерь воды.*

При составлении технико-экономических обоснований и проектирования систем водоснабжения и канализации для промышленных предприятий и узлов используются «Укрупненные нормы расхода воды и количества

сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности».

Системы водоснабжения разделяются на *прямоточную, последовательную и оборотную* (рис. 4.2, 4.3, 4.4, 4.5).

При работе прямоточной системы (рис.4.2.) из источника водоснабжения забирается все необходимое количество воды. Поэтому, производительность водозаборных устройств, очистных сооружений и насосов первого подъема приходится выбирать из условий покрытия полной потребности предприятия в воде за сутки максимального водопотребления. Это увеличивает размеры и мощности этих элементов, а, следовательно, удорожает их. Возрастает и потребление электроэнергии. Кроме того, требуется выбрать источник с достаточным дебитом воды. Недостатком прямоточной системы является и то, что отработавшая вода сбрасывается в природные водоемы, дебит которых должен позволять поглотить эти сбросы без нарушения экологического равновесия.

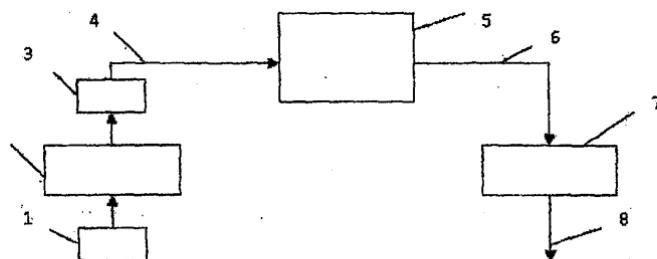


Рис. 4.2. – Прямоточная схема производственных трубопроводов:

1 – водозаборное сооружение; 2 – водоочистное сооружение; 3 – насосная станция второго подъема; 4 – водопровод; 5 – промышленное предприятие; 6 – сброс отработанной воды; 7 – станция очистки сточных вод; 8 – сброс воды в речку.

Прямоточная схема применяется для хозяйствственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, т.к. повторное использование воды этими потребителями исключается! Данная схема водоснабжения реализуется в пищевой и фармацевтической промышленностях как технологические.

Если среди потребителей технической воды имеется потребитель с большим расходом, сбросная вода от которого по количеству и всем параметрам может удовлетворять остальных потребителей, то в этих случаях применяют систему *повторного использования воды* (рис. 4.3). Эта система работает по прямоточному режиму, но из источника забирается только то количество воды, которое необходимо потребителю с большим расходом, а остальные используют его сбросную воду.

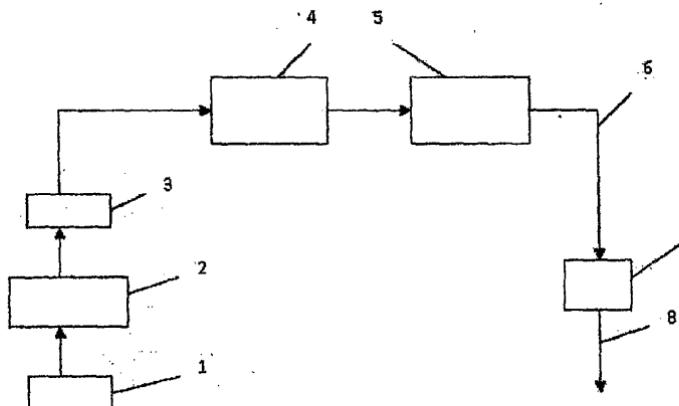


Рис. 4.3. – Схема промышленного водовода с повторным использованием воды

1 – водозаборное сооружение; 2 – водоочистное сооружение; 3 – насосная станция второго подъема; 4 – водопроводы; 5 – промышленное предприятие; 6 – сброс отработанной воды; 7 – станция очистки сточных вод; 8 – сброс воды в речку.

Данная система позволяет сократить количество забираемой природной воды и сбрасываемых стоков, снизить производительность и удешевить всю систему водоснабжения.

Оборотные системы открывают большие возможности в удешевлении системы водоснабжения, сокращении потребления свежей воды и сбросов загрязненных стоков.

Для создания обратной СПВ используется то обстоятельство, что 70...85% технической воды в технологических аппаратах только нагреваются и после охлаждения могут использоваться повторно. В данных системах можно использовать и ту часть технической воды, которая загрязняется сравнительно легко удаляемыми примесями. После очистки вода (15%) повторно используется.

В системе обратного водоснабжения (рис. 4.4.) насосы НС₂ подают воду через водопроводную сеть потребителям. Нагревшаяся и загрязнившаяся у потребителей вода по системе трубопроводов направляется на станцию очистки загрязненных вод (ОЗВ). Прошедшая очистку, но еще теплая вода собирается в резервуаре (РОВ), а из него насосами станции обратной воды (НОВ) подается на охлаждающие устройства (Гр). Охлажденная в нем вода опять подается потребителям насосами НС₂.

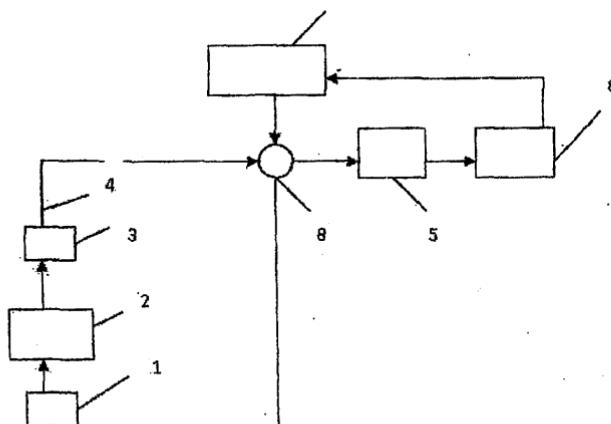


Рис.4.4. – Оборотная схема производственного водопровода [17]:

1 – водозаборное сооружение; 2 – водоочистительное сооружение; 3 – насосная станция; 4 – водопроводы; 5 – промышленное предприятие; 6 – устройство для охлаждения воды; 7 - заборный резервуар; 8 – насосная станция обратной воды.

При работе обратной системы часть воды теряется: с уносом, испарением и продувкой из охлаждающих устройств; с утечками через

неплотности и за счет сброса в канализацию воды загрязняющейся у потребителя примесями, не разрешающими ее повторное использование. Для компенсации этих потерь из природного источника забирается соответствующее количество воды и насосами НС₁ направляется на станцию ХВО. Очищенная вода сливаются в бассейн охлаждающих устройств. Для поддержания солевого баланса из бассейна ведется непрерывная продувка части воды в канализацию.

При обратной системе водоснабжения вода используется для охлаждения без выпуска в водоемы, хотя даже при замкнутых циклах необходима ее обработка для повторного использования.

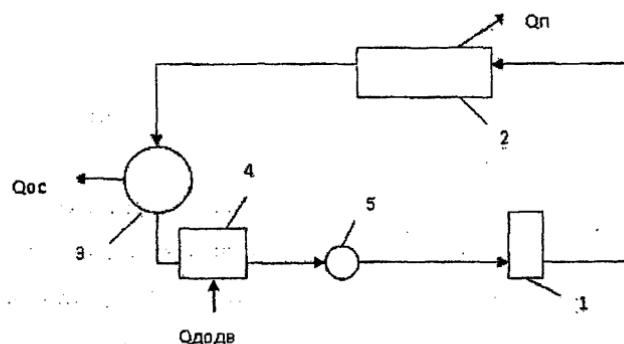


Рис. 4. 5. – Схема оборотного водоснабжения с очисткой оборотной воды

1 – производство; 2 - охладитель воды; 3 – водоочистное сооружение; 4 – камера обработки дополнительной воды; 5 – насосная станция.

Первая схема используется, если вода в производстве не загрязняется, а лишь нагревается и изменяется ее термостабильность. В этом случае отработавшая вода охлаждается, частично выводится из системы (продувка) и вновь подается на то же производство, пополненная исходной водой источника водоснабжения. Вторая схема применяется, когда вода в производстве не нагревается, но загрязняется. В этом случае подвергается только очистке (отстаиванию, фильтрованию) и вновь подается на то же производство.

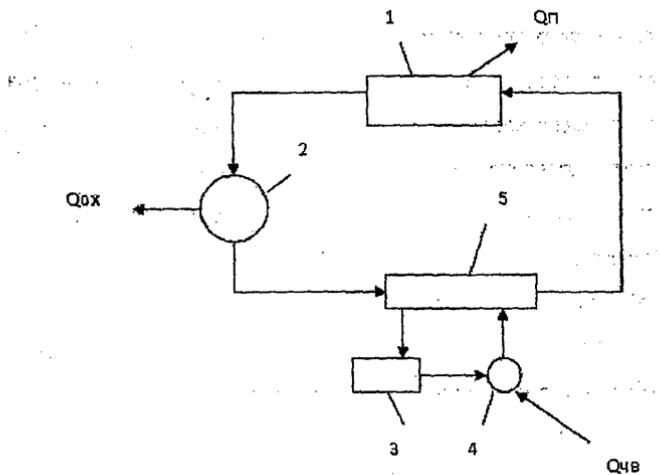


Рис. 4.5.1. – Схема оборотного водоснабжения с очисткой и охлаждением оборотной воды

1 – производство; 2 – охладитель воды; 3 – водоочистное сооружение; 4 – камера обработки дополнительной воды; 5 – насосная станция.

Оборотные системы сооружаются как по техническим условиям, так и по экологическим требованиям и экономическим соображениям.

По техническим условиям применения данной системы может оказаться просто необходимой потому, что дебет имеющегося природного источника воды недостаточен для осуществления прямоточного водоснабжения.

Необходимость оборотных систем обуславливается и экологическими требованиями. Применение оборотных систем позволяет снизить количество сбросов загрязненной воды в водоемы. Наиболее ценные с экологической точки зрения оборотные системы без сброса продувки – **бессточные системы**.

В бессточных (замкнутых) системах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используется доочищенная до норм качества технической воды смесь промышленных и бытовых сточных вод, предварительно прошедшая биологическую очистку. Биологически

очищенные сточные воды, используемые в техническом водоснабжении, должны отвечать техническим, экономическим и санитарно-гигиеническим требованиям. Но и при соблюдении соответствующих норм такая вода не может использоваться в пищевой, мясомолочной и фармацевтической промышленности.

Из экономических соображений использование оборотных систем водоснабжения позволяет снизить затраты на сооружение водозаборных устройств, насосных станций первого подъема, водоводов, очистных сооружений природной воды и канализационных линий.

Система оборотного водоснабжения наполняется водой в момент первоначального ввода ее в эксплуатацию. В дальнейшем количество воды поддерживается постоянным, т.е. потери компенсируются добавляемой водой. Убыль воды из системы оборотного водоснабжения складывается из следующих потерь:

- потери воды в производстве в местах ее использования;
- потери воды на сооружениях осветления и подготовки воды;
- потери воды в результате испарения при охлаждении;
- потери воды из системы под действием ветра и в результате капельного уноса;
- в некоторых случаях с целью поддержания в оборотной воде постоянной концентрации какого-либо растворенного вещества часть воды из оборотного цикла может намеренно сбрасываться и заменяться свежей водой из источника в том же количестве.

В общем виде замкнутая система водопользования промышленного предприятия включает:

- локальные оборотные системы;
- централизованные замкнутые системы;
- охлаждающие локальные оборотные системы, а также системы последовательного использования воды в двух или нескольких технологических операциях.

В настоящее время в промышленности стран постсоветского пространства преобладает прямоточная и последовательная системы водоснабжения, отличающиеся простотой, но создающие большое загрязнение водных источников стоками и еще сравнительно слабо внедрен оборотный цикл. Современная тенденция промышленного водопотребления состоит в непрерывном увеличении забора воды, хотя при оборотной системе водоснабжения забор воды резко сокращается и осуществляется в пределах, необходимых для пополнения безвозвратных потерь.

Безвозвратные потери производства характеризуются количеством воды, теряемым на испарение при изготовлении единицы продукции. Их величина зависит от технологических особенностей производства, потеря воды на испарение при ее охлаждении, на фильтрацию при очистке, потеря в водоочистных сооружениях и т.д.

Поскольку при оборотном водоснабжении и очистке промышленных стоков безвозвратные потери воды в среднем по промышленности составляют примерно 20 %, промышленное производство представляется на первый взгляд отраслью, сравнительно экономно расходующей водные ресурсы. Однако характерный для нее сброс стоков приводит к качественному ухудшению водных ресурсов, которые становятся непригодными не только для хозяйствственно-бытовых нужд, но и для многих технологических процессов.

Вопрос об экономном расходовании воды является сейчас важнейшим для многих стран мира. Необходимо введение водооборотного водоснабжения и повторного использования технической воды на промышленных предприятиях, отключение их от водопроводов питьевого назначения и перевод водопотребления промышленных предприятий на водоснабжение технической водой, применение менее водоемких и «сухих» технологий.

Качественная оценка вод для производственно-технического использования определяется требованиями различных отраслей. Так, для

ряда отраслей машиностроения, энергетики и других оценка качества источника водоснабжения проводится по стандартам жесткости воды, образованию накипи, склонности к коррозии, вслениванию и агрессивности. Например, такая отрасль, как текстильная, требует для производства воды с высокой прозрачностью, с небольшим содержанием железа (не выше 0,3 мг/л), и с жесткостью не более 0,2-7,0 мг/экв/л. Высокие требования к качеству вод предъявляются на обогатительных фабриках добывающей промышленности для флотации.

Первоначальный качественный состав вод в процессе использования может претерпеть значительные изменения вследствие увеличения или уменьшения минерализации, изменения химического состава, физического, химического, органического загрязнения.

**Таблица 4.2. Безвозвратные потери воды в промышленности
(в процентах от валового потребления) [19]**

Производство	Безвозвратные потери	Производство	Безвозвратные потери
Металлургическое, в том числе:	10	Стекла	30
Чугуна	6	Целлюлозы	3
Стали	12	Бумаги	44
Проката	14	Бумажно-картонное	17
Металлообрабатывающее	20	Полиграфическое	28
Соды	20	Древесной массы	50
Мыла	20	Текстильное	6
Лакокрасочное	31	Тканей	0,5
Серной кислоты	5	Отделка пушнины	24
Калийной соли	21	Кожевенное	5
Серы	6	Мяса	13
Цемента	37	Сpirта	21
Искусственной шерсти	6	Кондитерских изделий	34
		Хлеба	4

В промышленности вода расходуется на производственные процессы, охлаждение машин и механизмов, промывку деталей и изделий, создание резервов для тушения пожаров и т.д., (рис. 4.6). Так, вода теплоноситель в процессе производства не находится в контакте с сырьем и, следовательно,

не загрязняется, а нагревается. Для дальнейшего использования такая вода должна охлаждаться в соответствии с принятой схемой в градирнях, прудах или брызгальных бассейнах. Вода как среда-поглотитель и средство транспортировки (при мойке, обогащении и очистке сырья и продукта) загрязняется механическими и растворимыми примесями. Это наиболее загрязненная вода, повторное использование которой требует очистки.

К числу наиболее водоёмных отраслей промышленности относятся химическая, целлюлозно-бумажная, чёрная и цветная металлургия. Согласно последним данным, чёрная металлургия потребляет около 22%, химическая промышленность - 13, цветная металлургия - 14, топливная и нефтехимическая промышленность - 11, целлюлозно-бумажная - 10% общего водозабора на все промышленные нужды. Потребности производств в воде разнятся в зависимости от мощности предприятия, применяемой технологии и принятой схемы водоснабжения (прямоточной, обратной, повторно-последовательной).

По объему водопотребления отрасли промышленного производства делятся на водоемкие и не водоемкие. При этом надо различать удельную водоемкость производства и общую водоемкость предприятия или отрасли. Так, в ряде производств при сравнительно небольшом удельном водопотреблении общий объем используемой воды в силу значительной мощности производства может быть очень большим (например, в нефтеперерабатывающей промышленности).

Основными отраслями промышленного комплекса Украины являются: черная и цветная металлургия (13,6 %), машиностроительная (30,5 %), химическая и нефтеперерабатывающая промышленность (6,3 %). Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная (2,8 %), промышленность строительных материалов (3,6 %), топливно-энергетический комплекс (8,9), в том числе электроэнергетика (3,3%), легкая (11,3 %) и пищевая промышленность (перерабатывающие отрасли, входящие в

агропромышленный комплекс, 18,0 %), пищевкусовая (9,9 %), мясомолочная (7,3 %) и рыбная (0,8 %).

Водоёмкость производства колеблется в широких пределах, ориентировочные цифры расхода воды на тонну продукции приведены ниже, м³:

синтетическое волокно	2000-5000
синтетический каучук и искусственные ткани	2000-3500
никель	4000
медь	500
чугун	160-200
бумага	400-800
нефть-сырец (переработка)	30-40
азотные удобрения	600
хлопчатобумажные ткани, 1000 м	20-50

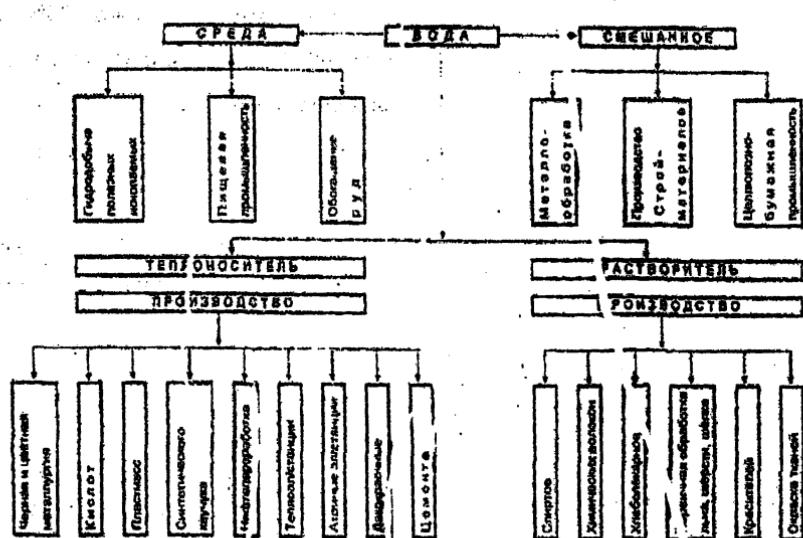


Рис. 2. Виды использования воды в промышленности

Рис. 4.6. Использование воды в промышленности

В общем виде водоёмкость производства, рассчитанная на основе общего водопотребления (свежая вода плюс оборотная вода) в СНГ на протяжении 80-90 гг. оставалась неизменной, что указывает на медленное (либо отсутствие) внедрение малоотходных, водосберегающих, "сухих технологий.

Быстрые темпы роста промышленного производства в мире равно как появление новейших, грандиозно водоёмких производств в целлюлозно-бумажной, нефтехимической промышленности и теплоэнергетике позволяют прогнозировать рост мирового водозaborа к 2000 г. до 510 km^3 в год (для сравнения - суммарный годовой сток рек мира около 44540 km^3).

Суммарное производственное водопотребление Украины в настоящее время составляет около 17 km^3 в год, что составляет 33% речного стока в средний по водности год, а в маловодный увеличивается до 41 %.

Процесс промышленного водопользования отражает интеграцию системы" производительные силы – водные ресурсы" и лежит в основе производственной и социальной деятельности. Но масштабы развития и специализации регионов зачастую не определяются природной водообеспеченностью территории. На Украине, например, наименьшее количество водных ресурсов формируется там, где сосредоточены самые крупные водопотребители - Донбасс, Криворожье, Крым (рис.3.1.). И, как совершенно справедливо отмечают Е.Ф. Шнюков и др., это обуславливает необходимость определения масштабов развития отраслей – водопотребителей с позиций предельно допустимых нагрузок на водные объекты. Сложившуюся территориальную концентрацию водопотребления иллюстрирует табл. 4.3.

Таблица 4.3. Территориальная концентрация водопотребления Украины [22]

Область	Объём водозабора, млн. м ³		Объём используемой воды, млн. м ³		Территориальная концентрация водопотребления, тыс. м ³ , км ²		
	Всего	В т.ч. подземных вод	Всего	В т.ч. подземных вод	Общего водозабора	Хозяйственно-бытового и производственного	Сельскохозяйственного
Днепропетровская	4457	208	3599	146	139,6	1111	115
Донецкая	3150	673	2517	245	118,8	1061	144
Запорожская	4699	147	4598	126	172,8	4239	207
АР Крым	3757	258	2754	251	139,4	222	431
Тернопольская	185	101	189	99	13,4	200	58
Черновицкая	119	38	109	34	14,7	167	36
Киевская	3278	287	3224	274	113,8	1583	32
Среднее	-	-	-	-	57,1	620	150

Несмотря на то, что Украина по запасам допустимых к использованию водных ресурсов относится к недостаточно обеспеченным регионам, масштабы потребления свежей воды огромны, достигая в промышленно развитых регионах от 13 до 21% (табл.4.4.)

Заметно, что основная часть промышленного водопотребления приходится на крупные города и мегаполисы, где сосредоточены крупные производства и гидроэлектростанции. Именно этим объясняются высокие показатели водопользования на единицу площади в Киевской, Запорожской, Днепропетровской и Донецкой областях - (в 2-7 раз выше среднего по Украине).

Таблица 4.4. Территориальная структура водопотребления в Украине по отдельным областям % [22]

Область	Население	Объем используемой воды				Из них свежей воды					
		Полное водопотребление	Свежая	Морской	Хозяйственное	Производственное	Орошение	Регулярное	С/х водоснабжение	Прудовое	Рыбное хозяйство
Днепропетровская	7,5	16,3	124	-	12,4	16,1	5,7	5,8	-	-	-
Донецкая	10,3	19,5	11,5	78,2	16,2	13,7	5,0	4,8	-	-	-
Запорожская	4,0	10,8	15,1	0,4	4,7	21,7	9,1	5,3	-	2,3	-
Киевская	8,8	8,8	11,2	-	11,7	15,7	0,8	3,7	-	26,0	-
АР Крым	4,7	3,5	8,7	15,6	5,7	2,0	29,1	10,4	-	1,7	-
Тернопольская	2,3	0,4	0,6	-	0,8	0,3	-	2,4	10,3	-	-
Черниговская	2,7	0,7	0,9	-	1,1	0,9	-	3,8	0,9	1,1	-
Украина в целом	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.1.2. Коммунально-бытовое водопользование

Коммунально-бытовое водоснабжение в развитых странах мира составляет 10-12% общего водопотребления и включает использование воды для питья и коммунально-бытовых нужд. Его суммарное водоснабжение в целом по земному шару в 1990 году составило приблизительно 45 км³ воды.

Уровень развития коммунального водоснабжения определяется двумя показателями: обеспеченностью населения централизованным водоснабжением и величиной удельного водопотребления. Удельное водопотребление рассчитывается как суточный объём воды в литрах, приходящихся на одного жителя города или посёлка. В крупных городах мира значения удельного водопотребления меняются в широких пределах. По данным на 1990 год [3] Москва и Нью-Йорк - 600, Санкт-Петербург -

500, Париж и Лондон – 263, Берлин – 115 л/сут на одного человека. В СНГ в среднем на одного жителя приходится 330 л воды в сутки. Однако 20% населения его городов и посёлков не имели и не имеют централизованного водоснабжения и потребляют 30-50 л/сут воды на человека. В Крыму значения удельного водопотребления значительно варьируют (табл.4.8.), достигая максимума в г. Симферополе и г. Ялта.

Почти 40% населения мира, большинство которого проживает в развивающихся странах, уже сейчас сталкивается с серьезным недостатком воды. К середине нынешнего столетия с водной проблемой могут столкнуться уже 65% населения Земли, если не принимать действенных мер.

По оценке экспертов ООН, прирост населения за последние 25 лет ежегодно составлял 1,6%, а далее будет расти в пределах 1,03%. Поскольку объём доступных используемых водных ресурсов условно постоянен, то в расчете на душу населения он будет неизбежно уменьшаться. Так, если в 1950 г. этот показатель в среднем составлял 33 тыс. м³, то к 1993 г. он сократился до 8,5 тыс. м³ на человека в год. К 2005 г. этот индикатор водобезопасности по сравнению с 1950 г. снизился: в Африке с 20,6 до 5,0; Азии - с 9,6 до 3,0; Европе - с 5,9 до 4,2; Северной Америке - с 37,2 до 17,1; Латинской Америке - со 105 до 28,0 тыс. м³ на человека в год.

Как видно, прослеживается устойчивая тенденция сокращения показателей обеспеченности водой, и она усугубляется быстро растущими высокими темпами загрязнения водных источников. Как известно, страны или регионы, располагающие водными ресурсами менее 1 тыс. м³ на одного человека в год, отнесены к категории стран с дефицитом водных ресурсов; между 1 и 1,7 тыс. м³ — к странам, испытывающим нехватку воды, и выше 1,7 тыс. м³ — имеющим достаточные водные ресурсы.

По физиологическим нормам в среднем человеку нужно 2,5 литра воды в сутки, при этом один литр приходится на питьевую воду. Однако при определенных условиях потребность в воде возрастает до 4-5, а

в условиях жаркого климата, при низкой влажности воздуха достигает 6 и более литров. Человек может прожить без пищи 5-6 недель, без воды 5 дней. Здесь уместно привести слова Дж. Байрона: «Не испытав страданий жажды, нельзя постичь, как много значит для людей вода».

Потребление воды на 1 человека в день:

- 600 л в Северной Америке и Японии;
- 250-350-400-600 л в Европе;
- 10-20 л в странах около Сахары.

Среднемировой годовой забор воды из рек и подземных источников составляет 600 м³ на человека, из которых 50 куб. м является питьевой водой (или 137 л на человека в день).

Вода и санитарные условия:

- 1,4 млрд. человек в мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде (это более 1/5 всего человечества);

2,4 млрд. чел. не обеспечены санитарными условиями. Из них по регионам - 2 % в Европе, 13 % в Африке, 80 % в Азии, 5 % в Латинской Америке и Карибском бассейне;

- водный дефицит испытывают 250 млн. человек в 26 странах;
- 2,2 миллиона человек в мире ежегодно умирают от болезней, связанных с недостатком воды;
- 6000 детей ежедневно умирают от болезней, связанных с недостатком воды и отсутствием санитарных условий;
- 40 % человечества живет в регионах, испытывающих высокий уровень водного стресса.

К 2025 году около 5,5 млрд. человек может испытывать такой водный стресс.

В таких странах как США, Китай и Индия подземные воды потребляются быстрее, чем успевают пополниться.

По оценке ООН, в 1995 г., при численности населения в мире около 5,7 миллиарда человек считалось, что 92% обеспечены водой, 5% ощущали

напряженность в доступе к воде и 3% испытывали ее недостаток. К 2050 г. ожидается рост населения до 9,4 млрд. человек: 58 % из них будут иметь возможность пользоваться водой без каких-либо ограничений, 24% - с ограничениями доступа к воде, а 18% могут иметь трудноразрешимые проблемы, связанные с непокрываемым дефицитом воды.

Общий расход воды для обеспечения населения (Q) принято определять по формуле:

$$Q = \frac{N \times q_n \times K_{сут} \times K_q}{86,4 \times 10^3} \quad (4.1)$$

где N - численность населения на перспективу;

q_n - среднесуточная норма водопотребления;

$K_{сут}$ - коэффициент суточной неравномерности;

K_q - коэффициент часовой неравномерности.

Для количественной характеристики использования водных ресурсов необходимо рассчитать не только суммарный объём воды, но и величину безвозвратного водопотребления. Оно обычно определяется в процентах от объёма забранной воды. В США и СНГ доля безвозвратного водопотребления составляет 10- 20% объёма водозабора, в странах Западной Европы - 5-10%, а в целом для мира около 18%.

К качественному составу питьевых вод, естественно, предъявляются самые жёсткие требования. В странах СНГ оно контролируется согласно перечню химических веществ, утверждённому Министерством здравоохранения в 1983 году, который приводится ниже в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Приоритетный список химических веществ для контроля содержания в питьевой воде [7]

1. Солевой состав	2. Микроэлементный состав	3. Тяжелые металлы	4. Органические вещества
Уровень минерализации	Фтор	Ртуть	ПАВ
Жёсткость общая	Бор	Свинец	Нефтепродукты
Сульфаты	Нитриты	Кадмий	Бенз(а)пирен
Хлориды	Медь	Мышьяк	Фенол
Щёлочность	Нитраты	Железо	Сумма хлорорганических соединений
	Стронций	Хром	Сумма нитросоединений
	Селен	Ванадий	Сумма фосфорорганических соединений
		Цинк	Содержание гуминовых веществ
		Уран	ХПК
			БПК
			Окисляемость
			Растворённый кислород
			Суммарные углеводы

Пригодность использования воды в разных группах водопользователей, в том числе и для снабжения населения рассмотрена в табл. 4.6.

Таблица 4.6. Классификация воды по качеству [19]

Основные показатели	Группы водопотребителей			Недопустимо загрязненная
	Питьевая вода (чистая)	Для водопоя скота (умеренно загрязненная)	Для промышленных нужд (загрязненная)	
Содержание кислорода, мг/л	8,45-8,84	6,2 - 7,5	2,2-4,4	<2,2
Пресыщение кислородом в трофогенной зоне, %	100-103	110-125	150-200	200
Поглощение кислорода, мг/л	0-0,3	1,1-2,2	3,8-7,0	>12
Метановое брожение (мл газа на 1 г сухого вещества в сутки, 30С)	0,002	0,005-0,008	0,01-0,0015	0,02
Летняя глубина видимости, м	5	1-3	0,5	-
Угнетение разложения органического вещества под влиянием содержащихся токсических веществ, % угнетения	-	-	10-30	>70
Аммонийные ионы (NH_4) мг/л	< 1	<3	<10	<10
Нитратные ионы (NO_3) мг/л	<13	<30	<40	>40

Критерии качества питьевой воды

Согласно действующим стандартам, питьевая вода (и водопроводная в том числе) должна быть безопасна в эпидемиологическом, радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество воды определяется целым рядом показателей (содержание тех или иных примесей), предельно допустимые значения, которых задаются соответствующими нормативными документами. В Украине с 1984 года действуют нормы ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования, контроль за качеством", а также утвержденные Министерством здравоохранения Украины ДСанПіН "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-

питного водопостачання” (табл. 4.7), регистрационный № 136/1940 от 15.04.97 г.

Зная конкретные характеристики конкретной воды можно с помощью специалистов подобрать методы улучшения качества этой воды, решить все проблемы, связанные с водой.

На основании вышеперечисленных действующих нормативных документов, нормируются существующие показатели и их значения.

Температура: оптимальная величина для питьевых целей от 7 до 11 градусов Цельсия, предельно-допустимая - плюс 35 градусов; предельная температура воды, используемой для охлаждения теплообменных аппаратов, обусловлена экономикой их работы и технологическими требованиями.

Привкус и запах: препятствуют использованию воды для питьевых целей; для воды питьевого качества привкус и запах при температуре ее 20 градусов должен быть не более 2 баллов.

Взвешенные вещества: препятствуют использованию воды: для хозяйственно-бытовых целей (допустимое содержание – не более 2 мг/л), для питания паровых котлов и для некоторых видов производств (производство тканей, кинопленки и др.); при содержании более 50-100 мг/л могут вызывать загрязнение теплообменных аппаратов.

Цветность: придает воде неприятный вид; указывает на загрязнение воды органическими веществами; препятствует использованию воды для некоторых производств (например, при изготовлении бумаги высоких сортов); допускаемая величина – в среднем за год не более 20 градусов.

Окисляемость: величина окисляемости более 5-8 мг/л кислорода указывает на возможное загрязнение источника сточными водами; вызывает всленивание воды в паровых котлах; указывает на возможность развития органических обрастаний в охлаждаемых водой теплообменных аппаратах.

Растворенный сухой остаток: величина его в воде источника, используемого для питьевых целей, не должна превышать 1000 мг/л; повышенный растворенный остаток в воде препятствует использованию ее

для питания паровых котлов из-за снижения экономичности их работы (увеличение продувки); препятствует использованию воды для некоторых производств (синтетического каучука, капрона, кинопленки, конденсаторной бумаги).

Жесткость: повышенная жесткость вызывает перерасход мыла, усиленный износ белья при стирке, затруднение варки мяса, овощей; жесткость воды хозяйствственно-питьевых водопроводов должна быть не более 7 мг-экв/л и в особых случаях – до 14 мг/л; препятствует использованию воды для паровых котлов и некоторых видов производств (крашение тканей, производство искусственного волокна и т.д.); повышенная карбонатная жесткость добавочной воды при оборотных системах водоснабжения приводит к отложению карбоната кальция в теплообменных аппаратах и в охлаждающих устройствах (градирнях, брызгальных бассейнах).

Активная реакция (рН): в воде питьевых водопроводов значение pH должно находиться в пределах 6,5 – 9,5; малые значения pH обычно вызывают коррозию труб, что может ухудшить вкус воды; совместно с другими показателями качества воды (температура, общая кислотность, содержание кальция и растворенный остаток) позволяет судить о способности воды отлагать в водопроводных трубах и охлаждаемой аппаратуре карбонат кальция или вызывать коррозию омываемых металлических поверхностей с образованием на них бугристых железистых наростов.

Железо: повышенное содержание железа в воде хозяйствственно-питьевого водопровода влияет на вкус воды, может вызвать порчу белья и появление ржавых пятен на санитарно-технических приборах; содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л; препятствует использованию воды для некоторых производств (крашение тканей, производство кинопленки и т. д.); в некоторых случаях является причиной образования в водопроводных трубах железистых отложений.

Сульфаты и хлориды: обуславливают агрессивность воды по отношению к бетону на силикатном цементе.

Фториды: повышение их содержания обуславливает повышенную минерализацию воды, что препятствует ее использованию для питания паровых котлов и для некоторых производств (гидрометаллургическая переработка цветных металлов, синтетический каучук, капрон и др.); недостаток фтора в питьевой воде – менее 0,5 мг/л, а также избыток его – более 1,5 мг/л – при длительном употреблении такой воды вызывают заболевание зубов.

Аммиак, нитраты, нитриты: наличие их служит сигналом о возможном загрязнении источника бытовыми сточными водами.

Кремнекислота: ее наличие препятствует использованию воды для питания котлов высокого давления (из-за отложения силикатной накипи на стенках котлов и лопатках турбин).

Свободная углекислота: может вызвать коррозию бетонных сооружений и водопроводных труб.

Растворенный кислород: усиливает коррозию металла котлов, теплообменной аппаратуры, теплосетей и водопроводных труб.

Сероводород: придает воде неприятный запах; вызывает коррозию труб и их застарение в результате развития серобактерий.

Общее число бактерий: является общим показателем развития микрофлоры и микрофауны в воде; для воды питьевого качества допускается наличие не более 100 бактерий в 1 мл воды.

Кишечная палочка: является показателем загрязнения воды выделениями человека и животных; в воде питьевого качества допускается наличие не более 3 кишечных палочек в 1 литре воды.

Таблица 4.7. Нормативы качества питьевой воды, действующие в Украине [7]

№	Название показателя	Единицы измерений	Стандарт	
			ГОСТ 2874-82	ДСАНПЛИН №136/1940 (1997 г.)
Органолептические показатели				
1	Запахи и привкусы	баллы	2	2
2	Мутность	мг/дм ³	1,5	0,5 (1,5)
3	Цветность	град.	20	20 (35)
Токсикологические показатели				
1	Аллюминий	мг/л	0,5	0,2 (0,5)
2	Барий	мг/л	-	ОД
3	Бериллий	мг/л	0,0002	-
4	Молибден	мг/л	0,25	-
5	Мышьяк	мг/л	0,05	0,01
6	Никель	мг/л	-	0,1
7	Ртуть	мг/л		Вода не должна содержать этот компонент
8	Свинец	мг/л	0,03	0,01
9	Селен	мг/л	0,001	0,01
10	Стронций	мг/л	7,0	2,0
11	Фтор и фториды	мг/л	0,7-1,5	0,7-1,5
12	Хром, цианиды и кадмий	мг/л		Вода не должна содержать эти компоненты
13	Пестициды	мг/л	-	0,0001
14	Фенолы	мг/л		Вода не должна содержать эти компоненты
Показатели, влияющие на органолептические качества воды				
1	Водородный показатель	pH	6.0-9.0	6.5-8.5
2	Жесткость общая	мг-экв/л	7,0	1,5-7,0(10,0)
3	Нефтепродукты и ПАВ	мг/л		Вода не должна содержать эти компоненты
4	Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000	100-1000(1500)
5	Железо	мг/л	0,3	0,3
6	Марганец	мг/л	0,1	0,1
7	Медь	мг/л	1,0	1,0
8	Сульфаты	мг/л	500	250 (500)
9	Хлориды	мг/л	350	250 (350)
10	Цинк	мг/л	5,0	-
11	Нитраты	мг/л	45,0	45,0

12	Нитриты	мг/л	3,0	Вода не должна содержать эти компоненты
13	Калий и кальций	мг/л	-	-
14	Магний	мг/л	-	10-80
15	Щелочность общая	мг-экв/л	-	0,5-6,5

Химические вещества, которые поступают и образуются в процессе обработки воды

1	Суммарный остаток активного хлора	мг/л	0,3-0,5	0,3-0,5
2	Тригалометаны	мг/л	-	в общем 0,1
3	Полиакриломил	мг/л	2,0	-
4	Активная кремниевая кислота (согласно с Si)	мг/л	3,5	-
5	Полифосфаты (согласно с	мг/л	3,5	-

Интегральные показатели

1	Окисляемость	мг О ₂ /л	-	4,0
2	Общий органический углерод	мг С/л	-	3,0

Показатели радиационной безопасности

1	Стронций-90	до 4*10~	-
2	Радий-226	1,2*10-~ Кн/л	-
3	Общая объемная активность α -излучений	Беккерель/л	-
	Общая объемная активность (β -излучений)	Беккерель/л	-

Микробиологические показатели безопасности питьевой воды

1	Число бактерий в 1 см ³ исследуемой воды (общее микробное число, ОМЧ)	Колониеобразующие единицы (микроорганизмы)/см ³ , КОЕ/см ³	не более 100*	не более 100*
2	Число бактерий группы кишечных палочек (колиформных микроорганизмов) в 1 дм ³ исследуемой воды	Колониеобразующие единицы (микроорганизмы)/дм ³ , КОЕ/дм ³	не более 3**	не более 3**
3	Число термостабильных кишечных палочек (фекальных колиформ - индекс ФК) в 100 см ³ исследуемой воды	Колониеобразующие единицы (микроорганизмы)/100 см ³ , КОЕ/см ³		отсутствие***

4	Число патогенных микроорганизмов в 1 дм исследуемой воды	Колониообразующие единицы (микроорганизмы)/дм ³ , КОЕ/дм ³		отсутствие
5	Число колифагов в 1 дм ³ исследуемой воды	Бляшкообразующие единицы/дм ³ БОЕ/дм ³	***	отсутствие
6	Минимальный объем воды, в котором обнаруживается 1 кишечная палочка	мл		не менее 333

* для 95% проб воды в водопоставляющей сети, которая исследуется в течение года;

** для 98% проб воды, которая находится в водопоставляющей сети, и исследуется в течение года; при превышении индекса ВГКП на этапе идентификации колоний, которые выросли, дополнительно проводят исследование на наличие фекальных колиформ;

*** при выявлении фекальных колиформ в 2-х последовательно отобранных пробах воды следует начать в течение 12 часов исследования воды на наличие возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной или вирусной этиологии (по эпидемиологической ситуации);

- данным стандартом не нормируется

Показатели физиологической полноценности минерального состава питьевой воды

Название показателя	Единицы измерения	Рекомендованные значения
Общая минерализация	мг/дм ³	не менее 100,0 не более 1000,0
Общая жесткость	мг-экв/дм ³	не менее 1,5 не более 7,0
Общая щелочность	мг-экв/дм ³	не менее 0,5 не более 6,5
Магний	мг/дм ³	не менее 10,0 не более 80,0
Фтор	мг/дм ³	не менее 0,7 не более 1,5

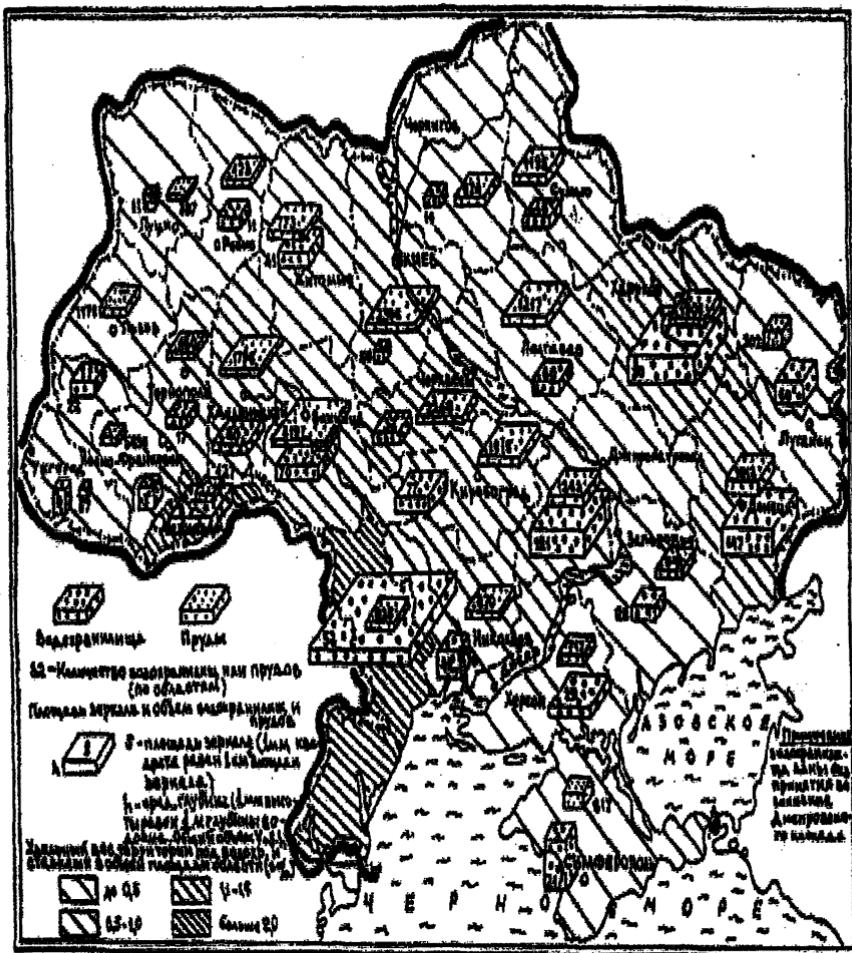


Рис. 4.7. Водохранилища и пруды Украины [22]

Специфика питьевого водоснабжения в Украине заключается в том, что оно на 75 % базируется на поверхностных водных источниках. Современные технологии позволяют очистить воду от любого загрязнения и даже довести

ее до дистиллированного состояния, но при этом следует учитывать стоимость такой очистки, а также последствия, от употребления такой воды.

Поскольку воды естественных поверхностных источников в настоящий момент в основном третьей-пятой категории качества, а традиционные технологии очистки воды, рассчитанные на первую-вторую категории качества воды в водоисточнике, то их применение не позволяет подготовить питьевую воду, которая отвечала бы нормативным требованиям. Подача воды "по графику" и воды, которая не отвечает санитарно-гигиеническим нормам, все чаще и чаще повторяется в разных городах. Сельское население же пьёт воду первого водонесущего горизонта (грунтовую воду), которая является собой достаточно "крепкий коктейль" из пестицидов и продуктов их распада.

В целом наиболее серьезными причинами неблагоприятной ситуации, которая сложилась в обеспечении населения питьевой водой нормативного качества, являются не только экологические факторы, но и целый ряд проблем, которые возникли в силу того, что в течение длительного времени водопроводно-канализационное хозяйство развивалось низкими темпами и неудовлетворительно комплектовалось техникой, материалами, оборудованием.

В условиях крайне ограниченных водных ресурсов Украины для бесперебойного водоснабжения населения и хозяйственных объектов построено 1087 водохранилищ (общим объёмом воды 55 млрд.м³) и около 25 тысяч прудов (около 3,0 млрд.м³) [22]. Их распределение, площади зеркал воды, средние глубины иллюстрирует рис. 4.7.

Население в первую очередь и при любых условиях должно быть обеспечено водой по существующим, научно обоснованным санитарно-гигиеническим нормам. Для целей питьевого водоснабжения в Крыму используются местные воды рек, источников, подземные воды и транзитные воды СКК. (табл. 4.8.).

Таблица 4.8. Удельная реализация воды населению [1]

Территориальная принадлежность	Удельное водопотребление л/сут.чел	Доля транзитного водоснабжения
г. Симферополь	119,5	319,0
г. Севастополь	120,0	260,0
г. Ялта	169,1	381,0
г. Феодосия	57,0	295,0
г. Керчь	78,8	281,0

К качеству воды, потребляемой населением, предъявляются повышенные требования, как по физическим свойствам, так и по химическим показателям и радиоактивности. Юго-восточный Крым преимущественно снабжается водой из наливных водохранилищ. Исходная днепровская вода подвергается очистке и затем подается в водопровод. Отличия в качестве исходной из Феодосийского водохранилища и очищенной воды демонстрирует рис. 4.8.

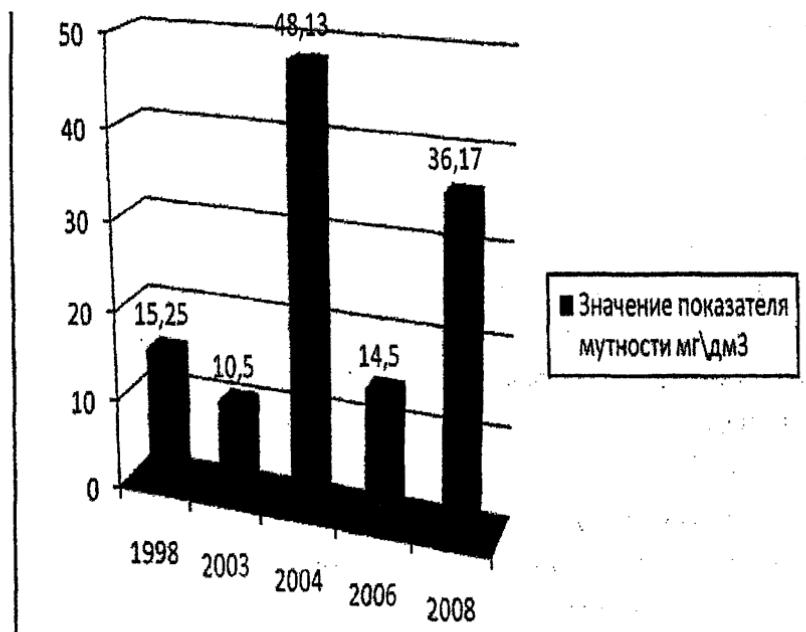


Рис 4.8. Динамика показателей взвешенных веществ в Феодосийском водохранилище

На протяжении 10 лет наблюдений значения показателей взвешенных веществ (мутности) чрезвычайно велики и превышают нормативные требования (1,5 мг/дм³ в 7 – 10 раз).

В технологических схемах очистки питьевых вод с использованием хлора при окислении органических загрязнителей образуются хлорорганические вещества с токсичными и мутагенными свойствами. При исследовании проб вод, отобранных на станции подготовки питьевой воды днепровского бассейна, выявлены многочисленные летучие хлорсодержащие соединения. По биологическим показателям днепровская вода признается как плохая или очень плохая.

Совместно со специалистами ПО "Крымводоканал" Госжилкомхоза выполнен анализ организации системы водоучёта по 13 городам Крыма (46 основных водозаборов) с населением 1244,7 тыс. человек. Из общего числа абонентов - 192376 только 17647 (9,17%) имеют приборный водоучёт. Водозабор в системы водоснабжения городов составил 258,48 млн. м³, реализовано воды потребителям 170,248 млн. м³ (КПД системы около 65,86%), в том числе:

-населению	- 121,815 млн. м ³ (71,6%);
-прочим потребителям	- 48,433 млн. м ³ (28,4%);
-потери воды	- 48,338 млн. м ³ (28,4%);
-расход на собственные нужды	- 19,588 млн. м ³ (11,5%).

Водопотребление по реализованной воде фактически составило на одного человека 267,4 л/сут., при среднем нормативном по Крыму 251,15 л/сут. Не выдерживались нормы водопотребления по городам:

Белогорск - факт 90,4 л/сут. на чел. (45%), норматив - 201 л/сут. на чел.; Феодосия - факт 189,9 л/сут. на чел. (64%), норматив - 295 л/сут. на чел.; Алушта - факт 227,0 л/сут. на чел. (75%), норматив - 303 л/сут. на чел.

Значительное превышение норматива водопотребления допущено по городу Ялта - факт 435,4 л/сут. на чел. (124%), норматив - 351 л/сут. на чел.

Таблица 4.9. Использование водных ресурсов по отраслям народного хозяйства АРК [19]

Отрасли	Год	Водопотребление, млн. м ³			
		Всего	%	в том числе	
				местные источники	Северо-Крымский канал
1. Коммунальное хозяйство, производственные и бытовые нужды		277,3	7,5	50,7 (засуха)	226,6
2. Сельское хозяйство в т.ч. орошение с/х водоснабжение рыбное хозяйство	1994	2394,2	65,12	225,9	2168,3
		2144,8		67,1	2077,7
		191,1		158,0	33,1
		58,3		0,6	57,5
3. Промышленность и прочие отрасли		1001,7	27,3	132,4	869,3
ИТОГО по Крыму:		3676,2	100,0	409,0	3167,2
1. Коммунальное хозяйство, производственные и бытовые нужды		213,5	7,4	120,8	92,7
2. Сельское хозяйство в т.ч. орошение с/х водоснабжение рыбное хозяйство	1995	1694,4	58,9	229,8	1464,8
		1494,1		85,5	1408,6
		172,8		143,2	29,6
		27,5		1,1	26,4
3. Промышленность и прочие отрасли		970,6	33,7	199,0	771,6
ИТОГО по Крыму:		2878,5	100,0	505,5	2373,0

4.2. Водопользование в сельском хозяйстве

Сельское хозяйство является ведущим водопотребителем как по общим, так и по безвозвратным изъятиям воды, что в первую очередь связано с огромными затратами воды на орошение. Суммарное сельскохозяйственное водопотребление в мире постоянно растёт: в начале века оно составляло 350 км³/год, в 1970 г. - 1900 км³/год, а к 2000 г уже достигло 3400 км³/год. В отдельных регионах стран мира с низким количеством осадков, испытывающих наиболее острую нехватку воды, около 85% её запасов идёт на орошение.

По экспертным оценкам Всемирной организации по проблеме продовольствия (ФАО) предсказывает чистый прирост площади орошаемых земель к 2039 году почти на 45 млн. га, т.е. будут использоваться 60% пригодных для орошения земель.

Орошению подвергается около 1/6 всех обрабатываемых угодий. Это требует изъятия и последующего перемещения более 1500 км³ воды (6-7 годовых стоков Волги). Оросительные системы мира сегодня обслуживают около 250 млн. га. Всего орошается 15-20% обрабатываемых площадей, которые дают 30-40% мировой продукции земледелия.

На площади свыше 255 млн. га орошаемых земель, составляющих 17,6% возделываемой мировой площади пашни, производится около половины сельскохозяйственной продукции. Сегодня 16% зерновых на орошаемых землях дают 36% мирового валового сбора зерна. Для развивающихся стран ирригация является важнейшим сектором сельскохозяйственного производства, гарантирующая продовольственную безопасность. На долю этих стран приходится 212 млн. га орошаемых земель или почти 85% мирового орошения.

Орошаемое земледелие является крупнейшим водопотребителем. Для получения 1 тонны пшеницы, требуется 1500 м³ воды, а одной тонны хлопка - 10000 м³. За вегетационный период гектар кукурузы расходует 3000 м³ капусты - 8000 м³, риса - 12000-20000 м³ воды (рис. 4.9).

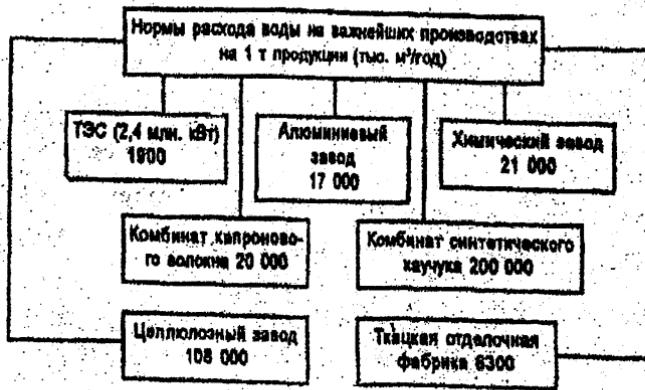


Рис. 4.9. Затраты воды на производство 1 тонны продукции

Суммарные затраты воды на орошение зависят от площади орошаемых земель удельного водопотребления, вида сельскохозяйственных культур и количества возвратных вод. Например, для того, чтобы вырастить 1 т хлопка требуется 5-8 тыс. м³ пресной воды, риса - 8-15 тыс. м³, многолетних трав - от 2 до 8 тыс. м³. В целом по миру, приблизительно 50-70% воды, направляемой на полив, теряется безвозвратно: испаряется, просачивается или стекает по поверхности.

В сельском хозяйстве Украины водные ресурсы используются для орошения, обводнения и увлажнения земель, водоснабжения животноводческих ферм и т.д. При этом наибольшее количество воды (до 64%) расходуется на орошение. Общее сельскохозяйственное водопотребление Украины в 1990 году составило 10,9 км³ (20% речного стока в средне- или 24% в маловодные годы). Наибольшие объемы водопользования характерны для Крыма и Херсонской области. Региональная концентрация сельскохозяйственного водопотребления здесь достигает 357 - 431 тыс. км³, что в два раза выше, чем в среднем по Украине.

Таблица 4.10. Структура использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Украины, млн. м³ [20]

Год	Всего	В том числе на нужды						Безвозвратное потребление и потери воды
		Хозяйст- венно - бытовые	Произ- водст- венные	Оро- шае- мые	С/х во- доснаб- жение	Прудовое рыбное хоз-во	Дру- гие	
1985	11392	22,0	1913	7396	1606	455	-	9882
1990	10894	28,0	1623	6929	1677	403	232	10029

Растущие потребности общества всё больше требуют чистой пресной воды. Естественное распределение водных ресурсов уже не способствует запросам современного водоснабжения. Для Украины, например, индекс интенсивности использования водных ресурсов (отношение водоотбора к объёму наличных водных ресурсов) в целом близок к единице. А в Днепропетровской, Николаевской, Одесской областях и в Крыму водоотбор в десятки раз превышает водные ресурсы, формирующиеся там в маловодный год (табл. 4.11.).

Таблица 4.11. Интенсивность использования водных ресурсов

Область	Местные водные ресурсы в маловодный год, млн·м ³ /год		Территориальная Концентрация ресурсов тыс. м ³ /км ²	Индекс интенсивности использования водных ресурсов	
	Поверхностные	Подземные		Водо-забор	Безвозвратный водоотбор речного стока
Днепропетровская	140	100	7,5	18,6	9,5
Донецкая	240	380	23,4	5,1	6,0
Запорожская	130	410	19,8	8,7	8,55
Киевская	760	300	36,7	3,1	0,68
АР Крым	490	274,6	1,6	150	186
Тернопольская	1050	-	76,1	0,2	0,07
Черниговская	1950	1560	110,0	0,1	0,06
Украина (в целом/ср)	29700	700	60,8	0,9	0,49

Междуд тем, при долгосрочном планировании следует учитывать неизбежные засушливые годы, когда речной сток падает до аномально низкого уровня. Считается, что нельзя использовать больше 30% среднегодового речного стока без риска испытать недостаток воды в среднем раз в 20 лет. Эту ситуацию прекрасно иллюстрирует рис. 4.10. [19].

Экстенсивный характер водопользования в Крыму иллюстрирует табл. 4.12.

Таблица 4.12. Использование водных ресурсов, млн. м³ [19]

№ п/п	Показатели	Годы		Изменения	
		1995	1996	+	-
1.	Забрано (всего) свежей	2621,7	2428,3	-	193,4
	в т.ч. подземная морская	230,1	203,4	-	26,7
	пресная (поверх)	52,6	32,9	-	19,7
	из них:	2339,0	2192	-	147,0
	вода р. Днепр (СКК)	2091,3	1955,0	-	136,3
	местный сток	247,7	237,0	-	10,7
2.	Оборотное водоснабжение	339,2	282,5	-	56,7
	Повторное водоснабжение	183,0	12,7	-	5,6
3.	Коллекторно-дренажный сток	342,0	299,0	-	43,0

Экстенсивного водопользования не избежали и высокоразвитые страны. Недавние исследования, проведённые американскими гидрологами показали, что во многих районах США забор поверхностных вод давно уже превышает 30% рубеж, а на ряде рек переваливает 90% среднегодового стока, т.е. хронический недостаток воды неизбежен (рис. 4.10. и рис. 4.11.)

Естественный сток поверхностных вод.

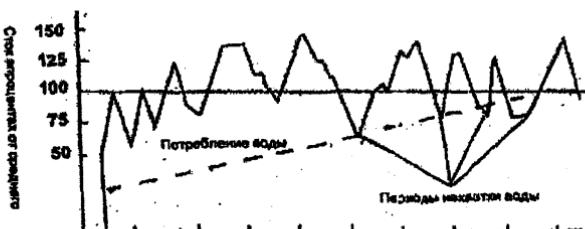


Рис. 4.10. Годы, пятилетние интервалы

Естественные колебания речного стока при растущих объемах водозабора

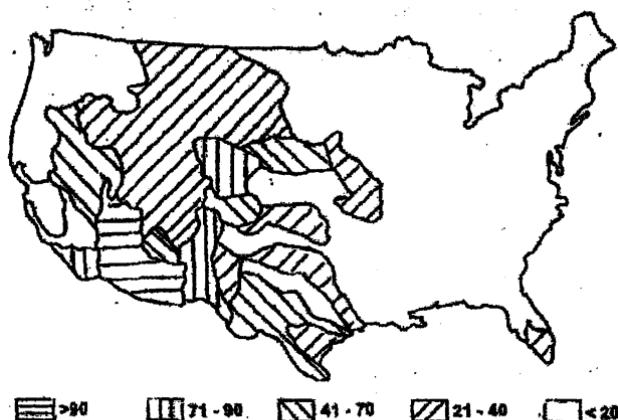


Рис. 4.11. Прогнозируемый процент использования стока к 2000 г. в США (Небел, 1996)

В сильно урбанизированных регионах перерасход и истощение пресных вод сопровождается снижением инфильтрации. Асфальтовые покрытия, застройка, уплотнение поверхности, увеличивая поверхностный сток и снижая инфильтрацию, провоцирует подтоки солоноватых вод, просадки грунтов, безвозвратные потери воды. При этом отмечается уменьшение стока родников и пересыхание мелких рек. Увеличение поверхностного стока приводит к стеканию в реки сильно загрязненных вод.

Здесь встречаются:

- смываемые в процессе эрозии почва;
- биогены, входящие в состав удобрений;

- инсектициды и гербициды;
- помёт домашних и сельскохозяйственных животных и ассоциированные с ним бактерии;
- дорожная соль и другие химические вещества с дорожных покрытий;
- сажа и ядовитые вещества из выхлопных газов транспортных средств;
- мусор и растительный опад.

Неравномерность распределения водных ресурсов во времени - многолетние и сезонные колебания объемов речного стока – приводит к неодинаковой и неустойчивой водообеспеченности отраслей общественного хозяйства, что выдвигает проблему надежности гарантированного водоснабжения населения промышленности и сельского хозяйства.

В условиях водохозяйственной деятельности в пределах трансграничного водного бассейна наиболее важных проблем, которые требуют поэтапного решения являются:

- неблагоприятная обстановка, сложившаяся в сфере водопользования региона и проявляющаяся на всех стадиях водохозяйственной деятельности – забора, транспортировки и воспроизведения водных ресурсов;
- расточительные нормыдельного водопотребления, в 2-4 раза превышающие европейские показатели;
- высокий уровень загрязнения воды в наливных водохранилищах питьевого водоснабжения по причине неэффективной работы КОС и систем водоотвода (перегрузка, физический износ);
- загрязнение водоемов поверхностным и дренажным стоком;
- невыполнение требований водного законодательства относительно режима использования прибрежных защитных полос;
- несовершенство организации мониторинга качества поверхностных и подземных вод;
- отсутствие альтернативных источников питьевого водоснабжения;
- несовершенство и несоблюдение действующего экономического механизма водопользования.

4.2.1. Водная миграция загрязняющих веществ, принципы нормирования и методы оценки качества воды для орошения

Источники загрязнения биосферы могут быть подразделены на две основные группы: природные и антропогенные. К природным источникам относятся космос (космическая пыль), вулканы и другие природные явления (минеральные частицы, газы, пары), почва и горные породы (минеральные и органические частицы), атмосферные осадки (минеральные и органические элементы и соединения). К антропогенным источникам относятся предприятия топливно-энергетического, металлургического, химического, нефтехимического, машиностроительного, строительного, транспортно-дорожного комплексов, лесной, лесохимической, фармацевтической, оборонной промышленности, коммунального и сельского хозяйства (тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, диоксины, бенз(а)пирен, СПАВ, углеводороды, радиоактивные вещества, пестициды, нитраты, азот аммонийный, фосфор и другие). Антропогенное загрязнение окружающей среды оказывает влияние на изменение климата планеты, формирование теплоэнергетического баланса. Интенсивность процессов загрязнения зависит от комплекса природно-хозяйственных условий и удаленности от источников загрязнения.

В процесс функционирования гидромелиоративных систем наряду с глобальным загрязнением биосферы формируются региональные (внесистемные) и локальные (внутрисистемные) источники загрязнения. К региональным относятся вышеперечисленные антропогенные источники, оказывающие влияние на почвы, водные экосистемы и атмосферу (атмосферные осадки) конкретного агроландшафта. К внутрисистемным источникам загрязнения относится процесс производства сельскохозяйственной продукции (внесение удобрений, пестицидов и микроэлементов, обработка почв) поверхностный и коллекторно-дренажный сток.

Азотные удобрения, попадая в почву, используются растениями частично: коэффициент использования азотных удобрений составляет около 60%, часть теряется из почвы в виде газообразных продуктов (15-20%), потери за счет вымывания составляют 20-25%. Потери фосфора стандартных ортофосфорных удобрений с дренажными водами превышают 0,25-0,60 кг/га фосфора в год. Изменение приведенных величин обусловлено особенностями природно-хозяйственных условий. В агрорудах, используемых для производства минеральных удобрений, содержатся тяжелые металлы. В частности фосфорные удобрения, а также удобрения с использованием ортофосфорной кислоты (аммофосы, аммофоски, нитрофосы, нитрофоски, двойные суперфосфаты) являются наиболее значительными как по набору, так и по концентрации примесей тяжелых металлов. Например, суперфосфат содержит кадмий, хром, кобальт, медь, свинец, никель, ванадий, цинк. При внесении суперфосфата (90 кг/га по фосфору) одновременно в почву поступает 11,3 г/га меди, 55,8 г/га свинца, 1,0 г/га кадмия. Для производства фосфорных удобрений используется апатитовый концентрат, содержащий кроме оксида пятивалентного фосфора до 3,5% свободного фосфора, а также фтор, стронций, лантаниды, иттрий и другие элементы. С каждой тонной двойного суперфосфата в почву вносится до 80 кг фтора, около 200 кг аммофоса и 130 кг простого суперфосфата.

В простом суперфосфате обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий (50... 170 мг/кг), хром (66... 243 мг/кг), кобальт (до 90 мг/кг), медь (4... 79 мг/кг), свинец (7... 92 мг/кг), никель (7... 32 мг/кг), ванадий (70... 180 мг/кг), цинк (50... 1430 мг/кг). В составе простого суперфосфата в почву поступает стабильный стронций; в Хибинском апатите его содержание достигает 2%. Вместе с тем, суперфосфат содержит до 1,5% фтора, комплексные удобрения – 0,5... 1,0%. Фосфогипс содержит в виде второстепенных примесей до 10% оксидов марганца, стронция, в том числе до 3% редкоземельных элементов. Установлено, что с сельскохозяйственных

угодий в поверхностные и подземные воды поступает около 20% внесенного азота, 5% фосфора.

Пестициды, используемые в процессе производства сельскохозяйственной продукции, представляют собой биологически высокоактивные вещества. Являясь ядовитыми для определенной формы жизни, пестициды представляют опасность для человека, животных, полезных микроорганизмов. Особую опасность представляют устойчивые, трудноразлагаемые пестициды. Установлено, что в среднем около 3% используемого инсектицида является действующим, остальные 97% теряются, то есть поступают в почву, растения и другие компоненты агрогеосистемы. Используемая часть гербицидов составляет 5-40%. Пестициды, попавшие в почву, оказывают негативное воздействие на состав и численность микроорганизмов и, соответственно, на направленность и интенсивность микробиологических процессов.

Некоторые пестициды в своем составе содержат тяжелые металлы: ртуть, цинк, медь, железо и др. В составе гранозана содержание ртути достигает 75,6% от массы соединения. Медь и цинк являются составной частью фунгицидов.

В процессе производства сельскохозяйственной продукции представляется важным учитывать загрязненность атмосферных осадков как одного из источников поступления загрязняющих веществ. До периода индустриализации величина отклонения химического состава атмосферы составляла около 0,1%; в настоящее время эта величина возросла в три раза. Среднегодовая величина общей минерализации осадков на территории Европейской части России изменяется от 10 до 20 мг/л. Концентрации сульфатов и нитратов выше, чем на остальной территории страны, и составляют соответственно 35-40 и 20% от общей минерализации. Значение потоков нитратного азота менее 0,1 т/км² год характеризует фон территорий, удаленных от промышленно развитых районов России. Потоки до 4 т/км²

год и более отмечаются в промышленных районах, центрах черной металлургии, топливной энергетики.

Кислотность осадков, обусловленная наличием серной и азотной кислот, возрастает к западной границе России. В восточном и южном направлении постепенно возрастает щелочность. Атмосферные осадки могут содержать свинец, кадмий, мышьяк, торий, ртуть, хром, никель, цинк, марганец, кобальт, медь и другие элементы и соединения. Содержание свинца в дожде и снеге изменяется от 1,6 мкг/л в районах, удаленных от промышленных объектов, до 350 мкг/л и более в крупных городах. Ртуть, попадая в атмосферу при сжигании твердого топлива и в процессе работы предприятий цветной металлургии, поступает с атмосферными осадками в почву и водные экосистемы. Под влиянием микроорганизмов соединения ртути трансформируются в метилртуть – высокотоксичное органическое соединение.

Загрязнение атмосферы и, соответственно атмосферных осадков, опасными элементами и соединениями оказывает негативное влияние на водные экосистемы, плодородие почв и качество сельскохозяйственной продукции на расстояниях десятков и сотен километров от источников загрязнения.

На орошаемых землях дополнительным источником загрязнений является вода для орошения, используемая из загрязненных водных объектов. Вместе с тем, весьма значимым источником загрязнений являются коллекторно-дренажные воды гидромелиоративных систем, содержащие повышенное количество солей, азота, пестицидов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ и представляющие опасность для почв, подземных вод и сельскохозяйственных культур при использовании их для орошения, а также для водных экосистем – при сбросе дренажных вод в водные объекты.

Загрязнение атмосферы и, соответственно, атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод изменяет качественное состояние

трофических связей и окружающей среды в системе вода-почва-высшие растения-животные-человек-биосфера. По мере прохождения звеньев этой системы, загрязняющие вещества накапливаются, трансформируются, разлагаются, теряют и приобретают токсичность. При определенных концентрациях и условиях загрязняющие вещества нарушают структурную и функциональную целостность, как отдельных звеньев, так и системы в целом. Миграция и накопление загрязняющих веществ являются результатом сложных физико-химических процессов взаимодействия препаратов и множества биотических и абиотических факторов среды. Стойкость вещества, характер и длительность детоксикации, биоаккумулирующая способность отдельных звеньев трофической цепи определяют их число на пути к организму человека.

Загрязняющие вещества по воздействию на почву могут быть разделены на две группы: почвохимически активные и биологически активные загрязнители. В первую группу входят вещества, воздействующие на окислительно-восстановительные реакции, реакции подкисления-подщелачивания почв. Это – физиологически кислые соли, минеральные кислоты, основания, угольная кислота, некоторые газы. Во вторую группу входят вещества органического и органоминерального характера (пестициды), токсичные элементы и их соединения (Cd, Pb, Hg, Cr, Ni, As, Cu, Zn и т.д.), радиоактивные вещества, избыток которых действует негативно на живые организмы.

Накопление подвижных и, следовательно, активных веществ зависит от почвенно-климатических условий, механического состава и водопроницаемости почв. По мере увеличения аридности и смены водного режима от промывного к непромывному возрастает потенциал накопления биологически активных подвижных элементов (табл. 4.13.).

Опасность загрязнения почв слабоподвижными токсичными элементами возрастает от песчаных к глинистым и илистым почвам, с низкой проницаемостью и высокой водоудерживающей способностью.

Таблица 4.13. Относительная опасность загрязнения почв биологически активными подвижными элементами

Водный режим	K**	Механический состав почв			
		песчаный	глинистый	илистый	Различный с наличием мерзлотного слоя
Сильно промывной	>2	1	2	3	3
Преимущественно промывной	2-1	2	3	4	4
Относительно промывной	1-0,5	3	4	5	5
Непромывной	<0,5	4	5	5	-

Опасность загрязнения: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – средняя, 4 – сильная, 5 – очень сильная.

K** - Коэффициент смачиваемости = осадки/эвапотранспирация.

В зависимости от содержания гумуса и минералогического состава почв изменяется степень опасности накопления биологически активных элементов, которые находятся в слабоподвижной форме (табл. 4.14).

Таблица 4.14. Опасность накопления в почве биологически активных элементов, которые находятся в слабоподвижной форме

Содержание гумуса	Удерживающая способность почв		
	Пониженная преобладает каолинит и галлуазит)	Средняя (иллит и смектит)	Повышенная (монтмориллонит, алофан и полуторные окислы)
Низкое	1*	2	3
Среднее	2	3	4
Высокое	3	4	5

* Опасность загрязнения: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – средняя, 4 – сильная, 5 – очень сильная.

В соответствии с биологической классификацией к тяжелым относятся металлы с относительной атомной массой более 40. В эту группу входят микроэлементы: железо, цинк, марганец, молибден, бор, медь, кобальт, имеющие весьма значимое позитивное биологическое значение и получившие название микроэлементов, обусловленное теми концентрациями, в которых они необходимы живым организмам. Микроэлементы являются в основном функциональными элементами, входят в состав ферментов, витаминов и других биологически активных веществ,

катализируют процессы синтеза органических соединений. Однако при определенных концентрациях микроэлементы становятся токсичными.

В зависимости от способности к загрязнению тяжелые металлы и другие элементы подразделяются на 4 группы /Linnay H., 1982/:

1. Элементы с очень высоким потенциалом загрязнения: Cd, Hg, Pb, Cu, Cr.

2. Элементы с высоким потенциалом загрязнения: Bi, Mo, Fe, Se, Te, Ti, Ba, U.

3. Элементы со средним потенциалом загрязнения: F, Be, Ni, Co, As, Li, B, W, Al, V.

4. Элементы со слабым потенциалом загрязнения: Sr, Zr, La, Nb.

Для тяжелых металлов характерна переменная валентность, низкая растворимость их гидроокисей, катионная способность и способность образовывать комплексные соединения. Тяжелые металлы удерживаются почвой благодаря формированию комплексных соединений с гумусом, обменной адсорбции поверхности глин и гумуса, а также формированию нерастворимых соединений, особенно при восстановлении. В почвенном растворе тяжелые металлы встречаются в ионной и в связанной форме. Почва обладает выраженной катионной поглотительной способностью и благодаря этому удерживает положительно заряженные ионы металлов, что способствует их накоплению.

На подвижность металлов в почве оказывает влияние pH почвы. Например, железо, марганец и алюминий в кислой среде находятся в подвижном состоянии, а при нейтрализации переходят в нерастворимые гидроксиды. Молибден и хром, наоборот, при нейтрализации почвы становятся подвижными, а в слабокислой и щелочной среде образуют растворимые соли молибденовой и хромовой кислот. Миграционная способность металлов изменяется в зависимости от окислительно-восстановительных условий в почве. Например, цинк, медь, никель, кобальт подвижны в условиях окисления и слабо мигрируют в среде с преобладанием процессов восстановления.

Потенциалы загрязнения, подвижности в почве, фитотоксичности и накопления в растениях тяжелых металлов и других элементов систематизированы и представлены в таблице (4.15.).

Таблица 4.15. Потенциал загрязнения, подвижности в почве, накопления в растениях тяжелых металлов и других элементов

Элементы	Потенциал загрязнения ²⁾	Потенциал подвижности в почве ³⁾						Потенциал накопления в растениях ⁵⁾	Потенциал фитотоксичности в почве ⁷⁾			
		рН почвы			рН почвы ⁴⁾				рН почвы			
		<5,5 7,5	5,5- 9,5	7,6-	<5,5 7,5	5,5- 9,5	7,6-		<6,0 6,0- 7,0	6,0- 7,0	>7,0	
Стронций	1	3	2	2	3	3	2	2	1	1	1	
Алюминий	2	3	2	1				1	2	1	1	
Литий	2							1	2	1	1	
Железо ¹⁾	3	3	2	1				1	3	2	1	
Цинк ¹⁾	3	3	2	1	2	1	1	3 ⁶⁾	3	2	1	
Марганец ¹⁾	3	3	2	1				2	3	2	1	
Хром(Cr ³⁺)	3	2	2		2	2	2	2	1	2	2	
Молибден ¹⁾	3	1	2	3	1	2	2	2	1	2	2	
Ванадий	2	2	3	3	1		2	1	2	2	2	
Вольфрам	2							2	2	2	2	
Висмут	3							2	2	2	2	
Фтор	2							2	3	2	1	
Бор ¹⁾	2							2	3	2	1	
Селен	3	2				2	2	3	1	2	2	
Никель	2	2	2		2	2		3	3	3	2	
Медь ¹⁾	4	3	2	2	2	2	1	2	3	3	2	
Хром(Cr ⁶⁺)	4	2	2		2			2	2	3	3	
Кобальт ¹⁾	2	2	2	1	2	2	1	3	3	3	2	
Свинец	4	2	1	1	2	1	1	2	3	3	3	
Кадмий	4	3	2	2				3 ⁶⁾	3	3	3	
Ртуть	4	3	2					3	3	3	3	
Бериллий	2							2	3	3	3	
Мышьяк	2	2	3	3	1	2	2	2	3	3	3	

¹⁾ в микродозах необходимы для растений (микроэлементы); ²⁾ Потенциал загрязнения (по Zinny): 1 – слабое, 2 – умеренное, 3 – высокое, 4 – очень высокое загрязнение; ³⁾ Потенциал подвижности в почве (по Рэуце К., 1986): 1 – практически неподвижные, 2 – слабоподвижные, 3 – подвижные; ⁴⁾ Глеевые и засоленнооглеенные почвы; ⁵⁾ Потенциал накопления в растениях (по Перельману А.И.): 1 – слабое, 2 – умеренное, 3 – сильное; ⁶⁾ Элементы накапливаются в генеративных органах растений; ⁷⁾ Потенциал фитотоксичности: 1 – малоопасные, 2 – умерено опасные, 3 – опасные.

Таблица 4.16. Пределно допустимые концентрации тяжелых металлов и других элементов в оросительной

Показатель	США	Канада	ФАО	Польша	Германия (Восточные земли)					Венгрия	Румыния	Китай	
					1	2	3	4	5				
Алюминий	5,0	5,0	5,0	5,0						5,0	5,0	20,0	
Литий	2,5	2,5	2,0	2,0						2,0	2,5	2,5	
Железо	5,0	5,0	10,0	1,0	10,0	20,0	50,0	100,0	20,0	20,0	1,0	5,0	3,0-5,0
Цинк	2,0	1,0-5,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,5	6,0	1,0	5,0	2,0	10,0	2,0
Марганец	0,2	0,2	0,2	0,8	0,5	2,0	5,0	7,5	10,0	2,5	5,0	2,0	3,0
Хром ³⁺				0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0	0,5	2,5		
Молибден	0,01	0,01-0,05	0,01							0,01	0,01	0,05	
Ванадий	0,1	0,1	0,1	0,1						0,1	0,1	1,0	
Висмут													2,0-3,0
Фтор	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	0,5	0,5	0,75	1,0	0,7	2,0	
Бор	0,75	0,5-6,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0	0,7	2,0	
Селен	0,02	0,02-0,05	0,02	0,05	0,2	0,2	0,5	0,75	1,0	0,02	0,02	0,05	0,02
Никель	0,2	0,2	0,2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0	0,1	1,0	0,2	0,2
Медь	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	2,0	5,0
Хром ⁶⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	1,0
Кобальт	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05
Свинец	5,0	0,2	5,0	0,1	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,1	1,0	2,0	5,0
Кадмий	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,5
Ртуть										0,005	0,01	0,02	0,05
Бериллий	0,1	0,1	0,1	0,05						0,1	0,1	0,5	0,001-0,05
Мышьяк	0,1	0,1	0,1	0,05						0,2	0,2	0,2	0,2

По степени выщелачивания химических элементов при гидролитическом разложении выделены 4 группы /Pedrj, Delmas, 1970/:

1. Очень хорошо выщелачиваются: Na, Ca, Sr, As.
2. Хорошо выщелачиваются: K, Mg, Ba.
3. Средне выщелачиваются: Zn, Co, Ni, Cu, Pb, SiO₂.
4. Слабо выщелачиваются: Fe, Al, Ti, V, Cr, Ge.

Тяжелые металлы оказывают негативное влияние на почвенные микроорганизмы, образуя нисходящий ряд в последовательности: Ag > Hg²⁺ > Cd > Ni²⁺ > Zn > Ti > Pb > Be > Cr³⁺ > Ba > Sr > Li. Следует отметить, что актиномицеты, бактерии и микробактерии менее устойчивы, чем грибы и дрожжи. Загрязнение почв тяжелыми металлами ведет к изменению количественного и группового состава микроорганизмов. Комплексные соединения металлов непрочны и легко разрушаются в почве под влиянием микробиологической деятельности. Стабильность комплексных соединений металлов уменьшается в следующей последовательности: Hg²⁺ > Cu²⁺ > Pb²⁺ > Co²⁺ > Zn²⁺ > Cd²⁺ > Fe²⁺ > Mn²⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺.

Процессы миграции, осаждения, деструкции, накопления химических элементов зависят от механических, физико-химических и биологических барьеров. Примером биологического и физико-химического барьера служит гумусовый горизонт почвы, который адсорбирует тяжелые металлы и другие элементы, способствует накоплению и транслокации в растения.

Накопление тяжелых металлов в растениях оказывает токсичное действие на человека и животных. Например, свинец – тяжелый металл с весьма сложным характером миграции, накопления и трансформации в системе вода-почва-растение-животные-человек. При поступлении в почву ионы свинца теряют подвижность, так как образуют труднорастворимые фосфаты, сульфаты, карбонаты, хроматы, молибданаты, поглощаются органическими и минеральными коллоидами, прочнее, чем другие катионы удерживаются гумусом почвы. Свинец снижает подвижность молибдена и шестивалентного хрома, нарушает поступление в растения железа.

Накопление свинца в почве отрицательно влияет на биологическую деятельность, нарушая метаболизм микроорганизмов, особенно процессов дыхания и клеточного деления. Накопление свинца в тканях растений ведет к сокращению поглощаемой воды и увеличению потребности в кислороде, снижению интенсивности процессов фотосинтеза, окисления, замедляет рост растений и нередко ведет к их гибели. У редиса свинец подавляет образование корнеплодов, в петрушке — снижает содержание каротина и аскорбиновой кислоты, у картофеля — крахмала. При содержании в кормах до 3 мг/кг свинца в сухой массе, в тканях животных накапливается свинец. Токсичное действие свинца наиболее опасно проявляется у животных. Накопление свинца в организме человека вызывает серьезные заболевания: вырождение периферических нервов, пневмосклероз, сердечную гипертрофию, церроз печени и др.

Кадмий может накапливаться в почве и генеративных органах растений до концентраций, представляющих опасность для человека. Такие овощи, как салат и шпинат, могут накапливать до 100 мг/кг кадмия, некоторые растения — до 400 мг/кг. Накапливается кадмий в печени и почках, выводится из организма крайне медленно, что приводит к развитию хронического отравления, крайним выражением которого является болезнь Итай-Итай. Весьма опасным для человека и животных являются также цинк и медь, обладающие способностью накапливаться в генеративных органах растений.

У человека и животных повышенные концентрации селена вызывают снижение массы тела, ухудшение зрения и слуха, нарушение координации движений, поражение миокарда, появление известковых участков в легких и печени. Ртуть в организм человека поступает в основном через пищу, накапливается главным образом в почках. При метилировании в организме ее токсичность возрастает.

Группу опасных загрязнителей представляют пестициды, биологически высокоактивные вещества, способные при поступлении в организм человека и животных вызывать аллергические реакции, образование опухолей, влиять

на развитие эмбрионов и генетический аппарат. Большинство пестицидов представляют стойкие соединения с длительным периодом полураспада (месяцы, годы). Метаболиты некоторых пестицидов более токсичны, чем исходные соединения: по мере продвижения к высшим звеньям трофических цепей концентрация этих продуктов возрастает.

Миграция и накопление пестицидов в воде, почве, и продукции сельскохозяйственного производства стали объектом серьезных исследований во многих странах мира. Установлено, что хлорорганические пестициды загрязняют продукты как животноводства, так и растениеводства; фосфорорганические пестициды и карбаматы накапливаются преимущественно в растениях. Транслокация и накопление токсикантов в биомассе растений зависит от климатических условий, механического состава почвы, содержания гумуса, емкости поглощения, pH почвенного раствора, а также от количества и физико-химических свойств препарата.

Почвенный покров представляет важнейший компонент агроландшафта, играет роль физико-химического и биологического поглотителя и нейтрализатора многих химических соединений. Детоксирующие свойства почвы зависят от содержания органического углерода, pH среды, емкости поглощения, ряда других факторов и имеют определенный предел. Накопление в почве загрязняющих веществ оказывает ингибирующее действие на микроорганизмы, что снижает плодородие почвы и опасно из-за возможности перехода препарата в контактирующие среды: воздух, растения, поверхностные и подземные воды. Детоксирующие свойства почв и растений проявляются в различной мере, зависят от целого ряда факторов. Наряду с перечислениями весьма важными являются биотические факторы детоксикации, к которым относятся активность почвенных микроорганизмов и метаболизм растений. Остаточное количество экзогенных химических веществ в биомассе растений переходит в последующие звенья трофических цепей: продукты земледелия-человек, корма-животные-человек. Так как одним из источников поступления

различных химических веществ в почву и растения являются оросительные воды, нормирование и регулирование их качества имеет важное практическое значение наряду с проблемой охраны почв и водных экосистем от загрязнения.

В процессе функционирования гидромелиоративных систем формируются потоки воды, различных элементов и соединений, интенсивность которых зависит от комплекса природных и хозяйственных условий. На рисунке представлена принципиальная схема массопреноса при функционировании гидромелиоративных систем, позволяющая выявить водо-миграционные пути переноса солей, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ. В центре схемы показаны водоисточник для орошения (1), орошаемые земли (2) и водоприемник (3). Нередко водоисточником и водоприемником является одна река. Состояние водоисточника определяется уровнем экологизации промышленных, коммунально-бытовых, гидроэнергетических, сельскохозяйственных и других объектов (A, B, C, O), расположенных выше по течению от места водозабора. Источниками загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях являются атмосферные осадки (4), система земледелия (внесение удобрений, пестицидов, микроэлементов и др.) на орошаемых и сопредельных территориях (6), а также подземные воды (7). Второй и третий источник загрязнения являются регулируемыми. Управляемыми являются также процессы загрязнения подземных вод и транслокация токсичных веществ из почвы в растения. И, наконец, процесс формирования дренажного стока на орошаемых землях является также управляемым процессом. Сложность этих процессов и приемов управления в научном и технологическом аспектах очевидна; уровень их решения и реализации будет определять степень экологизации гидромелиоративных систем, возможность получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции и предотвращения загрязнения водных экосистем коллекторно-дренажным стоком.

Важнейшим направлением в решении проблемы экологизации гидромелиоративных систем является нормирование поступления и отведения солей и загрязняющих веществ. Поступление загрязняющих веществ в процессе производства сельскохозяйственной продукции регламентируется научно-обоснованными дозами и технологией внесения удобрений, микроэлементов и пестицидов, заменой остротоксичных препаративных форм менее токсичными, экологически чистыми.

Регламентирование поступления солей и загрязняющих веществ с оросительной водой в почвы, растения и подземные воды представляется возможным на основе нормирования предельно допустимого содержания вредных примесей в воде для орошения и технологических приемов улучшения качества воды в соответствии с экологическими нормами. На рисунке 4.12 показаны возможные места расположения сооружений по управлению качеством воды. Если водоисточник (1) не отвечает требованиям, предъявляемым к качеству оросительной воды, то сооружение предусматривается на канале, подводящем воду к орошаемым землям. Если дренажные воды не отвечают требованиям к воде, предназначенной для орошения или сброса в водную экосистему, сооружение предусматривается на дренах или коллекторах.

Таким образом, опасность последствий миграции и накопления загрязняющих веществ в воде, почве и сельскохозяйственной продукции, поступления их в организм животных и человека определяют необходимость формирования новых подходов к конструированию гидромелиоративных систем с учетом качества потребляемой и отводимой воды.

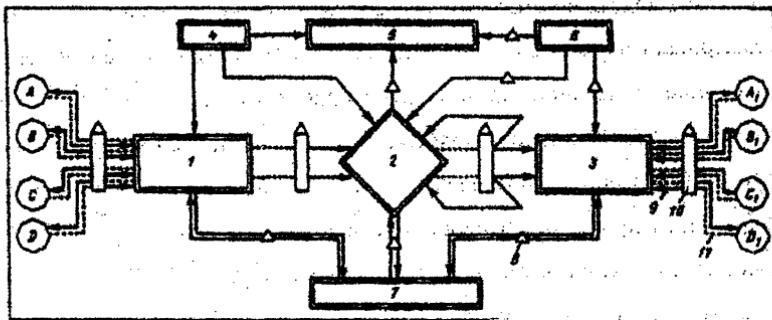


Рисунок 4.12. Принципиальная схема массопереноса в процессе функционирования гидромелиоративных систем.

A – промышленные объекты; B – коммунально-бытовые; C – сельскохозяйственные; D – гидроэнергетические объекты и водный транспорт; 1 – водоисточник для орошения; 2 – орошаемые земли; 3 – водоприемник; 4 – атмосферные осадки; 5 – сельскохозяйственные растения; 6 – с.-х. источник поступления солей, микроэлементов, биогенов, пестицидов, тяжелых металлов; водно-миграционные пути переноса солей, микроэлементов и загрязняющих веществ: 1-2 – водоток в каналах; 2-3 – дренажный и поверхностный сток, 2-5 – транслокация в растения, 2-7 – миграция в подземные воды; 4-1, 4-2, 4-5 – атмосферные осадки; 6-5, 6-2, 6-3 – поступление химикатов при проведении сельскохозяйственных работ; 1-7, 3-7 – массоперенос в процессе взаимодействия поверхностных и подземных вод; A-1, A₁-3, B-1, B₁-3, C-1, C₁-3, D-1, D₁-3 – массоперенос в системе водопотребления и водоотведения промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных, гидроэнергетических объектов и водного транспорта; 7 – подземные воды; 8 – пункты регламентирования поступления солей и загрязняющих веществ; 9 – вода после очистки; 10 – сооружения по управлению качеством воды; 11 – вода до очистки.

Принципы нормирования, критерии и показатели качества воды для орошения

В основу нормирования качества воды водных объектов положена разработка предельно допустимых концентраций (ПДК) различных элементов и соединений. Методические принципы нормирования в гигиенической науке впервые сформулированы А.Н. Сысиным (1941), позднее С.Н. Черкинским (1962) и Г.Н. Красовским (1967). Понятие о ПДК основано на концепции пороговости действия химических веществ; концентрации этих веществ ниже ПДК рассматриваются как безопасные.

Методическая схема нормирования основана на комплексном подходе и предусматривает изучение влияния химических веществ на организм человека (токсичное действие), органолептические свойства воды и процессы естественного самоочищения водоемов. В основу нормирования каждого вещества положено определение ПДК по трем перечисленным лимитирующими признакам вредности и наименьшее из них принимается за уровень ПДК. Система рыбохозяйственного нормирования включает оценку влияния химических веществ на процессы самоочищения воды, первичного продуцирования органического вещества и на жизнедеятельность отдельных видов гидробионтов. За ПДК принимается концентрация веществ, при которой не наблюдается нарушений ни в одном трофическом звене водоема. Таким образом, в основу гигиенического и рыбохозяйственного нормирования положен принцип лимитирующего признака вредности.

Система нормирования химических веществ в почве учитывает транслокационный признак вредности (определение миграции веществ в растение и степени его накопления), водный миграционный признак (определение допустимого уровня накопления вещества в почве с учетом степени его выноса в подземные воды), общесанитарный признак вредности (определение влияния вещества на самоочищающую способность почв и почвенный микробиоценоз).

Нормирование химических элементов и соединений в пищевых продуктах включает изучение токсичного действия веществ, попадающих по трофической цепи в пищевые продукты растительного и животного происхождения, и приемы установления соответствующих гигиенических нормативов.

Таким образом, система нормирования качества воды для хозяйствственно-питьевых и рыбохозяйственных целей, нормирования химических веществ в почве и пищевых продуктах построена на определении ПДК химических элементов и соединений, но соответствующим лимитирующим признакам вредности.

Нормирование качества воды для орошения тесно связано с нормированием качества воды в водоеме (источник орошения), химических элементов, соединений в почве и растениях (объект орошения), пищевых продуктах растительного и животного происхождения (продукция орошающего земледелия). Вместе с тем, нормирование качества оросительной воды представляет самостоятельное направление научных исследований, получившее в последние десятилетия развитие в различных странах. Сложность проблемы нормирования качества оросительной воды заключается в том, что на формирование процессов в системах «вода-растение», «вода-почва-растение», «вода-почва-подземная вода», «вода-сооружение» оказывают влияние особенности климата, дренированность территории, состав, свойства и емкость поглощения почв, глубина залегания и химический состав подземных вод, устойчивость сельскохозяйственных культур к солям и загрязняющим веществам, технология орошения и, наконец, химический состав, свойства и загрязненность оросительной воды. Миграция экзогенных химических веществ из воды в почву, растения и подземные воды - результат сложных процессов вне водоемной биоаккумуляции и биодеградации. Качество оросительной воды является важнейшим фактором экологически безопасного функционирования гидромелиоративных систем, так как влияет на формирование макро- и микробиологической активности почвенной биоты, процессов засоления, осолонцевания, сodoобразования и загрязнения почв, формирования урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, качество воды для орошения оказывает влияние на водопотребление, сохранность и долговечность сооружений оросительных систем.

В соответствии с изложенным, в основу нормирования качества воды для орошения могут быть положены следующие принципы:

1. Принцип зависимости плодородия почв, водопотребления, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции от свойств воды,

химического состава, соотношения ионов, содержания загрязняющих веществ в оросительной воде.

2. Принцип зависимости сохранности, долговечности материалов и надежности функционирования сооружений оросительных систем от химического состава, свойств оросительной воды, содержания взвешенных частиц.

3. Принцип регионального подхода, учитывающий особенности климата, дренированность территории, глубину залегания и химический состав подземных вод, состав и свойства почв, технологию орошения, возделываемые агрофитоценозы.

4. Принцип лимитирующего признака вредности, согласно которому устанавливаются предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде.

5. Принцип направленного формирования химического состава и свойств оросительной воды с целью оптимизации основных показателей мелиоративного режима почв и обеспечения почв и сельскохозяйственных культур необходимыми микроэлементами.

В соответствии с изложенными принципами разработаны экологические, агрономические и технические критерии оценки качества оросительной воды. Экологические критерии предназначены для оценки качества воды с позиции охраны объектов окружающей природной среды от загрязнения и обеспечения безопасной санитарно-гигиенической и медико-биологической обстановки, а также ввиду тесной взаимосвязи орошаемого земледелия с поверхностными и подземными водами - для оценки качества воды с точки зрения их влияния на поверхностные и подземные воды. Агрономические критерии служат для оценки качества воды с позиции сохранения и воспроизводства почвенного плодородия (предупреждение развития процессов засоления, сodoобразования, осолонцевания почв, нарушения микробиологического режима), обеспечения необходимого объема (продуктивность, интенсивность развития) и качества сельскохозяйственной

продукции (полнота, доброкачественность, сохранность). Технические критерии предназначены для оценки качества воды с позиции обеспечения сохранности и долговечности сооружений гидромелиоративных систем, предотвращения развития процессов коррозии, зарастания, биообрастания. Наряду с экологическими, агрономическими и техническими могут быть использованы экономические критерии; в основу оценки качества воды по экономическим критериям может быть положена концепция приемлемого риска. При оценке возможности использования для орошения воды повышенной минерализации и неблагоприятного состава необходимо учитывать затраты на улучшение качества воды, с одной стороны, и ущерб от снижения плодородия почв, урожайности, качества продукции и увеличения затрат водных, материальных и трудовых ресурсов, - с другой. Если водоисточник содержит токсичные вещества и их метаболиты, способные мигрировать по звеньям трофической цепи, то при оценке возможности использования его для орошения приоритетными являются экологические и агрономические критерии.

В соответствии с перечисленными критериями разработана система показателей качества оросительной воды, состоящая из двух групп. Первая группа характеризует свойства воды и содержание веществ, необходимых для нормального функционирования агроэкосистемы (табл. 4.17.); вторая - свойства воды и содержание веществ, оказывающих отрицательное воздействие на функционирование отдельных элементов агроэкосистемы (табл. 4.18.). Состав приоритетных показателей для конкретных регионов подлежит уточнению в соответствии с особенностями природно-хозяйственных условий, степени и характера загрязнения водоисточника для орошения. Для показателей первой группы рекомендуется устанавливать оптимальный диапазон и предельно допустимые значения, для второй группы - предельно допустимые значения (ПДК). Разработанные критерии и две группы показателей качества оросительной воды, подлежащих нормированию, вошли в ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера.

Критерии и показатели качества воды для орошения». Наряду с единичными показателями (табл. 4.17., 4.18.) на основе анализа особенностей развития водно-солевого режима почв при орошении в различных природных зонах разработаны комплексные показатели для оценки опасности развития процессов хлоридного засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и сodoобразования почв в системе «вода-почва» (табл. 4.19.).

Таблица 4.17. Показатели качества оросительной воды первой группы

Показатели	Критерии оценки качества вод		
	Экологические	Агрономические	Технические
Температура, °С	-	+	+
Водородный показатель (рН)	+	+	+
Сумма растворенных веществ, мг/л	+	+	+
Катионы, мг/л			
Na ⁺	-	+	+
K ⁺	-	+	-
Ca ²⁺	-	+	+
NH ₄ ⁺	+	+	+
Mg ²⁺	-	+	+
Анионы, мг/л			
Cl ⁻	-	+	-
SO ₄ ²⁻	-	+	+
CO ₃ ²⁻	+	+	+
HCO ₃ ⁻	+	+	+
No ₃ ⁻	+	+	+
No ₂ ⁻	+	+	+
PO ₄ ³⁻	+	+	+
Микроэлементы, мг/л			
Марганец	+	+	+
Железо	+	+	+
Медь	+	+	-
Бор	+	+	-
Фтор	+	+	-
Кобальт	+	+	-
Цинк	+	+	-
Молибден	+	+	-

Таблица 4.18. Показатели качества оросительной воды второй группы

Показатели	Критерии оценки качества вод		
	Экологические	Агрономические	Технические
Патогенные микроорганизмы	+	+	+
Коли-индекс-количество бактерий в 1 л	+	+	-
Взвешенные вещества, мг/л	-	+	+
ПБК ₅ , мг О ₂ /л	+	+	+
Фенолы, мг/л	+	+	+
Производные нефти, мг/л	+	+	+
Детергенты	+	+	+
Свинец, мкг/л	+	+	-
Ртуть, мкг/л	+	+	-
Кадмий, мкг/л	+	+	-
Селен, мкг/л	+	+	-
Мышьяк, мкг/л	+	+	-
Хром общий, мкг/л	+	+	-
Алюминий, мкг/л	+	+	+
Литий, мкг/л	+	+	-
Бериллий, мкг/л	+	+	-
Вольфрам, мкг/л	+	+	-
Висмут, мкг/л	+	+	-
Никель, мкг/л	+	+	-
Ванадий, мкг/л	+	+	-
Стронций, мкг/л	+	+	-
Радиоактивные вещества	+	+	-
Показатели агрессивности, коррозии	-	-	+
Пестициды	+	+	+

Примечание к таблицам 4.17., 4.18. Знак «+» означает, что показатель подлежит нормированию, знак «-» - показатель не подлежит нормированию.

Таблица 4.19. Комплексные показатели качества оросительных вод

Показатели	Для оценки опасности развития процессов	Актуально для зон
Cl ⁻ , Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻	Хлоридного засоления почв	Полупустынная, пустынная
Na ⁺ /Ca ²⁺	Натриевого осолонцевания почв	Лесостепная, степная
Mg ²⁺ /Ca ²⁺	Магниевого осолонцевого почв	сухостепная, полупустынная
(CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻)	Содообразования почв	Степная, сухостепная, полупустынная, пустынная
(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)		Лесостепная, степная, сухостепная

Примечание к таблице 4.19. Концентрация ионов выражена в мг-экв/л

В соответствии с техническими критериями, на основе анализа процессов в системе «вода-сооружение» выделено три группы показателей, характеризующих опасность развития коррозии, образования осадка карбонатов, засорения, закупорки оборудования систем орошения, а также агрессивность воды по отношению к бетону (табл. 4.20.).

Таблица 4.20. Показатели качества оросительной воды, подлежащие нормированию в системе «вода-сооружение»

Группа показателей	Лимитирующий признак вредности	Показатели
A	Агрессивность воды по отношению к бетону	Водородный показатель Аммоний Магний Сульфаты Угольная кислота
B	Коррозия и образование осадка карбонатов	Индекс Ланжелье Индекс Ризнера
C	Засорение и закупорка оборудования	Водородный показатель Сухой остаток Взвешенные вещества Марганец Железо Сероводород Микробные популяции Скорость биообрастания

Таким образом, разработаны принципы, критерии, система единичных и комплексных показателей качества оросительной воды, подлежащих нормированию. В основу построения системы нормирования качества оросительной воды положен принцип комплексности оценки качества воды, но воздействию на почвы, растения и сооружения.

Почвенно-мелиоративная классификация качества оросительной воды

Почвенно-мелиоративные аспекты оценки качества оросительных вод нашли отражение в трудах В.В.Докучаева, А.П. Костикова, В.А.Ковды, И.П. Айдарова, Б.А. Зимовца, И.П. Антипова-Каратеева, К.М. Кадера, М.Ф. Буданова, И.С. Рабочева, Н.Б. Хитрова, Н.Г. Минашиной, А.И. Королькова, И.К. Супряги, E.W. Hilgard, L.V. Wilcox, J.D. Rhoodcs,

L. Bernstein, R.S. Ayers, D.W. Westcott, B.K. llanda, E.M. Eaton, C.A. Bower, И. Сабольч, К. Дараб. Анализ нормирования качества оросительной воды европейского, североамериканского, индийского, китайского, российского и других научных направлений свидетельствует о сложности процессов взаимодействия оросительной воды и почвы.

Качество оросительной воды воздействует, прежде всего, на систему «почвенный раствор - почвенный поглощающий комплекс» и через эту систему практически на все составляющие мелиоративного режима почв: водный, солевой, пищевой, воздушный, тепловой и микробиологический. В сочетании с режимом орошения и комплексом агротехнических мероприятий качество оросительной воды может рассматриваться как один из основных факторов управления мелиоративным режимом почв, создания оптимальных условий для развития сельскохозяйственных культур и увеличения биологической продуктивности орошаемых земель. В связи с этим в основу построения почвенно-мелиоративной классификации качества оросительных вод представляется целесообразным положить принцип выделения специальную (первого) класса качества воды, характеризуемой благоприятным составом и свойствами, использование которой не имело бы ограничений. Этот класс воды в соответствии с четвертым принципом нормирования может быть положен в основу формирования состава и свойств оросительной воды с целью оптимизации основных показателей мелиоративного режима почв и обеспечения почв и сельскохозяйственных культур необходимыми микроэлементами.

Для выявления характерных свойств оросительной воды расчет гипотетического состава солей недостаточен, так как отражает экстремальные условия, при которых происходит выпадение солей в осадок. Характерной особенностью растворов электролитов является электролитическое взаимодействие между ионами и возникновение ионных ассоциаций, в большей мере характерных для концентрированных растворов.

В сильно разбавленных растворах элементы, определяемые стандартным химическим анализом, представляют собой свободные, несвязанные ионы.

Почвенный раствор - это жидккая фаза ионно-солевого комплекса, находящегося в равновесии с твердой фазой, адсорбированными ионами и парциальным давлением CO_2 и O_2 в элементарном объеме почвы. В почвенном растворе формируются свободные ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , заряженные или нейтральные ионные ассоциации CaCO_3^0 , MgCO_3^0 , NaCO_3^0 , CaHCO_3^0 , MgHCO_3^0 , NaHCO_3^0 , CaSO_4^0 , MgSO_4^0 , NaSO_4^0 , CaCl^0 , NaCl^0 , а также свободные молекулы H_2O , H_2CO_3 , CO_2 раст. Соотношение между свободными ионами и ионными ассоциациями определяется константами диссоциации соединений, позволяющими рассчитать реальный состав раствора.

Почвенный поглощающий комплекс (ППК) состоит в основном из катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+ и реже анионов. По мере увеличения общей засоленности почв доля солей, содержащихся в ППК, снижается. В незаселенных почвах до 90% всей водно-растворимой минеральной части приходится на почвенно-поглощающий комплекс; в средне-засоленных почвах содержание поглощенных ионов снижается до 40%. В почвенно-поглощающий комплекс внедряются в основном катионы, анионы находятся в почвенном растворе. Количественным выражением почвенно-поглощающего комплекса служит емкость поглощения или емкость катионного обмена (ЕКО). Величина емкости поглощения зависит от гранулометрического и минералогического состава, содержания и состава органического вещества и характеризует запас обменных поглощенных катионов. Емкость катионного обмена характеризует способность почв противостоять изменению состава обменных катионов под воздействием оросительной воды. Важной особенностью ППК является его влияние на почвенный раствор, изменение его концентрации и осмотического давления.

При воздействии оросительной воды на почвы формируется новый состав почвенного раствора, подверженный изменениям под влиянием

суточного колебания температуры оросительной воды (рис. 4.13.) и почвы, упаривания почвенного раствора в процессе эвапотранспирации. При нагревании оросительной воды и почвенного раствора в дневное время суток происходит изменение ионной структуры, снижается активность кальция, а натрия - остается неизменной: в результате проявляется резкое повышение щелочности. При упаривании почвенного раствора в процессе эвапотранспирации также происходит изменение ионной структуры, так как концентрация (растворимость) кальция лимитируется произведением растворимости кальциевых солей, а концентрация натрия возрастает пропорционально степени упаривания, что определяет повышение щелочности почвенного раствора. Исследования кислотно-щелочного режима оросительных вод и почвенного раствора показали, что величина pH является весьма динамичным показателем как для почв, так и для оросительных вод. Оптимальный кислотно-щелочной режим формируется при pH оросительной воды в диапазоне 6,5 - 8,0 и температуре от 15 до 25° С при поверхностном поливе и 15 - 30° С при дождевании.

Наряду с pH, важнейшие химические особенности оросительных вод определяются общим содержанием растворенных солей, катионами Na, Ca, Mg и анионом HCO_3^- . При снижении общей минерализации уменьшается содержание катионов Na и Ca и увеличивается HCO_3^- , что создаст опасность образования соды. Оросительная вода с очень низкой минерализацией вызывает разрушение минеральной части почвы, что ведет к развитию процессов элювиирования и снижению водопроницаемости почвы. Это обстоятельство предопределяет необходимость регламентирования нижнего предела допустимого содержания солей в оросительной воде; этот предел установлен на уровне 0,2 г/л.

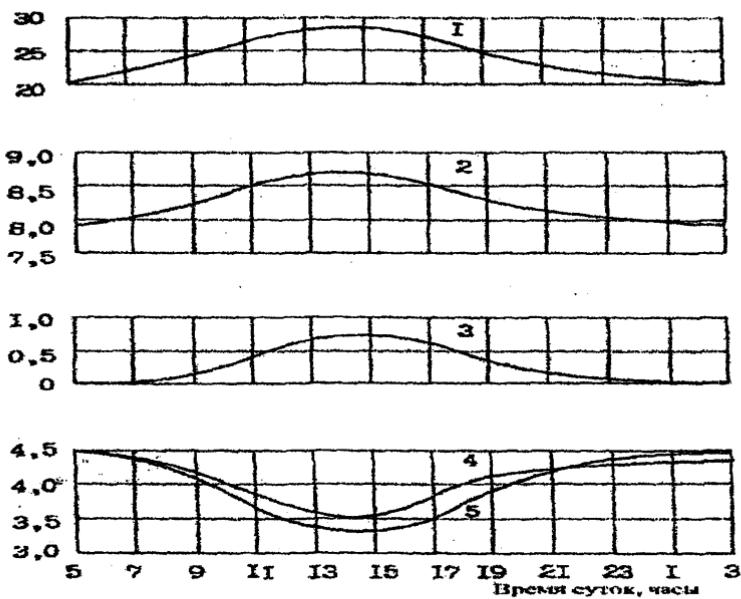


Рис. 4.13. Суточная динамика температуры (1), рН (2), содержания CO_3^{2-} (3), Ca^{2+} (4) и HCO_3^- (5) в оросительной воде, степная зона

Примечание. Содержание ионов выражено в мг-экв/л

Увеличение минерализации оросительной воды ведет к развитию процессов засоления почв, повышению осмотического давления почвенного раствора, что создаст неблагоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур. В почвах с $\text{pH} < 7$ возрастание концентрации почвенного раствора ведет к десорбции иона водорода и поглощению катионов Ca , Mg , Na . В связи с этим использование воды повышенной минерализации (до определенного предела) для орошения почв Нечерноземной зоны (серые лесные, дерново-подзолистые) способствует увеличению pH , степени насыщенности основаниями, что позитивно отражается на формировании плодородия почв при орошении.

В почвах с высокой емкостью поглощения (черноземы, каштановые) увеличение концентрации почвенного раствора приводит к поглощению ионов Na^+ , Mg^{2+} и десорбции Ca^{2+} , с увеличением емкости поглощения почв

интенсивность поглощения Na^+ и Mg^{2+} возрастает. В связи с этим, использование оросительных вод повышенной минерализации в степной и сухостепной зонах ведет к засолению и осолонцеванию почв, что связано с высокой емкостью поглощения и внедрением ионов Na^+ и Mg^{2+} в ППК. Использование оросительных вод с повышенной минерализацией для орошения почв пустынной зоны обусловлено развитием процессов засоления и, при определенных условиях, магниевого осолонцевания.

Таким образом, допустимый верхний предел общего содержания растворенных солей в оросительной воде (минерализация) определяется двумя основными характеристиками почв: механический состав и емкость поглощения. "Эти характеристики, по-существу, являются интегральными и отражают проницаемость (дренированность), минералогический состав, физико-химические и ионно-обменные свойства почв. По механическому составу, емкости поглощения почвы можно объединить в три основные группы:

1. Почвы с тяжелым механическим составом и почвы, имеющие ППК > 30 мг-экв/100 г.
2. Почвы со средним механическим составом и почвы, имеющие ППК 15-30 мг-экв/100 г.
3. Почвы с легким механическим составом и почвы, имеющие ППК < 15 мг-экв/100 г.

По мере увеличения емкости поглощения почв и содержания илестой фракции допустимое содержание солей в оросительной воде снижается. При близком залегании уровня подземных вод ($< 3,0$ м) допустимая минерализация оросительной воды зависит не только от емкости поглощения и механического состава почв, но и, как показали исследования И.П. Айдарова и А.И. Королькова, от химического состава подземных вод.

Для оценки опасности развития осолонцевания почв часто используются два показателя качества оросительной воды: процентное содержание натрия от суммы катионов ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$) и натриевое

адсорбционное отношение SAR. Однако, как показали исследования, использование суммы катионов в показателях для оценки качества оросительной воды является недостаточно обоснованным.

Кроме того, исследования процессов магниевой слитизации и магниевого осолонцевания, свидетельствуют о необходимости рассмотрения специального показателя качества оросительной воды, характеризующего опасность развития магниевого осолонцевания почв. Важной предпосылкой является то, что магний легче, чем натрий входит в ППК, а вытесняется труднее. Концентрация магния в оросительной воде оказывает влияние на почвы и растения и по результатам исследований И. Сабольч и К. Дараб, токсичность ионов магния выше, чем ионов натрия такой же концентрации.

Учитывая вышеизложенное, а также различную роль катионов Na, Mg, Ca в почвообразовательных процессах при орошении для оценки опасности развития натриевого и магниевого осолонцевания почв использованы эквивалентные соотношения концентраций $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ в оросительной воде. Выражение соотношений катионов через концентрацию, а не через активности двухвалентных катионов (Ca, Mg) при повышении концентрации соли уменьшаются быстрее, чем одновалентных катионов, в частности Na. Отношение концентраций ионов в значительно меньшей мере зависит от концентрации солей, чем активность или концентрация отдельно взятых катионов в том же диапазоне значений концентраций солей. Оценка качества оросительной воды по эквивалентному соотношению концентраций $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ на основе длительных экспериментальных исследований приведена и работах И.П. Антилова-Каратаева и Г.М. Кадера, М.Ф. Буданова и других исследователей. Влияние соотношений $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ в оросительной воде на почвы в лабораторных и вегетационных опытах изучено в Центральном НИИ засоления земель в Индии. Увеличение соотношения $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ повышало дисперсность почв и снижало урожай сельскохозяйственных культур. Остаточный карбонат натрия отражает процесс образования карбонатов, растворения и коагуляции кальция и, в меньшей степени, карбонатов магния.

Осаждение карбонатов увеличивает содержание натрия в поливной воде.

Остаточный карбонат натрия определяется по формуле:

$$\text{OKH} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}),$$

где концентрация ионов выражается в мг-экв/л.

Численные значения остаточного карбоната натрия, установленные в работах, использованы при оценке опасности образования соды.

Но характеру и степени воздействия оросительной воды на почвы выделено 4 класса качества оросительной воды, отражающие опасность развития процессов общего и хлоридного засоления, натриевого ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) и магниевого ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) осолонцевания и сodoобразования. Применение оросительной воды I класса не имеет ограничений, использование воды II, III, IV классов обусловлено ограничениями, количество которых возрастает к IV классу (табл. 4.21.).

Таблица 4.21. Почвенно-мелиоративная классификация качества оросительной воды

Классы качества воды	Минерализация воды, г/л для орошения почв			Оценка качества воды по степени опасности развития процессов в почвах			
	с тяже- лым ме- ханиче- ским со- ставом и почв, имею- щими ППК > 30	со сред- ним ме- ханиче- ским со- ставом и почв, имею- щими ППК 15- 30	с легким механиче- ским со- ставом и почв, имею- щими ППК < 15	Хлорид засоле- ния	Натрие- вого осолон- цевания	Магние- вого осолонце- вания	Сodoобра- зования
I Неопас- ный	0,2-0,5	0,2-0,6	0,2-0,7	<2,0	<0,5	<1,0	<1,0
II Малоопас- ный	0,5-0,8	0,6-1,0	0,7-1,2	2,0-4,0	0,5-1,0	1,0-1,5	1,0-1,25
III Уме- ренно опасный	0,8-1,2	1,0-1,5	1,2-2,0	4,0- 10,0	1,0-2,0	1,5-2,5	1,25-2,5
IV Опасный	>1,2	>1,5	>2,0	>10,0	>2,0	>2,5	>2,5

Примечание. Концентрация ионов выражена в мг-экв/л

Таблица 4.22. Характеристика классов качества оросительной воды

Классы воды	Характеристика
	1
I Неопасный	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. Не требуется ограничения состава сельскохозяйственных культур
II Малоопасный	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв; снижение урожайности культур слабой солеустойчивости до 5-10%. Для удаления солей сверхдопустимого уровня содержания в почве требуется умеренный промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, специальный комплекс мелиоративных мероприятий.
III Умеренно опасный	Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур; снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости до 10-25%. Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и сodoобразования почв. Необходимо регулирование pH оросительной воды, обогащение кальцием. Требуется промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, интенсивность которого должна быть связана со свойствами и составом почв. Требуется ограничение состава сельскохозяйственных культур и специальный комплекс мелиоративных мероприятий.
V Опасный	Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции; снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости до 20-50%. Требуется мелиорация почв и воды. Возможно использование воды для орошения солеустойчивых культур на легких, песчаных почвах с предварительным обоснованием и оценкой эколого-экономического ущерба.

Классификация оросительных вод для культур различной солеустойчивости

Солеустойчивость сельскохозяйственных культур принято выражать через снижение урожайности при возрастании засоленности почвы и минерализации оросительной воды. Для оценки солеустойчивости сельскохозяйственных культур в США используются три способа:

1. Исследование способности к выживанию.
2. Оценка биологического урожая культур на засоленных почвах.
3. Отношение урожайности на засоленной почве к урожайности на незасоленной почве.

Первый способ широко используется экологами, второй и третий - в сельском хозяйстве.

Маас и Хоффман разработали классификацию сельскохозяйственных культур по солеустойчивости, в основу которой положили информацию об относительной урожайности сельскохозяйственных культур в виде линейной зависимости от засоленности почвенного раствора для различных групп сельскохозяйственных культур (полевых, кормовых, овощных, плодовых). В 1984 году Маас относительную урожайность сельскохозяйственных культур представил в виде линейной зависимости от минерализации оросительной воды. Это позволило наряду с анализом солеустойчивости сельскохозяйственных культур в различных странах построить градацию культурных растений по группам солеустойчивости (табл. 4.23.). Выделено четыре группы культур:

1. Очень сильноустойчивые
2. Сильноустойчивые
3. Среднеустойчивые
4. Слабоустойчивые.

Таблица 4.23. Градация культурных растений по группам солеустойчивости

Группы	Признаки	Культуры			
		Технические	Кормовые	Овощные и бахчевые	Плодовые и ягодные
1	2	3	4	5	6
1	Очень сильно устойчивые $C_{100} \leq 3,5\text{ г/л}$	Ячмень коротко-остистый Свекла сахарная Овес Ломкоколосник ситниковый Сафлор Рожь Пшеница	Пырей русский Пырей гребенчатый Трава бермудская Свекла кормовая Ячмень на сено	Спаржа	
2	Сильно устойчивые $C_{100} \leq 2,5\text{ г/л}$	Пшеница обыкновенная Пшеница твердая Рапс Сорго Ячмень Богдана Ячмень яровой Хлопчатник Соя Джугара Кунжут	Житняк Волоснец Ячмень на фураж Овсяница высокая Пырей сибирский Овес на сено Пшеница на сено Костер колючий Донник белый Люцерна «Оранжевая 115»	Тыква обыкновенная Баклажаны Свекла красная Арбуз	
3	Средне устойчивые $C_{100} \leq 1,3\text{ г/л}$	Рис посевной Сахарный тростник Пшеница «Саратовская 29»	Вика посевная Кукуруза на силос Суданская трава Сесбания Прoso кормовое Райграс	Патиссон Капуста спаржевая Шпинат Репа Брюссельская капуста Огурец Томат настоящий огородный	
4	Слабо устойчивые $C_{100} \leq 0,8\text{ г/л}$	Фасоль обыкновенная Горох Лен посевной Лен культурный Подсолнечч	Клевер розовый, белый, луговой, гибридный Ежа сборная Бобы кормовые Люцерна посевная	Картофель Дыня Турнепс Горох Перец Редис Чеснок Тыква Лук обыкновенный Морковь обыкновенная	Персик Груша Инжир Малина Миндаль Ежевика Смородина Грейпфрут

		ник Бобы Кукуруза Гречиха Люпин желтый	Тимофеевка луговая	Фасоль обыкновенная Капуста белокочанная Цветная капуста Салат латук Редька огородная Сельдерей обыкновенный	Клубника Абрикос обыкновенны й Грецкий орех Крыжовник Яблоня Гранат Виноград Вишня Чернослив Слива Апельсин сладкий
--	--	--	-----------------------	--	--

Примечание. C_{100} – минерализация оросительной воды, при которой потенциал урожайности сельскохозяйственных культур составляет 100%

Результаты этих исследований положены в основу построения «Классификации оросительных вод для культур различной солеустойчивости».

Выделено четыре класса качества воды для орошения сельскохозяйственных культур различной солеустойчивости, обеспечивающие потенциал урожайности на уровне 100% (А), 100 - 75% (Б), 75 - 50% (В), 50 - 0% (Г).

Сельскохозяйственные культуры характеризуются 8-10 кратным диапазоном устойчивости, что позволяет существенно расширить приемлемый для орошения диапазон минерализации оросительной воды, если нет ограничений по почвам.

Потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур при использовании воды определенного качества может изменяться в широких пределах, так как существует ряд других факторов, влияющих на урожайность. В классификации показатели устойчивости культур приведены для одного лимитирующего признака вредности, то есть солевого. Потенциалы урожайности относятся к периоду от конца прорастания до созревания. На ранних стадиях развития большая часть растений обладает повышенной чувствительностью к солям в почве и оросительной воде.

Сельскохозяйственные культуры, возделываемые в прохладном климате, обладают большей солеустойчивостью по сравнению с аналогичными видами, возделываемыми в сухом, жарком климате, где в периоды интенсивной эвапотранспирации поглощение воды корнями растений может из-за быстрого испарения почвенной влаги и повышения концентрации солей вокруг корней оказаться недостаточным.

Наряду с солеустойчивостью сельскохозяйственных культур весьма значимой характеристикой является устойчивость к бору. При этом нормирование бора в оросительной воде является более актуальным направлением исследований, чем в почве. Для некоторых культур содержание бора в оросительной воде порядка 0,2 мг/л является необходимым; концентрация бора 1-2 мг/л для некоторых культур представляет опасность. Негативное воздействие бор оказывает практически на вес культуры, однако некоторые культуры обладают определенной бороустойчивостью. В таблице приведена «Классификация оросительных вод по степени опасности содержания бора» Дюрана.

Таким образом процессы, происходящие в системе «вода-растение», «вода-почва-растение» и оказывающие влияние на продуктивность растений, определяют необходимость оптимизации состава и свойств почв нормирования качества оросительной воды с учетом состава и свойств почв, солеустойчивости сельскохозяйственных культур, а также устойчивости к тяжелым металлам, пестицидам и другим загрязняющим веществам.

Глава 5. ВОДООТВЕДЕНИЕ

5.1. Системы водоотведения

Отработанные в коммунально-бытовом хозяйстве технические, а также дождевые и талые воды с городской территории удаляются через системы водоотведения и подаются на очистные сооружения. При отсутствии или перегрузки городских очистных сооружений в водные объекты сбрасываются неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды.

Расход воды и количество сточных вод. Среднегодовой расход сточной воды рассчитывается по формуле $Q_{ср} = N q_{уд}$, (5.1)

где $Q_{ср}$ - среднегодовой расход сточных вод;

N - объем производства;

$q_{уд}$ - среднегодовая укрупненная норма расхода воды или количества сточных вод на единицу продукции или сырья.

Значение $Q_{ср}$ представляет собой количество воды, используемой в единицу времени для различных целей, включая безвозвратное потребление воды и ее потери. Причем безвозвратное водопотребление учитывает расход воды, потребляемой продукцией.

Для получения максимальных (как правило в летний период) и минимальных (в зимний период) расходов воды и количества сточных вод учитываются коэффициенты - $k_{лет}$ и $k_{зим}$

$$Q_{макс} = M_{ср} k_{лет} \quad Q_{мин} = Q_{ср} k_{зим} \quad (5.2)$$

где $Q_{мин}$ - среднегодовая укрупненная норма, соответствующая расходам в весенний и осенний периоды.

При ограниченной производительности очистных сооружений дождевые и талые воды частично или полностью сбрасываются в водные объекты без очистки, вместе с ними может сбрасываться и часть общегородских сточных вод.

Система водоотведения - комплекс сооружений, предназначенный для приема и отведения сточных вод всех категорий. Удаление сточных вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий осуществляется, как правило, самотеком по трубам и каналам, поэтому их прокладывают с уклоном. В современных городах устраивают централизованную систему водоотведения, состоящую из внутренних и наружных водоотводящих сетей, насосных станций и очистных сооружений.

Выделяют три основные системы водоотведения:

Общеславная система (рис.5.1) имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых. Эту систему целесообразно применять для небольших промышленных предприятий, если производственные стоки близки по составу к бытовым сточным водам и возможно попадание в дождевые стоки промышленных загрязнений. Все категории сточных вод отводятся на единые очистные сооружения.

Расчетный расход общеславной системы водоотведения.

Расчетный расход смеси стоков на участках общеславной системы до первого ливнеспуска определяется как сумма расходов производственно-бытовых стоков $qcit$ и дождевых вод от дождя расчетной интенсивности qr :

$$qgen = qcit + qr.$$

Расчетный расход на участках главного коллектора после первого и каждого последующего ливнеспуска следует определять по формуле:

$$qgen = qcit + \Sigma qlim + qr, \quad (5.3)$$

$$qgen = qcit + \Sigma qlim + qr, \quad (5.4)$$

где qr – расход дождевых вод с бассейна стока между последним ливнеспуском и расчетным сечением;

$\Sigma qlim$ – сумма несбрасываемых расходов дождевых вод в водоем через ливнеспуски.

Несбрасываемые расходы приравниваются к предельным.

Общесливная система производственного предприятия
 ПП – производственное предприятие,
 ОС – очистные сооружения,
 1 и 2 – дождевые и бытовые сточные воды,
 3 – производственные воды от различных цехов

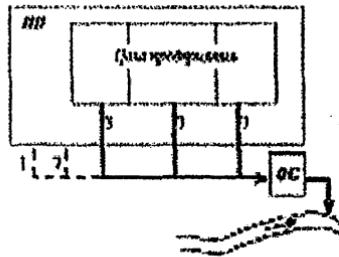


Рис. 5.1. Общесливная система

Во время сильных дождей часть смеси производственно-бытового и дождевого стока сбрасывается в водный поток через ливнеспуски. Раздельные системы водоотведения.

Эти системы могут быть различными в зависимости от вида стоков, образующихся на предприятии. Бытовые и дождевые стоки отводятся по самостоятельным сетям. Производственные стоки могут отводиться по нескольким различным системам трубопроводов, в зависимости от категории стоков. В отдельных случаях производственные сточные воды могут отводиться совместно с бытовыми стоками (производственно-бытовая сеть) или дождевыми водами (производственно-дождевая сеть). Выделяют следующие возможные раздельные системы:

1. С локальными очистными сооружениями (рис.5.2.) изменяется тогда, когда в сточных водах отдельных цехов содержатся специфические загрязнения, для очистки от которых целесообразно устройство отдельных очистных установок.

Раздельная система с локальными очистными сооружениями (РОС)
 ОСББ – очистные спускающие бактериальные юд.,
 ОСПВ – очистные сооружения производственных вод.

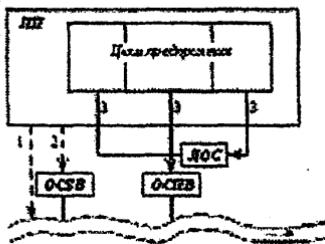


Рис. 5.2 Радельная система водоотведения с локальными очистными сооружениями

2. С частичным оборотом производственных сточных вод (рис. 5.3).

Целесообразно применять при возможности повторного использования некоторых производственных сточных вод с частичной очисткой или для водоснабжения других цехов.

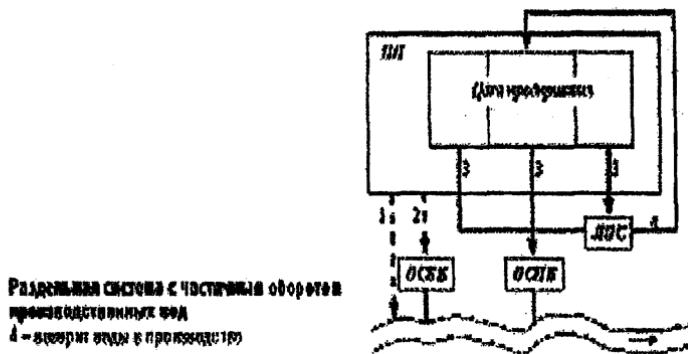


Рис. 5.3. Раздельная система водоотведения с частичным оборотом производственных вод

3. С полным оборотом производственных и бытовых вод (рис. 5.4).

Применяют при нехватке воды для целей водоснабжения.

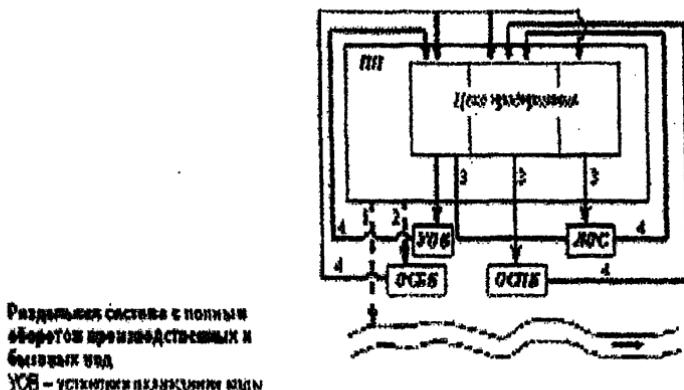


Рис. 5.4. Раздельная система водоотведения с полным оборотом производственных и бытовых вод [17]

Раздельная система водоотведения бывает полной и неполной. Полная раздельная система водоотведения имеет две закрытые водоотводящие сети, одна – для отведения бытовых и производственных стоков, вторая – для отвода дождевых сточных вод.

Неполная раздельная система отличается от полной тем, что дождевые стоки отводятся открытой сетью, то есть уличными лотками, кюветами и канавами. Дождевые сточные воды могут отводиться в водоем как без очистки, так и с очисткой.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети – производственно-бытовую и дождовую. В местах пересечения этих сетей устраивают разделительные камеры, назначение которых состоит в том, чтобы сбрасывать в водоем во время сильных дождей избыточную часть стока. Таким образом, в производственно-бытовую сеть через разделительные камеры поступает только наиболее загрязненная часть ливневых сточных вод.

Кроме этих основных систем, в некоторых городах может быть еще одна.

Комбинированная система водоотведения – это такая система, при которой населенный пункт в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой – полной раздельной. Такие системы складываются исторически в развивающихся городах.

Сравнительная технико-экономическая и экологическая оценка систем водоотведения

Общесплавная система

Достоинства:

- Меньшая протяженность трубопроводов по сравнению с остальными системами;
- Сброс неочищенных стоков может быть отрегулирован с учетом самоочищающей способности водоема;
- Уменьшение количества сооружений на сети;

- Значительно меньше стоимость эксплуатации по сравнению с полной раздельной системой.

Недостатки:

- Больше диаметры труб, и, как следствие, увеличение капитальных вложений на строительство сети;

- Высокая стоимость насосных станций и очистных сооружений;

- Сброс в водоемы во время ливней смеси бытовых, дождевых и производственных стоков;

Основные условия применимости:

- при расходах в водном потоке не менее $5 \text{ м}^3/\text{s}$;

- при малом количестве районных насосных станций;

- при высокой плотности населения;

- при дождях малой интенсивности;

Полная раздельная система

Достоинства:

- Меньшие капитальные вложения по сравнению с общеславной системой;

- Меньшая стоимость насосных станций и очистных сооружений по сравнению с общеславной системой;

- Невозможность поступления производственно-бытовых стоков в водоем.

Недостатки:

- Большая протяженность сети;

- Повышенные эксплуатационные затраты;

- Сброс всех дождевых стоков в водоем.

Основные условия применимости:

- при допустимости сброса всех дождевых стоков в водоем;

- при большом количестве районных насосных станций;

- при дождях высокой интенсивности.

Полураздельная система

Достоинства:

- Отсутствие сброса производственно-бытовых и сильно загрязненных дождевых сточных вод в водоем;
- Очистка наиболее загрязненной части дождевого стока.

Недостатки:

- Самая высокая стоимость строительства

Основные условия применимости:

- при малых или непроточных водоемах;
- для районов акваторий, использующихся для отдыха населения;
- при повышенных требованиях к защите водоемов.

Особенностью водоотведения для предприятий является то, что на отдельных из них могут образовываться до 5-10 различных видов стоков, отличающихся по расходу, составу и свойствам загрязнений.

При выборе системы водоотведения необходимо учитывать следующие возможности:

- совместной и раздельной очистки отдельных видов стоков;
- извлечения и повторного использования ценных веществ в стоках;
- повторного использования производственных сточных вод в системе оборотного водоснабжения;
- использования очищенных бытовых и дождевых сточных вод;
- использования производственных вод для орошения сельскохозяйственных культур.

Кроме того, необходимо учитывать мощность водоприемника, качество воды в нем, вид водопользования и его самоочищающую способность.

Расход воды и количество сточных вод. Среднегодовой расход сточной воды рассчитывается по формуле $Q_{cp} = N q_{yd}$, (5.5)

где Q_{cp} - среднегодовой расход сточных вод;

N – объем производства;

q_{yd} – среднегодовая укрупненная норма расхода воды или количества сточных вод на единицу продукции или сырья.

Значение $Q_{ср}$ представляет собой количество воды, используемой в единицу времени для различных целей, включая безвозвратное потребление воды и ее потери. Причем безвозвратное водопотребление учитывает расход воды, потребляемой продукцией.

Для получения максимальных (как правило в летний период) и минимальных (в зимний период) расходов воды и количества сточных вод учитываются коэффициенты - $k_{лет}$ и $k_{зим}$

$$Q_{\max} = M_{ср} k_{лет} \quad Q_{\min} = Q_{ср} k_{зим} \quad (5.6)$$

где Q_{\min} - среднегодовая укрупненная норма, соответствующая расходам в весенний и осенний периоды

Раздельная система водоотведения с полным оборотом всех категорий сточных вод называется бессточной системой водопользования, или замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия. В зависимости от конкретных условий на предприятиях возможно создание нескольких систем очистки с вариантами объединения различных видов сточных вод.

При очистке и использовании дождевых вод необходимо их усреднять по расходу. Поверхностный сток и бытовые сточные воды в ближайшие годы могут удовлетворить более 50% потребности промышленности в воде. При оценке систем водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать следующие коэффициенты использования воды:

- обратной: $K_{об} = q_{об}/(q_{об} + q_{св})$; (5.7.)

- свежей: $K_{св} = (q_{св} - q_{об})/q_{св}$, (5.8.),

Где $q_{об}$ и $q_{св}$ - расход соответственно обратной и свежей воды, забираемой из источника,

$q_{об} + q_{св}$ - общее количество расходуемой воды,

$q_{об}$ - расход сточных вод, сбрасываемых в водоем.

Коэффициент использования обратной воды, например, на предприятиях черной и цветной металлургии составляет 0,8.

5.2. Вопросы теории процессов загрязнения и самоочищения рек и водоемов. Моделирование качества воды в водном объекте

При проектировании сбросов сточных вод в реки, озёра и водохранилища применяются разработанные методы расчёта разбавления сточных вод в водотоках и водоёмах [12], основанные на уравнениях баланса загрязняющих веществ и турбулентной диффузии. Расчёты разбавления позволяют наиболее обосновано сделать выбор места сброса сточных вод и выявить требования к их очистке.

Конечный эффект перемешивания консервативных загрязняющих веществ при длительном их поступлении в поток, может быть оценён при использовании уравнения баланса вещества в потоке. Аналогичное уравнение может быть составлено и для концентрации загрязняющего ингредиента в превышении над фоном, т.е. для так называемой приведённой концентрации ($S_{\text{прив.}}$)

$$S_{\text{прив.}} = S - Se, \quad (5.9)$$

где: S - действительная концентрация загрязняющего вещества в какой-либо точке или в сечении потока;

Se - фоновое загрязнение.

Уравнение баланса консервативного вещества в потоке, имеющем фоновую концентрацию Se для приведённых величин, записывается в виде

$$S_{\text{ct}}Q_{\text{CT}}=(Q_e+Q_{\text{ст}})\times S_n, \quad (5.10)$$

где концентрации S_{ct} и S_n являются приведёнными.

При решении различных вопросов, связанных с загрязнением водотоков и водоёмов, существенной является задача о нахождении расстояния от створа выпуска сточных вод до створа достаточного перемешивания или створа с любой заданной степенью разбавления. Для решения этих задач выполняется расчет турбулентной диффузии, имеющей вид:

$$\frac{ds}{dt} = D \left(\frac{d^2 s}{dx^2} + \frac{d^2 s}{dy^2} + \frac{d^2 s}{dz^2} \right) - I \frac{ds}{dy}, \quad (5.11)$$

где:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{ds}{dt} + Vx \frac{ds}{dx} + Vy \frac{ds}{dy} + Vz \frac{ds}{dz}, \quad (5.12)$$

Здесь: S - концентрация загрязняющего вещества в воде, $\text{г}/\text{м}^3$, $\text{мг}/\text{л}$ или в других единицах;

t - время, с;

I - величина, выражающая гидравлическую крупность взвешенных частиц, $\text{м}/\text{с}$;

Vx, Vy, Vz - компоненты скорости течения ($\text{м}/\text{с}$) относительно координат x, y, z (м). Ось x направлена по течению потока, ось y - от поверхности ко дну, ось z - по ширине потока;

D - коэффициент турбулентной диффузии ($\text{мг}/\text{с}$)

$$D = \frac{A}{p}, \quad (5.13)$$

где:

A - коэффициент турбулентного обмена, $\text{кг} (\text{м}\cdot\text{с})$;

p - плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В зависимости от характера потока и особенностей решаемой задачи уравнение турбулентной диффузии записывается с упрощениями, например, для условий установившегося процесса диффузии растворённых веществ в потоках уравнение с достаточным приближением может быть представлено в виде:

$$Vx \frac{ds}{dx} + Vz \frac{ds}{dz} = D \left(\frac{d^2 s}{dy^2} + \frac{d^2 s}{dz^2} \right), \quad (5.14)$$

Уравнение диффузии может быть записано и для случая плоской задачи, т.е. распространения загрязнённых вод в одной какой-либо плоскости, например горизонтальной. Эта задача возникает, в частности, в том случае, если по вертикали перемешивание в потоке осуществляется очень быстро, поперечные течения отсутствуют и наблюдаются за распространением загрязняющего вещества по ширине потока. Для указанного случая уравнение записывается так:

$$Vx \frac{ds}{dx} = D \frac{d^2 s}{dz^2} \quad (5.15)$$

При расчёте турбулентной диффузии в водоёмах, характеризующихся весьма слабыми и неустойчивыми по направлению течениями, применяется метод, основанный на уравнении турбулентной диффузии в цилиндрических координатах. При его составлении принимается, что источник загрязнения с расходом Q_{cr} находится в центре координат. Уравнение имеет следующий вид:

$$\frac{ds}{dt} = \left(D - \frac{Q_{cr}}{\phi H} \right) \frac{l}{r} \times \frac{ds}{dr} + D \frac{d^2 s}{dr^2}, \quad (5.16)$$

где:

r - координата (радиус), выражаящая расстояние от источника загрязнения, м;

t - время, с;

ϕ - угол сектора, в который поступают загрязнённые воды, расход которых Q_{cr} ;

H - глубина водоёма на участке поступления сточных вод, м.

Осаждение взвешенных веществ и вторичное загрязнение

Зависимость, позволяющая вычислить осаждение взвешенных частиц, и вторичное загрязнение водных масс за счёт взмыва с поверхности дна осевших загрязняющих веществ приведена в [12]. Она выделена при

использовании уравнения турбулентной диффузии, выражения транспортирующей способности потока, а также уравнения баланса взвешенных частиц:

$$PЗ_{\text{нач}} + PЗ_{\text{бп}} + PЗ_{\text{верт}} - PЗ_{\text{кон}} = 0, \quad (5.17)$$

где $PЗ_{\text{нач}}$ и $PЗ_{\text{кон}}$ - соответственно секундные расходы взвешенных веществ (наносов) в начальном и конечном створах контрольного участка потока;

$PЗ_{\text{бп}}$ - суммарный расход наносов всех боковых притоков (сточных вод, ручьёв и рек на контрольном участке);

$PЗ_{\text{верт}}$ - результирующее секундное количество наносов, отлагающихся в пределах участка или поступающих в поток от размыва русла и поймы.

Величина $PЗ$ является результирующим вертикальных расходов наносов, определяющим деформацию русла, т.е. может быть представлена как алгебраическая сумма частных размывов $Pиразм$ и отложений $Pиотл$, в виде

$$PЗ_{\text{верт}} = \sum Pиразм + \sum Pиотл \quad (5.18)$$

Распределение мутности по длине потока на основе уравнения баланса взвешенных веществ записываем так:

$$Qds + qsBdx = 0, \quad (5.19)$$

где:

Q и B - соответственно расход воды и ширина реки, принимаемые в пределах рассматриваемого участка;

ds - изменение по длине потока средней по сечению мутности, отвечающей содержанию взвешенных частиц на участке протяжённостью dx ;

q_s - средний на участке вертикальный расход взвешенных веществ, переносимых через единицу поверхности русла (единичный вертикальный расход), вычисляемый по формуле:

$$q_s = (U_i + K_{oi}) S_i - K_{oi} \times S_{vzm} (5.20)$$

где:

U_i - средняя гидравлическая крупность загрязняющих взвешенных частиц;

S_{vzm} - частная мутность взмыва, образуемая загрязняющими взвешенными частицами.

Она вычисляется так:

$$S_{vzm} = \frac{L_{vzm}}{100} S_{vz}, (5.21)$$

где:

L_{vzm} - процентное содержание загрязняющих взвешенных частиц в составе донных отложений;

S_{vz} - общая мутность взмыва (γ , м 3), описываемая уравнением

$$S_{vz} = b N F_r, (5.22)$$

где:

$$F_r = \frac{V^2}{Y f} \text{ - число Фруда для потока;}$$

N - безразмерный параметр, зависящий от коэффициента Шези (С).

B выражение числа Фруда входят средние значения скорости и глубины речного потока (V и H), а также ускорение свободного падения Y ;

b - коэффициент, численное значение которого назначается в зависимости от коэффициента Шези С. Для равнинных рек коэффициент Шези которых заключён в пределах 20-80,

коэффициент $b=650$, для горных, где $10 \leq C \leq 20$ $b=450$

На основе уравнения баланса (5.11) и при учёте выражения (5.12) выводится уравнение распределения концентрации взвешенных загрязняющих частиц по длине потока:

$$Si = Smp_i + (Snaci - Smp_i)l - \frac{B(U_i - Koi)x}{Q}, \quad (5.23)$$

где:

Snaci - мутность при $x = 0$;

Si - мутность в сечении x ;

Smp_i - мутность, отвечающая транспортирующей величине потока.

$$Smp_i = \Gamma_i \cdot S_{vzm_i}, \quad (5.24)$$

где:

Γ_i - гидромеханический параметр, взвешенных загрязняющих частиц, определяющий условие их транспорта в толще турбулентного потока.

Значение Γ_i находится по специальной таблице в зависимости от коэффициента Шези С и от отношения гидравлической крупности

загрязняющих частиц U_i к средней скорости потока U_{cp} , т.е. от

$$\Gamma_i = \frac{U_i}{V_{cp}}, \quad (5.25)$$

U_{cp} при $Snaci > Smp_i$ уравнение (5.26) даёт уменьшение концентрации взвешенных частиц по длине потока (засыпание), при $Snaci < Smp_i$ увеличение концентрации (размыв). Указанное уравнение является основой при расчётах осаждения и вторичного загрязнения в речных потоках и на участках водоёмов с транзитным течением.

Учёт распада вещества при оценке процессов загрязнения и самоочищения

Важную роль в процессе снижения концентрации загрязняющих веществ в реках, озёрах и водохранилищах играет не только разбавление, но также биохимические и физико-химические процессы, среди последних

наиболее существенное значение имеют окислительно-восстановительные превращения органических и неорганических соединений, реакции полимеризации и конденсации. Роль отдельных факторов в самоочищении водных объектов зависит от конкретных условий того или иного загрязнённого водоёма или водотока: химического состава сбрасываемых веществ, биомассы, микроорганизмов, кислородного режима, степени турбулентности, температурного режима, гидрохимического фона, морфометрических свойств и т.д.

Физико-химические процессы, протекающие в водоёмах и водотоках, могут быть количественно описаны с помощью уравнений и зависимостей, применяемых в физической химии разбавленных водных растворов, на основании расчёта показателя относительной эффективности гидрохимического процесса самоочищения.

Если взять всю зону загрязнения от пункта сброса сточных вод до конца, т.е. до изолинии $S = ПДК$ (предельно допустимая концентрация), то общее снижение концентрации за счёт физико-химических процессов определится разностью (ΔS)

$$\Delta S = Scm - ПДК \quad (5.27)$$

Среднюю концентрацию в зоне загрязнения оценивают полусуммой Scm и $ПДК$. Снижение концентрации Ss рассчитана таким образом:

$$\delta s = \frac{Ku}{2} (Scm + ПДК), \quad (5.28)$$

где: t_{np} - время прохождения массами зоны загрязнения (иначе эту величину можно назвать временем пребывания водных масс в зоне загрязнения):

$$t_{np} = \frac{L_{загр}}{V_{ср.загр}}, \quad (5.29)$$

где

$V_{ср.загр}$ - средняя скорость течения в зоне загрязнения;

Lзагр - Длина зоны загрязнения.

Показателем относительной эффективности называют величину;

$$\varepsilon = \frac{ds}{\Delta S}, \quad (5.30)$$

которая вычисляется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{Ku(S_{cm} + ПДК)L_{загр}}{2(S_{cm} + ПДК)U_{ср.загр}}, \quad (5.31)$$

Однако следует отметить, что показатель может быть оценён лишь в тех случаях, когда имеются данные непосредственных гидрохимических измерений в зоне загрязнения.

Значительно более сложным является анализ процессов трансформации и распада нестойких органических веществ, претерпевающих сложные превращения с образованием промежуточных и новых конечных продуктов. В последнее время наиболее распространены два подхода к количественной оценке процессов самоочищения.

Первый подход заключается в суммарном учёте скоростей превращения (коэффициентов неконсервативности) веществ, определяемых на пунктах наблюдения за изменением содержания загрязняющих веществ. Его применение основано на том соображении, что в условиях водных объектов трудно определить, когда кончается биохимический процесс распада (трансформации) и начинаются физико-химические процессы, поскольку эти процессы тесно взаимосвязаны и часто протекают одновременно. Недостатком такого способа оценки самоочищающей способности является невозможность выяснения механизма превращений загрязняющих веществ и роль отдельных факторов.

Второй подход предусматривает дифференциальный количественный учёт отдельных процессов путём изучения кинетики превращений загрязняющих веществ в условиях лабораторного моделирования. Однако

перенос получаемых при этом количественных характеристик непосредственно на водные объекты во многих случаях затруднён, так как в природных условиях на скорость распада вещества оказывает влияние другие параллельно протекающие процессы самоочищения, например при разбавлении.

Совмещением данных замеров и лабораторных экспериментов получены сведения о механизме и скоростях распада таких групп органических соединений, как фенолы, спирты, кетоны, сахара, лигнин и др. Проанализировав наиболее полные сведения о коэффициентах распада загрязняющих веществ В.Т. Каплин (1967) предложил условно разделить органические вещества на биохимически жёсткие соединения (коэффициент меньше 0,05 сут⁻¹), биохимически мягкие (коэффициент выше 0,30 сут⁻¹) и на промежуточную группу (коэффициент больше 0,05, но меньше 0,30).

Преобладающим процессом в самоочищении воды от солей таких тяжёлых металлов, как железо, марганец, алюминий является гидролиз, а от меди, цинка, кобальта, никеля - сорбция и осаждение на гидроокисях металлов и на частицах взвешенных наносов

Суммарное изменение концентрации загрязняющего вещества за счёт протекания n числа процессов самоочищения в водном объекте предлагается описывать дифференциальным уравнением:

$$\frac{dS_{общ}}{dt} = \frac{dS_1}{dt} + \frac{dS_2}{dt} + \dots + \frac{dS_n}{dt} \quad (5.32)$$

а кинетику ведущего для многих органических веществ процесса биохимического распада уравнением первого порядка. Тогда в интегральной форме суммарный процесс самоочищения представляется простым, но с учётом выше изложенного весьма приближённым выражением:

$$St = Sol \cdot \frac{(K_{n1} K_{n2} + \dots + K_{nn})}{(K_{n1} K_{n2} + \dots + K_{nn})} \quad (5.33)$$

где: S_t и S_0 - концентрация вещества соответственно в начальный момент времени и в момент; коэффициенты, обозначенные знаками 1,2,...п, относятся к единичному из учитываемых процессов распада вещества в водном объекте.

Главными составляющими результатов деятельности водохозяйственной системы являются показатели качества вод водных объектов. Под качеством воды в водном объекте, согласно 112, понимается «характеристика состава и свойств воды, определяемая ее пригодностью для конкретных видов водопользования». Система показателей качества воды устанавливается официальными документами - СНИПАМИ, в соответствии с которыми эти показатели нормируются.

Нормированные показатели качества воды определяются концентрацией нормированных веществ в заданном створе водного объекта и разделяются на две группы. В первую группу входят следующие показатели: концентрация взвешенных веществ (мг/л); органических веществ по величине полной биохимической потребности в кислороде, (БПКп, мг О₂/л); растворенного кислорода (РК, мг/л); минеральных солей, хлоридов, сульфатов (мг/л). На эти показатели установлены индивидуальные ограничения — нормы качества вод вида

$$y_g \leq \omega_g, \quad g \in \Sigma_g, \quad y_{pk} \geq \omega_{pk}, \quad (5.34)$$

где y_g - концентрация g-го вида вещества; ω_g - ПДК, определяемая следующими видами водопользования: хозяйственно-питьевым, коммунально-бытовым, рыбохозяйственным. Виды водопользования устанавливаются для водных объектов или их участков. Вторая группа включает показатели, на которые установлены ограничения - ПДК как по каждому веществу (в соответствии с видом водопользования), так и ограничения на сумму отношений концентрации n-го вещества к его ПДК

$$\sum_{t \in \Sigma_n} \frac{1}{\omega_t} y_t \leq 1 \quad (n = 1, 2, 3), \quad (5.35)$$

где n - номер лимитирующего показателя вредности (санитарно-токикологического, общесанитарного, органолептического) для хозяйствственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования [9].

Всего в ПДК установлены более чем для 1000 видов веществ, т.е. на порядок больше, чем в других странах. Вместе с тем общее количество веществ, «генерируемых» в процессе производства, исчисляется десятками тысяч. Согласно законодательству, сброс веществ, для которых не установлены ПДК, запрещен [7]. Наиболее часто контролируются и используются в практических расчетах 20-30 показателей первой и второй группы, в том числе: азотная группа (азот аммонийный, азот нитритов, азот нитратов); специфические органические примеси (нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества - СПАВ, фенолы); ионы тяжелых металлов, в том числе железа, меди, цинка, свинца, хрома и т.д.

Наряду с системой индивидуальных показателей, ориентированных на нормирование концентрации отдельных веществ, предложена система обобщенных показателей качества воды (интегральных критериев качества). Некоторые подходы к решению этой проблемы изложены в исследованиях

Качество воды в водном объекте зависит от количества поступающих веществ, гидравлических параметров (расхода реки, скорости течения), внутриводоемных процессов (смещения, распада, трансформации веществ). Управляемыми факторами в блоках «Производство», «Обработка и утилизация отходов» являются величины сброса веществ и сточных вод, забора воды из водного источника. Эти величины зависят от уровня развития производственных сил, технологии производства, обработки и утилизации отводимых вод. Основными управляемыми факторами в блоке «Водный объект» являются величины приращения расхода реки, зависящего от уровня развития гидротехнических сооружений, а также факторы, непосредственно влияющие на внутриводоемные процессы, например аэрация, рассеивание выпуска сточных вод.

С учетом сказанного выше задача оптимизации программы развития для достижения водоохраных целей заключается в отыскании таких величин текущих управлений $v(t)$ и управлений развитием $u(t)$, чтобы значение вектора выходов $y(t)$, определяющего количество и качество воды в водном объекте, соответствовало заранее заданным целям (ограничениям) со (t) и при этом достигался минимум затрат на реализацию комплекса мероприятий по всех блоках. В противном случае цели достигаются с наилучшим приближением (точностью). В общем случае цели со (f) включают заданные ограничения на выпуск продукции, нормы качества вод, минимальные величины количества вод (минимальные природоохранные расходы). Таким образом, программа развития $x(t)$ должна обеспечивать достижение целей развития производства (заданных величин потребления продукции) и водоохраных целей с минимальными затратами, либо достижение таких целей осуществляется с наилучшим приближением (в смысле критерия точности), если ресурсы на развитие ограничены.

В свою очередь, текущее управление в блоках «Обработка и утилизация отходов», «Водный объект» связано со стабилизацией качества вод путем оперативного управления очисткой, сбросом сточных вод из накопителей, попусками воды из водохранилищ.

Актуальность проблемы охраны окружающей среды, начиная с 70-х годов, определила сравнительно высокие темпы развития исследований по различным направлениям математического моделирования. Обобщение результатов исследований содержится в исследованиях [9].

Считается, что развитие математических моделей качества вод берет свое начало от двухкомпонентной модели Стритера и Фелпса, описывающей процесс распада органических соединений по показателю биологической потребности кислорода (БПК) и показателю потребления кислорода. Предложенная модель допускает аналитическое решение и имеет вид

$$\frac{dy_{БПК}}{dt} = -k_1 y_{БПК}, \quad (5.36)$$

$$\frac{dy_{РК}}{dt} = k_2 (c_{РК} - y_{РК}) - k_1 y_{БПК}, \quad (5.37)$$

где $y_{БПК}$ - концентрация органических соединений по БПК;

$y_{РК}$ - концентрация растворенного кислорода, участвующего в разложении органических веществ;

k_1 - константа скорости биохимического окисления;

k_2 - константа аэрации, зависящая от температуры воды;

$c_{РК}$ - константа насыщения кислорода.

Позже модель была усовершенствована и применена для моделирования качества воды водотоков по показателям БПК и РК, а также использовалась для других неконсервативных веществ, т.е. веществ, подверженных распаду. Дальнейшее развитие математических моделей шло по пути разработки «имитационных» и «теоретических» моделей качества воды. Основные результаты по первому направлению, нашедшие широкое применение для дискретивного моделирования, изложены в работах [9]. Типичным для второго направления является подход, основанный на использовании уравнений турбулентной диффузии вида

$$\frac{dy}{dt} + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial v_i}{\partial r_i} y = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial r_i} \left(N_{ii} \frac{\partial u}{\partial r_i} \right) - q, \quad (5.38)$$

где y - усредненная концентрация вещества;

t - время;

r_i - пространственная координата в трехмерной системе;

v_i - компонента вектора осредненной скорости;

n - компонента уменьшения примеси либо ее приток за счет внутриводоемных процессов;

q - внешний источник примеси;

N - тензор коэффициентов турбулентной диффузии.

Различные модификации (5.13), отличающиеся гипотезами и допущениями относительно процессов гидродинамики, расхода и

трансформации примесей, привели к созданию семейства моделей. Практическое использование моделей такого класса требует решения уравнений в частных производных численными методами. В связи с этим применение этих моделей ограничивалось задачами прямого счета, т.е. задачами дискретного прогноза.

В практике инженерных расчетов выпуска сточных вод часто используются относительно простые вычислительные схемы, в основе которых лежат однокомпонентные или двухкомпонентные модели (для БПК, РК), учитывающие процессы разбавления, распада каждого вещества в отдельности и (или) его смешения. Общий подход к построению таких моделей - разбиение реальной сети на гидравлически однородные участки, ограниченные расчетными створами.

Наличие большого разнообразия веществ в сточных водах вызвало практическую необходимость учета в модели качества вод не только процессов распада каждого вещества в отдельности, но и процессов их взаимной трансформации [9]. Таким образом, потребовалась узкая модели качества вод с многокомпонентной моделью, описывающей процессы очистки сточных вод и выноса примесей в водный объект. Это привело к созданию нового класса моделей качества вод и оптимизации водоохраных мероприятий. Нами была предложена удобная в вычислительном отношении матричная структура многокомпонентных моделей в виде

$$y_{k+1} = A^{uk} y_k + A^{vk} q^k + b_k \quad (5.39)$$

где $k, k+1$ - номера нижележащего и вышележащего по течению водотока расчетных створов;

A^{kk} - матрица заданных коэффициентов распада (диагональные члены) и взаимной трансформации веществ (в недиагональные члены);

y_k - вектор концентрации веществ в предыдущем и последующем по течению створах;

A^k - диагональная матрица заданных величин;

q^{l+1} - вектор количества веществ, поступающих в единицу времени, управляемая величина; зависящая от количества отходов (состава сточных вод), эффективности обработки (очистки) и утилизации в блоке «Обработка и утилизация отходов»;

B_k - вектор заданных величин (неуправляемых).

В дальнейшем была получена аналитическая форма решения уравнений продольной дисперсии - частного случая модели вида (5.15) для расчета коэффициентов матрицы $A^{l,k}$. Аналитические зависимости коэффициентов матрицы a_{ij} для кислородно-азотной группы как функции от гидрологических параметров водотока и температуры воды, приведенные в [93], использованы нами для синтеза моделей оптимизации, алгоритмов и пакетов прикладных программ расчета водоохраных мероприятий. Оказалось возможным также построить аналогичные линейные многокомпонентные модели и для водоемов. Таким образом, появилась возможность практически использовать многокомпонентные модели оптимизации для системы водоток - водоем, т.е. для речных бассейнов, включающих водохранилища.

Наличие большого разнообразия веществ в сточных водах вызвало практическую необходимость учета в модели качества вод не только процессов распада каждого вещества в отдельности, но и процессов их взаимной трансформации. Таким образом, потребовалась увязка модели качества вод с многокомпонентной моделью, описывающей процессы очистки сточных вод и выноса примесей в водный объект. Это привело к созданию нового класса моделей качества вод и оптимизации водоохраных мероприятий. Весьма удобная в вычислительном отношении матричная структура многокомпонентных моделей вида

$$y_{k+x} = A^{lk} y_k + A^{qk} q^k + B_k \quad (5.40)$$

где $k, k+1$ - номера нижележащего и вышележащего по течению водотока расчетных створов; $A^{l,l+1}$ - матрица заданных коэффициентов распада (диагональные члены) и взаимной трансформации веществ (внедиагональные члены); y_k y_{k+i} - вектор концентрации веществ в предыдущем и

последующем по течению створах; A^l - диагональная матрица заданных величин; q^{l+1} - вектор количества веществ, поступающих в единицу времени, управляемая величина, зависящая от количества отходов (состава сточных вод), эффективности обработки (очистки) и утилизации в блоке «Обработка и утилизация отходов»; B_k - вектор заданных величин (неуправляемых).

В дальнейшем была получена аналитическая форма решения уравнений продольной дисперсии - частного случая модели вида (5.16) для расчета коэффициентов матрицы $A^{l,k}$. Аналитические зависимости коэффициентов матрицы - a_{ij} для кислородно-азотной группы как функции от гидрологических параметров водотока и температуры воды, использованы для синтеза моделей оптимизации, алгоритмов и пакетов прикладных программ расчета водоохранных мероприятий. Оказалось возможным также построить аналогичные линейные многокомпонентные модели и для водоемов. Таким образом, появилась возможность практически использовать многокомпонентные модели оптимизации для системы водоток - водоем, т.е. для речных бассейнов, включающих водохранилища.

Важнейшей величиной, необходимой для расчета качества вод в водотоке, является расход воды, определяющий величину разбавляющей способности водного объекта, скорость переноса вещества и другие параметры. Существуют различные подходы к расчету показателя расхода, однако при проектировании водоохранных сооружений и расчете допустимых величин сброса примесей в водный объект в качестве расчетного расхода реки предписывается принимать постоянный минимальный среднемесячный расход года 95 %-й обеспеченности для незарегулированных водных объектов (т. е. расхода, вероятность уменьшения которого равна 0,05) или расход, соответствующий гарантированному попуску из водохранилища. Такие расчетные расходы устанавливаются в контрольных створах водного объекта, где должно быть обеспечено нормативное качество воды. Величины расчетных попусков определяются в общем случае балансовыми соотношениями вида

$$q^{l+1} = q^l + q_{\text{зап}}^{l+1} - q_{\text{от}}^{l+1} + B_k + \Delta q^{l+1}. \quad (5.41)$$

- где, y_0^k, y_1^{k+1} - расход воды в k -м и $(k + 1)$ -м створах; Δy_0^k - количество сброшенной и забранной для нужд народного хозяйства воды на участке; γ_0^k - суммарная естественная прочность; Δy_0^{k+1} - управляемое приращение расхода.

Таким образом, расчет величин расхода воды тесно связан с уровнем интенсивности производительных сил, технологий производства, обработки и утилизации отводимых вод (оборотного и повторного использования), с развитием гидротехнических сооружений. Существенной является проблема водообеспечения, представляющая собой относительно самостоятельную проблему управления водными ресурсами. Вместе с тем, тесная взаимосвязь задач управления качеством и количеством вод определила необходимость постановки соответствующих задач и разработки математических моделей.. В пунктах таких постановок необходимо указать на серьезные проблемы численного характера, возникающие из-за нелинейности ограничений в подсистеме «Качество вод» и на необходимость разработки процедур декомпозиции подсистем «Количество вод» и «Качество вод». В этом случае расход в водотоке - заданная постоянная величина, а система (5.16) становится линейной системой с постоянными членами.

Для задач оптимизации водоохраных программ, имеющих долгосрочный характер, могут быть использованы относительно простые одномерные модели формирования качества вод в водотоке и плановые (двухмерные) модели, качества вод водоема, учитывающие процессы разбавления, самоочищения и трансформации веществ при заданных гидравлических параметрах водного объекта.

Существующие подходы к проблеме построения: а) моделей оптимизации водоохраных мероприятий при заданных ограничениях на состав сточных вод; б) оптимизация водоохраных мероприятий для бассейна реки в целом, при ограниченных на качество поверхностных вод в

заданных контрольных створах на гидрографической сети бассейна. Первое направление не требует привлечения модели водного объекта, тогда - как для второго характерно включение ее в состав общей модели.

Для первого направления типична задача выбора оптимальной - технологической схемы очистки или уровня очистки сточных вод отдельного или нескольких очистных сооружений при ограничениях на состав сбрасываемых вод по концентрации или массовому расходу примесей (предельно допустимому сбросу); критерий оптимальности - минимум капитальных или приведенных затрат. Модель оптимизации [9] , характерная для этого направления, часто формулируется в терминах задач целочисленного программирования вида

(5.42)

$$\left\{ \begin{array}{l} J(\delta) = \sum_{m \in N} (c_{ms} v_m) \delta_{ms} \rightarrow \min, \\ \sum_{m \in S_\xi} (g_{\xi ms} v_m) \delta_{ms} = q_\xi^{(2)} \leq w_\xi^{(2)}, \quad \sum_{m \in S_\xi} \delta_{ms} = 1, \quad \xi \in \Xi, \quad m \in N. \end{array} \right. \quad (5.43)$$

где $m \in N$ - номер очистного сооружения; - номер технологической схемы;

$\xi \in \Xi$ - номер нормируемых примесей;

δ_{ms} - 0,1 - целочисленная переменная;

$v_m = \delta_{ms}^{(2)}$ - заданный объем сточных вод;

c_{ms} - коэффициент, определяющий концентрацию ξ -й примеси после очистки по s -й технологической схеме на m -м сооружении;

$q_\xi^{(2)}$ - суммарный массовый расход;

- предельно допустимый сброс;

$w_\xi^{(2)}$ - коэффициент затрат.

Близкой по структуре модели, но более общей по постановке является задача оптимизации технологической схемы очистки или уровня очистки отдельных (локальных) очистных сооружений в комбинации с оптимизацией схемы очистки общих (городских, региональных) очистных сооружений и схемы передачи (транспортировки) сточных вод на эти сооружения. В данном

случае в критерий оптимальности включались затраты на очистку и транспортировку сточных вод, их решение сводилось также к задаче перебора вариантов схем или уровней очистки и схем транспортировки сточных вод.

При решении задач целочисленного программирования для выбора технологических схем очистки упускалась возможность получения «абсолютно лучших» по затратам решений, которые соответствуют комбинации схем очистки при обработке только некоторой, иногда малой части объема сточных вод по высокоэффективным, а следовательно, и дорогостоящим вариантам. Устранить этот недостаток можно путем замены целочисленных переменных в выражениях (5.17) и (5.18) на нецелочисленные, например:

$$\delta_m = x_{ms}, \quad \sum_{s \in S_m} x_{ms} = 1, \quad x_{ms} \geq 0, \quad m \in N, \quad (5.44)$$

где x_m - доля сточных вод, проходящих по s -й схеме очистки, $s \in$

Отметим, что для постановки задач, рассматриваемых выше характерен одношаговый подход. Объем сточных вод, обрабатываемых, по той или иной технологической схеме, отождествляется с производственной мощностью очистных сооружений, т.е. в наших терминах текущее управление u принималось равным состоянию z и управлению развитием и к концу одношагового развития. В этом смысле задача развития была излишне упрощенной, исключающей учет динамики развития.

Постановки задач второго направления - оптимизации водоохранных мероприятий для бассейна в целом при ограничениях на качество вод в водном объекте - включали в различных вариантах модели обработки сточных вод и водного объекта. Общая постановка задач носила, как правило, одношаговый характер и заключалась в рассмотрении бассейна реки или его участка, имеющего K сбросов сточных вод и C^* контрольных створов на гидрографической сети бассейна реки, где заданы ограничения на ПДК нормируемых примесей. Требовалось выбрать такой уровень или схему очистки сточных вод, по каждому из $* \in K$ сбросов, чтобы удовлетворялись

ограничения на ПДК в $\text{^* } \mathfrak{f} / \text{C}^*$ створах. При этом суммарные затраты на очистку (капитальные или приведенные) должны быть минимальными.

Типичными моделями, являются методы оптимизации вида

где $k \in K$ - номер выпуска и очистного сооружения;

$k^* \in K^*$ - номер контрольного створа на гидрографической сети;

q_k - массовый расход примеси (только одного вида);

y^{k*} - концентрация примеси в k^* -м створе;

t_{ofl} - ПДК в k^*-M створе;

a^{k*k} - коэффициент, определяющий зависимость между массовым расходом примеси в k -м и нижележащих створах с номерами;

k^* - коэффициент удельных затрат;

q_k^{\min}, q_k^{\max} - предельные значения выноса примеси, определяемые, в том числе технологическими возможностями очистки.

Дальнейшее усложнение моделей, развиваемых на базе выражений (5.17) - (5.18), связано с учетом нелинейной характеристики затрат на очистку от новой вводимой переменной - степени очистки сточных вод. В этом случае замена переменных в (5.19) - (5.20) осуществлялась следующим образом:

$$q_k = \bar{q}_k (1 - \gamma_k), \quad 0 \leqslant \gamma_k \leqslant 1, \quad (5.45)$$

$$\begin{aligned} f(q) &= \sum_{k \in K} (-c_k q_k) \rightarrow \min. \\ \frac{1}{y_0^{k*}} \sum_{k \in K} a^{k*k} q_k &= y^{k*} \leqslant \omega_k^{(0)}, \quad k^* \in K^*, \\ q_k^{\min} &\leqslant q_k \leqslant q_k^{\max}. \end{aligned}$$

где γ - степень очистки по одному виду примеси;

γ_k - заданный массовый расход примеси до очистки.

$\bar{q} = q^{(1)}$ - линейная функция затрат $f(q)$ преобразуется в нелинейную функцию $-f(\gamma)$, выпуклую в определенном диапазоне изменения γ . В такой постановке задачи применяются при оптимизации степени очистки по показателю ВПК для совокупности очистных сооружений бассейна реки.

Несмотря на значительное количество публикаций, это направление не получило применения на практике из-за отсутствия надежных характеристик степени очистки - эффект, высокой чувствительности к неточности таких характеристик в области высоких степеней очистки и, главное, из-за неудобства использования для нескольких показателей качества вод.

Отсутствие надежных зависимостей степень очистки - затраты обусловило постановку задачи оптимизации с ограничениями вида (5.19) и (5.20) при конкретно известном виде зависимости $f_k(q_k)$.

Здесь предполагаются заданными лишь общие свойства такой функции. Доказано, что если все $f_k(q_k)$ обладают общими свойствами, то могут быть найдены решения, «наилучшие» в смысле суммарного критерия. Сделано предположение, что такие решения могут оказаться близкими к решениям, оптимальным по минимуму затрат, однако практическое подтверждение этого отсутствует и вряд ли может быть получено.

Главным недостатком рассмотренных выше подходов является использование однокомпонентных моделей очистки и моделей качества вод, что существенно ограничивает их практическое применение. Реальные требования для расчета условий выпуска сточных вод и для проектирования очистных сооружений всегда включают определенную совокупность показателей качества вод, о которой упоминалось выше.

От однокомпонентных моделей к многокомпонентным можно перейти путем использования модели вида (2.1. 2.2) в комбинации с системой ограничений вида (5.35). В этом случае исключаются ограничения типа $\pi_s \leq \omega_s^0$ в выражении (5.36), системе (5.37) присваивается индекс номера створа $s \in K$, а системе (5.38) - индекс номера показателя качества вод. В результате может быть сформулирована задача перебора вариантов схем очистки с целью обеспечения нормативного качества воды в створах при минимальных суммарных затратах. Различные варианты такой постановки рассматривались в работе. При этом возникают очевидные трудности вычислительного характера - перебор вариантов необходимо осуществлять уже для всех очистных

сооружений бассейна реки. В результате с учетом выражения (5.19) можно сформулировать многокомпонентную задачу оптимизации схемы обработки сточных вод для бассейна реки.

Наряду с постановками задач, где в качестве управляющего воздействия рассматривался только уровень очистки, определенное развитие получили постановки задач, в которых в качестве дополнительных оптимизируемых переменных рассматривались величины Δy_i - управляемая составляющая расхода реки. Такое управление часто осуществляется за счет регулируемых попусков из водохранилищ, изменения уровня потребления (зaborа воды) и других мероприятий.

В целом ряде рассмотренных выше подходов характерны относительно высокий уровень детализации, соответствующий уровню отдельного выпуска, очистного сооружения, малого участка водотока, и включение в модель в качестве водоохранных мероприятий только процессов обработки сточных вод и (или) процессов управления расходом водотока. При этом количество и состав сточных вод, а, следовательно, и показатели производственного комплекса (объем производства и технология) считались заданными, экзогенными факторами.

Эманации примесей, привели к созданию семейства моделей, обзор которых дан в [23]. Практическое использование моделей такого класса требует решения уравнений в частных производных численными методами. В связи с этим применение этих моделей ограничивалось задачами прямого счета, т. е. задачами дискретивного прогноза.

В практике инженерных расчетов выпуска сточных вод (СНИП) часто используются относительно простые вычислительные схемы, в основе которых лежат однокомпонентные или двухкомпонентные модели (для БПК, РК), учитывающие процессы разбавления, распада каждого вещества в отдельности и (или) его смешения. Общий подход к построению таких моделей - разбиение речной сети на гидравлически однородные участки, ограниченные расчетными створами решается методом плоской задачи.

Глава 6. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В результате интенсивного использования водных ресурсов не только изменяется количество воды, но и происходит изменение составляющих водного баланса, гидрологического режима водных объектов и качества воды. Основными видами хозяйственной деятельности, оказывающими наибольшее влияние на качественные изменения водных ресурсов, являются сбросы отработанных вод в промышленности и на коммунальные нужды, переброска стока, урбанизация, орошение, осушение и т.д.

Воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности, называют сточными. По природе загрязнения они подразделяются на минеральные, органические, бактериологические и биологические.

К минеральным загрязнениям относятся песок, глина, золы и шлаки, растворы солей, кислот, щелочей и эмульсии минеральных масел, а также другие неорганические соединения.

Эти примеси ухудшают физико-химические и органолептические свойства воды, вызывают отравление фауны водоёмов. Менее опасные минеральные загрязнения без специфического токсического действия - взвешенные частицы песка, глины и других пород, но они ухудшают свойства воды и способствуют заилиению водоёмов. Органические загрязнения включают разнообразные вещества растительного и животного происхождения (остатки растений, овощей, плодов, мускульных и животных тканей, клеевых веществ и т.д.). К этой группе относятся также смолы, фенолы, красители, спирты, альдегиды, нафтеновые кислоты, серо- и хлорсодержащие органические соединения, различные пестициды, синтетические поверхностно-активные вещества и многое другое.

Биологические загрязнения (болезнетворные бактерии и вирусы, возбудители инфекций) попадают в водоёмы с бытовыми сточными водами, а также стоками некоторых производств, в том числе животноводства. Все загрязняющие вещества, поступающие в природные воды, вызывают в них различные качественные изменения, которые могут проявляться в следующем виде:

- изменение физических и органолептических свойств воды (нарушение первоначальной прозрачности и окраски, появление неприятных запахов и привкусов и т.п.);
- изменение химического состава воды, в частности появление в ней вредных веществ;
- появление плавающих образований на поверхности воды и отложений на дне;
- появление новых микроорганизмов, в том числе и болезнетворных.

Формы загрязнения природных вод очень разнообразны. К числу наиболее опасных загрязнений можно отнести следующие:

- хлорорганические соединения, резко снижающие способность фитопланктона к фотосинтезу и, следовательно, к производству кислорода;
- соединения ртути и кадмия, обладающие сильными токсическими свойствами;
- нефть и нефтепродукты, наносящие огромный ущерб биоценозам водной среды и не имеющие экономически приемлемых методов высокоеффективного извлечения;
- соединения хрома, мышьяка, свинца, меди и цинка;
- нерастворимые в воде отходы ряда химических производств, которые легко проникают в биологические системы и накапливаются в трофических цепях;
- радиоактивные отходы, концентрирующиеся в организмах растений, рыб и животных. Мелкие организмы, содержащие эти вещества в небольших

дозах поглощаются более крупными, в которых возникают уже опасные концентрации.

Критерием вредности сточных вод считают характер и степень ограничения водопользования. Разработанные нормативные показатели предельно-допустимых концентраций вредных веществ (ПДК) в воде водных объектов относятся к составу воды в водоёмах, а не к составу сточных вод.

В СНГ ежегодно около половины забираемой воды направляется после использования в водоёмы. В структуре водоотведения 35% падает на все отрасли промышленности, 33% на теплоэнергетику, 18% на сбросы с мелиорируемым территорий, 14% на сбросы коммунально-бытового хозяйства. Согласно Холобурову и др. (1991) из общего количества сточных вод: 69% - условно чистые, 18% - загрязнённые, 13% - нормативно очищенных.

Неочищенные сточные воды нуждаются в многократном разбавлении их чистой водой. В отдельных отраслях промышленности, например, в целлюлозно-бумажной и нефтехимической затраты на очистку достигают 25% всех производственных затрат. С повышением качества очистки до 98% стоимость очистных сооружений увеличивается в несколько раз. В США, в частности, из ежегодных общегосударственных затрат по ликвидации загрязнения природной среды на уровне 40-50 млрд. долларов - 40% направляется на охрану вод.

В условиях разнообразной хозяйственной деятельности в пределы одного водосбора часто сбрасываются сточные воды различных производств. Поэтому при регулировании качества воды необходимо учитывать влияние каждого фактора в отдельности и всех вместе по схеме изменение гидрологического режима - объёма стока - качественные изменения водных ресурсов - непригодность для определения водопользователей.

6.1. Загрязнение природных вод промышленными и коммунально-бытовыми стоками

Особенностью использования воды в промышленности является то, что её подавляющая часть после использования в процессе производства возвращается в реки и озёра в виде сточных вод. Естественно, что качество воды в водном источнике под влиянием промышленных стоков меняется очень существенно.

Количество и состав загрязняющих веществ в промышленных водах зависят от вида производства (табл. 6.1.).

Кроме того, состав сточных вод конкретного производства зависит от исходного сырья, различных добавочных продуктов, технологии и т.д.

Состав сточных вод промышленности многообразен и варьирует в широких пределах даже для одного и того же производства. *Наиболее интенсивно загрязняет поверхностные воды металлургическая, химическая, целлюлозно-бумажная, нефтеперерабатывающая отрасли промышленности.* Основными загрязняющими веществами в их сточных водах являются нефть, фенолы, цветные металлы, сложные химические соединения. В частности список показателей, учитываемых при анализе воды водоемов, загрязнённых сточными водами предприятий чёрной металлургии включает:

1. Прозрачность воды;

2. Запах (его интенсивность в баллах и величина разбавления до порога ощущения), непосредственно или при последующем хлорировании";

3. Окраска (её интенсивность в градусах цветности и величина разбавления до пороговой окраски);

4. Температура, °C;

5. Взвешенные вещества, мг/л при 105°C;

6. Взвешенные вещества, мг/л при прокаливании;

7. Плотный остаток, мг/л;

8. Плотный остаток, мг/л, прокаленный;
9. Окисляемость, мг/л О2;
10. ВПК, мг/л (полная потребность воды в кислороде при 20°C);
11. Растворённый кислород, мг/л;
12. Активная реакция (рН);
13. Солевой аммиак, азот нитратный и нитритный, мг/л;
14. Хлориды, мг/л;
15. Сульфаты, мг/л;
16. Железо, мг/л;
17. Фенолы, мг/л;
18. Роданиды, мг/л;
19. Цианиды, мг/л;
20. Масла, мг/л.

Таблица 6.1. Основные промышленные загрязнители водоемов [19]

Отрасли промышленности	Растворы органических веществ	Твёрдые суспензии	Сульфаты, фосфаты, нитраты	Тяжёлые металлы	Щёлочи, кислоты
Металлургия (цветная и чёрная)		*	*	*	*
Химическая	*	*	*	*	*
Нефтехимическая	*				*
Целлюлозно-бумажная	*	*	*		*
Энергетика (сжигание угля, нефтепродуктов)		*			
Пищевая	*	*	*		*

В результате работы химических предприятий в водоёмы попадает большое количество разнообразных по составу и свойствам органических соединений, в том числе ранее не существующих в природе. Часть этих веществ исключительно активна в биологическом отношении, а также трудно удаляются из стоков. Среди них - детергенты – синтетические плавающие средства, применение которых привело к значительному

увеличению фосфатов в реках и, как следствие к цветению и водоёмов и поглощению кислорода в водной массе.

Чрезвычайно неблагоприятное воздействие на реки и водоёмы оказывают сточные воды рудообогатительных фабрик. Наибольшие проблемы создает присутствие в них чрезвычайно ядовитых тяжелых металлов (свинца, меди, цинка и др.). Их ионы и некоторые соединения растворимы в воде и могут попасть в организм, где, взаимодействуя с рядом ферментов, подавляют их активность. Даже очень малые их количества чреваты крайне тяжёлыми физиологическими и неврологическими последствиями. Наиболее хорошо известны умственная отсталость, вызываемая свинцовым отравлением, а также психические аномалии при сурьмяно-ртутном отравлении. Весьма неблагоприятное воздействие оказывают сточные воды, содержащие значительное количество меди и цинка.

Таблица 6.2. Перечень основных предприятий, сбрасывающих загрязненные сточные воды в природные водные объекты на 10.01.1997 по АРК, млн. м³ [19]

№ п/ п	Наименование объекта	Ведомственная принадлежность	К-во загряз- нённых сточных вод на 01.01.96 г		К-во загрязнённых сточных вод на 01.01.97 г.	
			Без очис- тки	ндо	Без очистки	ндо
1.	Хим завод г. Саки	Минхимпром		2,462		2,777
2.	Балаклавское рудоуправ- ление г. Севастополь	Минчермет	0,540	-	0,534	
3.	Вторчермет г. Севастополь	Минчермет	-	0,010	-	0,0083
4.	РБК г. Бахчисарай	Минбытобслуж		0,0003	не функциониров	
5.	П/т «Кастрополь» г. Ялта	ВЦСПС	-	0,043	-	0,048
6.	Курортная поликлиника г. Саки	ВЦСПС	0,034		ЛИКВИДИРОВ АН ВЫПУСК	
7.	П/т «Изумруд» г. Севастополь	Минуглепро	-	0,005	-	0,037
8	Предприятие «Эра» г. Севастополь	Минсудпром		0,004	-	0,0044
9.	УОС г. Джанкой	Госводхоз		0,0387		0,0378
10.	ТЭЦ г. Севастополь	Минэнерго	-	0,224	-	0,2397
11	С/з «Золотое поле» п. Кировский	Госагропром Украины	-	0,150	-	0,140

12.	Консервный завод п. Нижнегорский	-	0,207	-	0,125
13	А/Ф «Дружба народов» Красногвардейский р-он	-	0,430	-	0,339
14.	Винзавод г. Бахчисарай	0,052	-	0,0353	-
15.	Винзавод им. Симиренко Советский район	-	0,032	-	0,032
16.	Совхоз «Садовод» г. Севастополь	-	0,1043	-	0,0992
17.	Совхоз «Красный Октябрь» г. Севастополь	-	0,143	-	0,1197
18.	Гормолзавод г. Бахчисарай	0,006	-	не функциониров	
19.	ПТГФ «Южная» г. Симферополь	«-«	0,250	-	0,100
20.	С/з «Мичуринец» Джанкойский район	«-«	0,012	-	0,012
21.	ГПЗ им. Фрунзе Сакский р-н	«-«	0,014	-	0,010
22.	С/з «Новопавловский» Красноперекопск	«-«	0,007 5	-	Не работал кон- сервный завод
23.	С/з «Качинский» г. Севастополь	«-«	-	0,0204	-
24.	Консервный завод г. Бахчисарай	«-«	0,117	-	0,044
25.	С/з им. П. Осипенко г. Севастополь	«-«	0,011	-	-
26.	Завод «Продтовары» г. Бахчисарай	«-«	0,006	-	0,011
27.	«Севтроллейбус»	Минжилкомун хоз	-	0,006	-
28.	ПУВКХ, г. Симферополь	«-«	-	60,625	-
29.	ПУВКХ, г. Севастополь	«-«	5,479	39,60	3,142
30.	ПУВКХ, г. Ялта	«-«	1,277	-	0,871
31.	ПУВКХ, Алушта	«-«	0,322	-	0,366
32.	ПУВКХ, Феодосия	«-«	0,895	-	0,973
33.	ПУЖКХ, п. Нижнегорский	«-«	-	0,249	-
34.	ПУЖКХ, п. Кировское	«-«	-	0,387	-
35.	ПУЖКХ, п. Ленино	«-«	-	0,4089	-
36.	ПУВКХ, г. Керчь	«-«	-	0,123	-
37.	В/ч № 87069 г. Севастополь	Минобороны	-	0,0039	-
	ИТОГО:		9,022	105,15	6,2252
			5«9,0	«105,2	8«6,23
					100,348

В результате работы химических предприятий в водоёмы попадает большое количество разнообразных по составу и свойствам органических соединений, в том числе ранее не существующих в природе. Часть их веществ исключительно активна в биологическом отношении, а также трудноудаляемы из стоков. Среди них - детергенты - синтетические моющие средства, применение которых привело к значительному увеличению фосфатов в реках и, как следствие к цветению и водоёмов и истощению кислорода в водной массе.

Чрезвычайно неблагоприятное воздействие на реки и водоёмы оказывают сточные воды рудообогатительных фабрик. Наибольшие проблемы создаёт наличие в них чрезвычайно ядовитых тяжёлых металлов (свинца, меди, цинка и др.). Их ионы и некоторые соединения растворимы в воде и могут попасть в организм, где, взаимодействуя с рядом ферментов, подавляют их активность. Даже очень малые их количества чреваты крайне тяжёлыми физиологическими и неврологическими последствиями. Наиболее хорошо известны умственная отсталость, вызываемая свинцовым отравлением, а также психические аномалии при сурьмяно-ртутном отравлении. Весьма неблагоприятное воздействие оказывают сточные воды, содержащие значительное количество меди и цинка (табл. 6.3.).

Таблица 6.3. Качественный состав сточных вод рудообогатительных фабрик (до очистки) [9]

Показатели	Вольфрамово-молибденовые	Медные
Прозрачность, см	0	0
pH	9- 11	11 - 11,8
Содержание, мг/дм ³ :		
Взвешенные вещества	120 - 16000	2700-280000
Сухой остаток	4400 - 6800	1600 -2647
Сульфаты	93 - 1000	1538 - 1700
Ксантогенаты	0,2 - 0,5	0-2,4
Медь	0,6	0,7
Свинец	0,7 - 1,4	0,5
Цинк	0,4 - 320	8,3
Цианиды	0,4	0
Фтор	3,4-23	

Усугубляют положение и огромное количество токсических и ядовитых веществ, содержащихся в стоках судоремонтных заводов (табл. 6.4.). Большинство их расположены в заливах, озёрах, на берегах крупных рек, где могут получать огромное количество воды, использовать её и сбрасывать, загрязняя отходами.

Таблица 6.4. Средние концентрации стоков судоремонтных предприятий, ПДК стоков и загрязняющих веществ водоемов [19]

Загрязняющее вещество	Средняя концентрация в стоках мг/л	ПДК стоков, направляемых на биологическую очистку	ПДК загрязняющих веществ в водоёме, куда возможен спуск стока, мг/л	
			Хозяйственно-питьевой	Рыбо-хозяйственный
Железо: сернокислое	50 - 80	0,5	0,5	0,5
хлорное		5		
Медь: хлористая		0,5		
сернокислая	0,3	0,2	0,1	0,001 (0,005)
Нефть и нефтепродукты	20-30	50	0,3	0,01 (0,05)
Никель: сернокислый	0,3	1	0,1	0,01
хлористый		0,1		
Поверхностно-активное вещество ОП-10	2-25	40	1,5	0,5
Свинец	0,1	0,8	0,1	0,1(0,01)
Хром	0,07 - 3,0	2,7	0,1	0,001
Цинк	0,6 - 4,0	10	1,0	0,01 (0,05)

Примечание в скобках приведены параметры для морской воды.

Содержание меди и цинка в незагрязнённых водоёмах невелико и определяется физико-географическими условиями формирования химического состава воды, сезонных колебаний температуры и

гидрологического режима реки. Содержание меди в природных водах составляет 1 -10 мкг/л, а цинка 1-30 мкг/л. Увеличение концентрации этих веществ в водах реки или водоёма приводит к замедлению процессов самоочищения воды и угнетению биологической жизни человека. Уже доказано, что медь и цинк не удаляются полностью из водоёма, а меняются лишь формы и скорость их миграции.

Совершенствование технологии очистных сооружений, многократное использование воды в промышленности, несомненно, приводят к сокращению объёма загрязнений. Однако в настоящее время не все сточные воды подвергаются очистке; кроме того, при современном уровне очистки определённая часть загрязнителей остаётся в сбрасываемых водах (табл. 6.5).

Таблица 6.5. Вещества промышленных сточных вод, практически неудаляемы на городских очистных сооружениях [19]

Наименование вещества	Допустимая концентрация в водоёме, мг/л	Лимитирующий показатель вредности
Анозол	0,05	санитарно-токсикологический
Ацетофенол	од	санитарно-токсикологический
Гексахлорбензол	0,05	санитарно-токсикологический
Гексоген	од	санитарно-токсикологический
Тетраэтилсвинец	отсутствует	санитарно-токсикологический
Гексахлоран	отсутствует	органолептический
Дихлорэтан	отсутствует	органолептический
Дизтиловый эфир	0,01	органолептический
Изопран	0,005	органолептический
Каптакс	отсутствует	органолептический
Карбофос	отсутствует	органолептический
Диметилдихлорвинил фосфат	отсутствует	органолептический
Хлорбензол	0,02	санитарно-токсикологический
Нитрохлорбензол	0,05	санитарно-токсикологический
Тетрахлорбезол	0,01	санитарно-токсикологический
Тетрахлорбезол	0,0025	органолептический

Хозяйственно-бытовые сточные воды составляют примерно 20% всего объема стоков, поступающих в поверхностные водоемы. Но для большинства развитых стран мира характерно постоянное нарастание их объемов, обусловленное ростом численности населения, увеличением коммунального водопотребления, улучшением санитарно-гигиенических условий жизни.

Количество загрязняющих веществ в хозяйственно-бытовых стоках относительно стабильно, что позволяет рассчитывать объемы сбрасываемых загрязнителей и прогнозировать качество воды в водоприемнике в зависимости от его водности и гидрологического режима, способностей к самоочищению.

В настоящее время даже на очень крупных реках ниже больших городов наблюдается интенсивное загрязнение, что объясняется особыми свойствами производственных и бытовых сточных вод (табл. 6.6)

Таблица 6.6. Химическая характеристика производственных и бытовых сточных вод [12]

Наименование	Общие производственные сточные воды	Бытовые при норме водоотведения 200 л/чел в сутки
Цвет	темно-коричневый	светло-серый
Запах	барды	без запаха, слабо фекальный
Температура (среднегодовая), С	17-30	10-20
pH	5,3 - 6,2	6,5 - 7,5
Взвешенные вещества, мг/л	550- 1330	325
То же, органические, %	70	77
То же, минеральные, %	30	23
Сухие вещества, мг/л	7700-9500	900
То же, органические, %	70	65
То же, минеральные, %	30	35
БПК ₅ , мг О ₂ /л	1800-3000	150
Кислотность, мг/л	80 -100	-
Летучие кислоты, мг/л	100 - 460	-
Общие РВ, мг/л	350 - 850	-
Фурфурол, мг/л	12-90	нет
Азот общий, Мг/л	110-420	35-40
Фосфор (Р2О5), мг/л	25-50	8-10
Содержание кишечной палочки	нет	0,000001
Яйца гельминтов (штук в 1 л)	нет	100- 130

Неочищенные канализационные стоки – один из главных источников угрозы жизни человека, эвтрофикации водоёмов и опасности «круговорота» отходов и загрязнителей, и причина снижения содержания растворённого в воде кислорода и деградации водных экосистем.

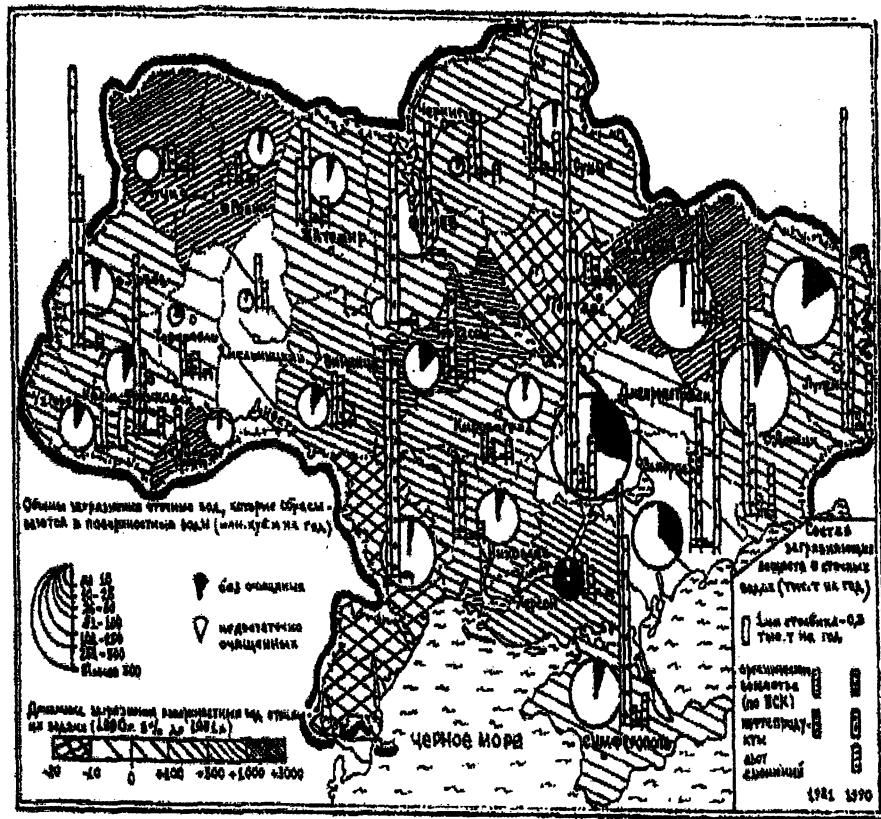


Рис. 6.1. Загрязнение поверхностных вод сточными водами [22]

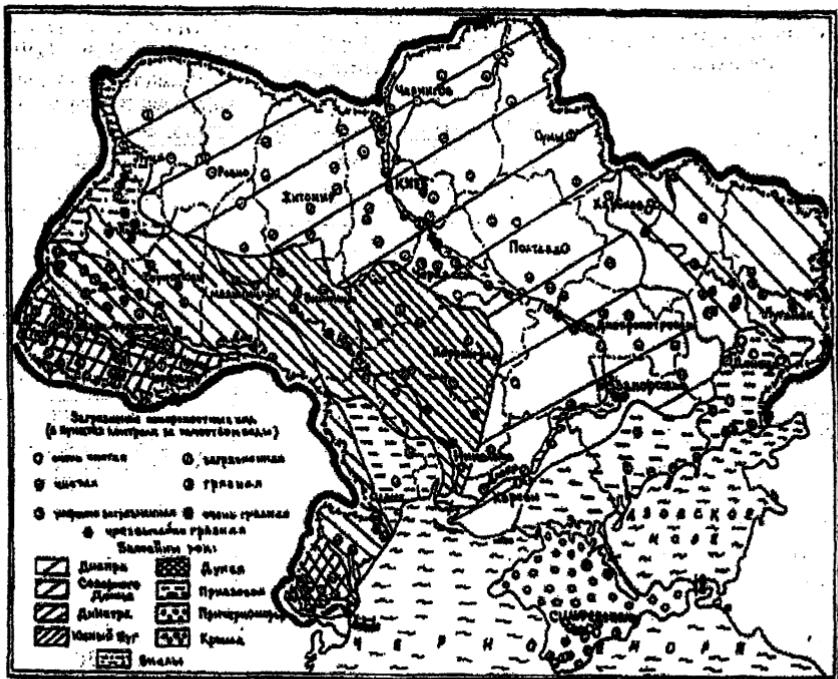


Рис. 6.2. Качество поверхностных вод [22]

Органическое вещество, присутствующее в стоках, поедается редуцентами и детритофатами, которые поглощают кислород в процессе дыхания. Если детритов избыток, эти организмы потребляют растворённый кислород быстрее, чем он пополняет систему и его запасы истощаются. Поэтому концентрацию органики часто выражают биологической потребностью в кислороде (ОПК), т.е. количеством кислорода, которое потребуется редуцентам, чтобы разложить поступившее вещество. Кроме того, истощение запасов растворённого кислорода может увеличить опасность микробного заражения, т.к. многие патогенные организмы гораздо дольше живут в анаэробных условиях. Ниже в табл. 6.7. приводится соотношение загрязнённости органикой промышленных и бытовых стоков.

Таблица 6.7. Степень загрязненности органическими веществами промышленных сточных вод в эквивалентах бытовых стоков [19]

Производство	Суточная продукция или количество перерабатываемого сырья	Эквивалент стоков от населения численностью, чел
Молокозавод	1000 л молока	30-80
Молоко- и сырзавод	1000 л молока	100 - 250
Бойня	1 голова крупного рогатого скота или 2,5 свиньи	70 - 200
Сахарный завод	1 т сахарной свеклы	120 - 400
Пивоваренный завод	1000 л пива	300 - 2000
Спиртовый завод	1 т пшеницы	1500 - 2000
Крахмальный завод	1 т кукурузы или пшеницы	800 - 1000
Кожевенный завод	1 т кожи	1000 - 4000
Шерстомойка	1 т шерсти	2000 - 3000
Льномочильная фабрика	1 т льна	750 - 1150
Предприятие по отбелыванию тканей	1 т изделий	2000 - 3500
Деревообрабатывающий завод	1 т древесной стружки	50-80
Целлюлозная фабрика	1 т целлюлозы	4000-6000
Бумажный комбинат	1 т бумаги	100 - 300
Завод по производству искусственного волокна	1 т синтетического материала	500 - 700
Фабрика-прачечная	1 т грязного белья	7000 - 2300

Таблица 6.8. Зависимость между внешним видом, толщиной нефтяной пленки, площадью нефтяного пятна и количеством нефти [19]

Внешний вид пятна	Толщина пленки нефти, мм	Количество нефти, л/м
Заметно с трудом	3,94. 10 ⁻³	3,87. 10 ⁻³
То же	4,69 . 10 ⁻³	4,63. 10 ⁻³
Серебряный блеск	7,88. 10 ⁻³	7,85. 10 ⁻³
То же	9,3 . 10 ⁻³	9,36. 10 ⁻³
То же	50,0 . 10 ⁻³	50,3 . 10 ⁻³
Яркие полосы	78,8 . 10 ⁻³	78,54. 10 ⁻³
То же	93,3 . 10 ⁻³	93,27. 10 ⁻³
То же	0,16	0,157
Тусклая окраска	0,20	0,199
То же	0,23	0,232
То же	0,39	0,392
Тёмная окраска	0,49	0,49
То же	0,50	0,499
То же	1,5	0,150

Анализ выше приведённой таблицы показывает, что размещение в населённых пунктах "безопасных" производств пищевой и обрабатывающей промышленности при аварийных выбросах может явиться причиной возникновения инфекционных заболеваний населения в силу наличия в их сточных водах огромного количества органического вещества.

Крайне неблагоприятное воздействие на поверхностные и подземные воды оказывают нефть и нефтепродукты, не являющиеся естественными компонентами состава воды рек и водоёмов. Наличие их в воде отражается на развитии икры и мальков рыб, на численности и составе кормовых ресурсов рек. Образование плёнки на поверхности воды снижает самоочищающие способности водоёмов. Биохимическое разложение нефтепродуктов в поверхностных водах протекает очень медленно и зависит от многих факторов: температуры воды, наличия в воде кислорода и биогенных веществ, химического состава сбрасываемых нефтепродуктов, наличия в воде высшей растительности и т.д. Однако даже при благоприятных условиях разложение взвешенной и растворённой в воде нефти происходит не быстрее чем за 100 -150 дней.

Уже незначительное содержание нефти (0,2 - 0,4 мг/л) сопровождается появлением специфического запаха, который не исчезает после хлорирования и фильтрации воды. Содержание нефти в воде выше 0,1 мг/л придаёт мясу рыб неустранимый ни при каких технологических обработках привкус и специфический запах. Непроизводительные затраты на очистку загрязнённой воды от нефти и нефтепродуктов велики вследствие формирования обширных площадей нефтяной плёнки даже при ее минимальных количествах (табл. 6.8).

В соответствии с характером водопользования сброс сточных вод в водоёмы нормируется законодательством. Особенно выделяются три категории участков рек:

- используемые для централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения или граничащие с природными заповедниками;

- используемые для неорганизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения с местами массового нереста промысловых рыб;
- внутри населенных пунктов, используемых для купания, рыбного хозяйства и др.

6.2. Качественные и количественные изменения водных ресурсов под влиянием урбанизации

Процесс концентрации населения и производственных сил в городах называют урбанизацией. При рассмотрении изменений водных ресурсов на урбанизированной территории следует выделить два основных вопроса: под влиянием, каких факторов и как изменяется качество поверхностных вод, и каким образом изменяется водный баланс и водный режим рек.

Изменение качества природных вод на урбанизированной территории обусловлено тем, что в городах формируется огромное количество сточных вод промышленного и хозяйственно-бытового использования, которые поступают в водные объекты, а так же в подземные воды в черте города или вблизи его. Кроме того, большое количество загрязнений поступает в водные источники с поверхностным стоком с городских территорий (поливомоечные воды) и с атмосферными осадками (ливневой сток). Влияние ливневого стока и поливомоечных вод на качество вод водоёмов весьма существенно. Эти воды содержат большое количество минеральных и органических веществ, а общее количество загрязняющих веществ оценивается в 8-15% от суммарного количества вещества всех хозяйствственно-бытовых стоков.

Совместное влияние промышленных, хозяйственно-бытовых, ливневых и моечных вод приводит к сильнейшим изменением состава природных вод на урбанизированных территориях. Наиболее важные из которых:

- увеличение концентрации растворённых органических и биологических веществ;
- резкое снижение содержания растворённого кислорода;
- введение в круговорот воды синтетических поверхностно-активных веществ;
- усиление бактериального загрязнения.

Таблица 6.9. Ориентировочный состав городских сточных вод [3]

Показатель	Содержание, г/м ³		
	До очистки	Механическая очистка	Биологическая очистка
Минеральный состав	800	680	530
Взвешенные вещества	250	120	12
Азот аммонийный	30	30	15
Азот общий	45	35	25
Фосфаты	15	15	12
Хлориды	35	35	34
ПАВ	10	9	4
ПБК полн.	280	150	15
ПБК 5	200	135	10

Количественные изменения водных ресурсов на урбанизированных территориях обусловлены как увеличением потребления воды населением и промышленностью, так и перераспределением поверхностного стока большими участками водонепроницаемых или малопроницаемых площадей (асфальтовые покрытия, селитебные, промышленные и хозяйствственные строения). Естественно, что сток с урбанизированных территорий резко отличается от стока с естественных водоносов. Различаются объёмы годового стока, максимальные и минимальные расходы воды, соотношения между поверхностной и подземной составляющими стока. По самым скромным подсчётам годовой сток с урбанизированных территорий может на 10% и более превышать сток с не урбанизированной местности.

Причиной такого увеличения являются снижение величин инфильтрации и более высокие коэффициенты стока; в случае же прямого сброса вод в реку русловой сток может вообще увеличиться в несколько раз. Но наиболее резко урбанизация сказывается на изменении объёмов и продолжительности паводочных расходов. При этом наибольшая разница, отмечаемая для малых и средних значений, когда расхождения в коэффициентах стока являются максимальными.

Таблица 6.10. Анализ водопотребления и сброса дренажно-сбросных вод [18]

№ п/п	Наименование	Годы		Изменения	
		1995	1996	+	-
1.	Сброшено всего из них: нормативно-очищенных	780,5 135,5	866,1 123,9	85,6 -	- 11,6
a)	в т. ч. биологической очистки	120,1	112,2	-	7,9
	физико-механической очистки	11,0	7,4	-	3,6
	механической очистки	4,4	4,3	-	0,1
б)	нормативно чистых (без очистки) в т. ч. коллекторно-дренажные	474,2 422,6	583,9 547,6	109,7 125,0	
в)	без очистки	9	6,2	-	2,8
г)	недостаточно очищенных	105,2	100,3	-	4,9
д)	прочие приёмники (накопители, рельеф местности)	56,6	51,8	-	4,8

Характер влияния урбанизации на меженный сток зависит от того, какие источники используются для водоснабжения. В тех случаях, когда водоснабжение ведётся из местных источников, наиболее вероятным является уменьшение меженного стока ввиду снижения инфильтрации дождевых и талых вод. Повышение меженного стока может происходить в случае водообеспечения города из источников, расположенных за пределами данного водосборного бассейна, тогда как сброс сточных вод осуществляется в его пределах.

6.3. Влияние мелиоративных мероприятий

Мелиоративные работы, направленные на вовлечение в сельскохозяйственное производство новых земель - как засушливых, так и переувлажненных оказывают существенное воздействие на естественные ресурсы пресных вод мелиорируемых территорий. Под влиянием орошения изменяются в первую очередь приходная часть водного баланса территорий, среднегодовой сток, его сезонное распределение, экстремальные значения стока. Вынос солей с орошаемых массивов приводит к повышению минерализации воды в реках, и изменению его химического состава. Характер и интенсивность изменения этих характеристик подробно рассмотрены ниже - в главе 3.

Влияние осушения оказывается главным образом на изменении водного баланса мелиорируемого региона (меняются условия стока с болот, снижаются уровни грунтовых вод и т.д.) и на изменении гидрологических характеристик заболоченных рек - годового, максимального и минимального стока, его внутригодового распределения. Механизм этих явлений определяется характером изменений аккумулирующей ёмкости водосбора, что хорошо иллюстрирует таблица 6.11.

Для определения снижения максимальных расходов под влиянием осушения А.М. Владимиров и др. (1991) используют зависимость:

$$Q = 1 - 0,16 f_{m}, \quad (6.1)$$

где Q - коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода под влиянием осушительных мелиораций;

f_m - степень мелиорированности бассейна.

Таблица 6. 11. Типы водного питания болот и методы их осушения

Тип водного питания болот	Методы осушения	
	Основной	Дополнительный
Атмосферный	Ускорение поверхностного стока	Повышение водопроницаемости и влагоустойчивости почв
Грунтовый	Понижение уровня грунтовых вод	Перехват потока грунтовых вод
Грунтово-напорный	Понижение уровней напора и уровня грунтовых вод	Понижение уровней напора за пределами объекта
Склоновый	Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока	Уменьшение притока поверхностных вод со стороны
Намывной	Ускорение руслового паводкового стока, защита от (затопления обваливание)	Разгрузка реки системой мероприятий по перераспределению стока

Следует отметить, что снижение максимальных расходов и увеличение стока в межениевые периоды далеко не всегда можно оценить как положительные изменения, вносимые осушительными мелиорациями. С развитием осушительных мелиораций в Украинском Полесье наблюдается парадоксальная ситуация:

- площади переувлажнённых земель постоянно возрастают;
- в почвах активизируются процессы оглеения и заболачивания.

Этому способствует локальное подтопление территории грунтовыми водами;

- в ряде хозяйств многие продуктивные земли трансформированы в менее продуктивные и даже в болота;
- вследствие изменения гидрологических характеристик территорий на месте сработанного торфяного слоя на поверхности появляются подстилающие песчано-супесчаные отложения, развеваемые ветром.

6.3.1. Мелиорация почв в Крыму и ее роль в развитии сельского хозяйства

Водопользование в сельском хозяйстве - это использование вод для удовлетворения нужд сельскохозяйственного производства. Пользование водами для нужд сельского хозяйства осуществляется в порядке, как общего, так и специального водопользования.

При орошении земель сельскохозяйственного назначения водопользователи обязаны осуществлять меры по предотвращению подтопления, заболачивания, засоления и загрязнения этих земель. Качество воды, используемой для орошения земель сельскохозяйственного назначения, должно отвечать установленным нормативам.

Орошение сельскохозяйственных угодий сточными водами может быть разрешено государственными органами охраны окружающей природной среды по согласованию с государственными органами санитарного и ветеринарного надзора.

Орошение сельскохозяйственных угодий и сброс дренажных вод в водные объекты осуществляются на основании разрешения на специальное водопользование, которое выдаётся собственнику орошаемых угодий в установленном Водным Кодексом порядке.

Современная мелиорация представляет собой систему технических, экономических, агрохимических мероприятий, проводимых для коренного улучшения природных условий на мелиорируемых землях.

В отличие от других воздействий на почву, мелиорация является коренным улучшением её свойств: водных, воздушных, тепловых, химических, физико-механических, создающих благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур. Мелиорация почв на Украине и, в особенности в Крыму, является важным фактором в развитии сельскохозяйственного производства.

По способам, используемым для улучшения земельных угодий, мелиоративные мероприятия подразделяются на несколько видов:

- гидротехнические - строительство оросительных, обводнительных или дренажных систем, плотин, водозаборных устройств, каналов и др.;
- агрохимические, включающие специальные приёмы обработки почвы: плантаж, применение правильных севооборотов, сроков и норм полива и др.;
- химические, связанные с внесением в почву органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов, применением различных ядохимикатов;
- лесотехнические, включающие создание полезащитных лесополос и противоэрозийных лесонасаждений, облесение и закрепление песков, горных склонов и берегов рек, а также улучшение видового состава и продуктивности лесных угодий;
- рекультивационные, обеспечивающие восстановление профиля и плодородия территорий, использованных под карьеры, рудники, горные выработки, возвращение их в систему сельского хозяйства или для других народнохозяйственных нужд;
- культуртехнические, предшествующие сельскохозяйственному использованию вновь осваиваемых или рекультивируемых территорий: удаление леса и кустарника, корчёвка пней, удаление камней, планировка выравнивание) поверхности и др.

Иrrигация земель связана с использованием поверхностных или подземных вод, реже промышленных и коммунальных стоков.

- Оросительные мелиорации включают комплекс мероприятий по искусственноому увлажнению почвы.
- Осушительные мелиорации заключаются в удалении из почвы избытка влаги.
- Двойное регулирование влажности обеспечивает и искусственное увлажнение почвы, и удаление из неё избытка влаги.

- Опреснительные мелиорации обеспечивают удаление из почвы избытка солей, вредных для сельскохозяйственных культур.
- Противоэрзационные мелиорации предотвращают потери сельскохозяйственных угодий вследствие водной или ветровой эрозии.

В Крыму развиты все виды водных мелиорации, но для интенсивного развития сельского хозяйства в связи с засушливостью климата важнейшее значение имеют оросительные мелиорации. Построенная оросительная система в корне изменяет условия произрастания сельскохозяйственных культур на орошаемой территории, и её действие продолжается десятилетия, пока все её узлы и сооружения находятся в исправном состоянии.

Крым располагает богатыми земельными ресурсами, но, тем не менее, большая часть этих фондов, расположенных в орошаемой зоне, нуждается в улучшении, повышении их плодородия.

По физико-географическому районированию Крыма (1985) орошаемая зона в основном расположена в Крымской степной провинции.

Почвенный покров зоны орошения преимущественно составляют:

- а) чернозёмы южные карбонатные и солонцеватые, легко и среднеглинистые на продуктах выветривания известняков, лессовидных глинах и дочетвертичных, майкопских глинах (Керченский полуостров);
 - б) тёмно-каштановые солонцеватые и их комплексы с солонцами, легкокоглинистые на карбонатных лессовидных глинах;
 - в) лугово-каштановые солонцеватые и их комплексы с солонцами.
- Почти 50% всех площадей занятых сельскохозяйственными угодьями в Крыму расположено на черноземных почвах. Под пашню в основном отводится южный чернозём на лессовидных отложениях, чернозём карбонатный на элювии и делювии карбонатных пород, а также тёмно-каштановые солонцеватые почвы и их комплексы с солонцами.

Чернозёмные почвы наиболее плодородны, но и они нуждаются в мелиорации, охране, требуют правильной агротехники для сохранения и улучшения их свойств.

Одной из основных причин снижения урожайности и большой её изменчивости по годам являются недостаток влаги. Периодические засухи, суховеи в отдельные годы приводят к значительному недобору сельскохозяйственной продукции. Поэтому для успешного ведения сельскохозяйственного производства необходимо проводить комплекс мелиоративных мероприятий, чтобы сохранить почвенную влагу. Для этого принимают раннюю зяблевую вспашку, бороздование, щелевание, сохранение стерни, кулисы из высокостебельных культур, лесополосы. Весенние полевые работы проводят в минимально короткие сроки для получения ранних всходов и лучшего использования весенних запасов влаги.

Большое значение имеет создание мощного пахотного слоя и сохранение структуры, так как в результате длительной и нерациональной обработки почва распыляется, уплотняется и ухудшает свои свойства.

Но в степных районах чернозёмной зоны Крыма этих мер недостаточно из-за сильного иссушения почв. Поэтому в настоящее время в этой зоне также, активно развивается регулярное орошение.

Орошение превращает естественный непромывной водный режим, в условиях которого веками образовывался чернозём, в промывной, так как неизбежно некоторое просачивание поливной воды в нижние иссущенные горизонты. Это приводит к нежелательным последствиям: ухудшению состава поглощённых оснований, потере части питательных веществ, более быстрому разрушению гумуса. На участках с неупорядоченным орошением может наблюдаться увеличение щелочности почв и содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе, появление осолонцеватости. Поэтому поливы в этой зоне надо проводить очень осторожно, не допуская переувлажнения почв, а также

бесполезного расхода воды. Орошение на чернозёмах необходимо проводить строго дозированно, в нужном количестве и в требуемые сроки.

Пахотные почвы нуждаются в защите от водной и ветровой эрозии.

Сельскохозяйственные земли, подверженные эрозии, занимают огромные площади. На территории бывшего СССР общая площадь сельскохозяйственных земель, подверженных водной эрозии, составляла около 60 млн. га, примерно на такой же площади периодически наблюдалась ветровая эрозия почвы

Большое значение имеет борьба с эрозией почв и на Украине, где эродированные земли составляют около 20 млн. га, а водная и ветровая эрозия наносят огромный ущерб сельскому хозяйству. В результате проявления эрозионных процессов ежегодно теряется более 350 млн. тонн почвы, в которой содержится около 11 млн. тонн гумуса, более полумиллиона тонн азота, 0,4 млн. тонн фосфора и более 7 млн. тонн калия. На смытых и дефлированных землях не получают в среднем за год 28 млн. центнеров сахарной свеклы, миллионы тонн другой сельскохозяйственной продукции.

Крупномасштабное обследование почв Крымского полуострова, произведённое Украинским научно-исследовательским институтом почвоведения им. А.Н. Соколовского и Крымской землеустроительной экспедицией института «Укрземпроект» зафиксировало 494 тыс. га эродированных почв. Из этого количества выделено слабосмытых 139,2 тыс. га, среднесмытых - 244,1, сильносмытых - 105,9 и размытых почв балок и оврагов с выходом на поверхность пород 4,8 тыс. га. В ведомости эродированных, в разрезе генетических групп, почв по Крыму находятся чернозёмы южные - 53,2 тыс. га, чернозёмы солонцеватые глинистые - 26,4 тыс. га, чернозёмы и дерновые карбонатные почвы тяжелосуглинистые на плотных карбонатных породах - 281,8 тыс. га, чернозёмы и дерновые почвы на твёрдых бескарбонатных породах - 14,0 тыс. га, тёмно-каштановые и каштановые легкоглинистые на лессовидных породах - 10,5

тыс. га, бурые лесные легкоглинистые - 25,0 тыс. га, коричневые тяжелосуглинистые и легкоглинистые на карбонатных и бескарбонатных породах - 33,3 тыс. га.

Природные условия Крыма способствуют усиленному развитию эрозионных процессов. В настоящее время под новые орошающие площади отводятся территории с уклоном поверхности более 0,02 - 0,03. При таких уклонах на орошаемых землях, если не предусматриваются конкретные противоэрзационные приёмы, могут возникать и усиленно развиваться процессы ирригационной эрозии почв.

В орошаемых условиях на участках с большими уклонами наиболее опасным является плоскостной смыв почвы, образующийся на фоне высокой интенсивности дождя и его плохого качества при незначительной водопроницаемости почвы. Подсчитано, что в Крыму ежегодно смывается с почвой в море в 10-20 раз большие питательных веществ, чем выносят с урожаем все сельскохозяйственные растения за год.

6.3.2. Орошающее земледелие в Крыму

Крым расположен в зоне недостаточного увлажнения, для которого характерна высокая теплообеспеченность. Поэтому орошение обязательно для эффективного использования этих земель. Орошение, как средство интенсификации сельского хозяйства увеличивает его объёмы и продуктивность с учётом региональных особенностей. Основной эффект от орошающего земледелия в засушливой зоне проявляется в виде резкого уменьшения зависимости хозяйств от климатических факторов и в улучшении почвенных условий, орошающее земледелие меняет направленность сельскохозяйственного производства, возрастают удельные нагрузки на работников, меняются потребности в механизмах. В засушливой зоне при орошении увлажнение увеличивается до таких размеров, которые в природных условиях на данной территории никогда не встречаются. Это приводит к нарушению естественных

биогеохимических циклов, особенно с широким развитием орошения, иногда приводят к резким трудноуправляемым последствиям, как на орошаемых, так и на прилегающих землях.

Для успешного произрастания каждое растение должно получать определённое количество воды, тепла, света и элементов питания. Регулирование количества тепла и света пока практически недоступно современной агротехнике и задача земледелия состоит в регулировании водного и питательного режимов растений путём своевременных поливов и внесения удобрений.

Орошаемое земледелие отличается от других участников водохозяйственного комплекса максимальным безвозвратным водопотреблением, достигающим 75% общего количества воды, используемой для орошения. В Крыму максимальные значения суммарного водопотребления всех культур наблюдаются в сухие годы. В годы с высокими температурами, малым количеством осадков и суховеями величина его максимальная, а в годы с благоприятным термическим режимом и большим количеством осадков - минимальная.

Многолетними исследованиями УНИИОЗ установлены фактические величины суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в южной степи Украины, в том числе озимой пшеницы - 4200-5470 м³/га, озимого ячменя - 3420-4080, кукурузы на зерно - 4200-5930, сои - 4050-5060, люцерны второго года жизни - 7630-8300, кормовой свеклы - 4700-7310, кукурузы на силос - 2380-3700, томатов - 5110-6730 м³/га.

Для правильного регулирования водного режима почвы посредством орошения и создания необходимых условий формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур требуется всесторонний анализ комплекса биологических, природных и организационно-хозяйственных показателей. Одним из главных является разработка прогрессивных норм и способов полива сельскохозяйственных культур.

В степных районах Крыма атмосферных осадков и запасов почвенной влаги недостаточно для оптимального водопотребления растений, поэтому в суммарном водопотреблении значительная доля принадлежит искусственному орошению. То количество воды, которое необходимо подать на орошаемую территорию за весь вегетационный период, называется оросительной нормой. Это суммарный показатель, который включает нормы влагозарядкового, предпосевного, вегетационных, освежительных и других поливов. Оросительная норма соответствует разности между оптимальным водопотреблением возделываемых культур и естественным увлажнением почвы и зависит от природных условий района орошения. Для расчёта сё пользуются формулой:

$$M = E \cdot P_o - AW - K, \quad (6.3)$$

где (единица измерения всех показателей — м³/га);

M - оросительная норма;

E - суммарное водопотребление;

AW - разница между запасами воды в расчетном слое почвы в начале и в конце вегетации;

K - количество воды, потребляемой из грунтовых вод;

P_o - осадки вегетационного периода

Потребление растениями воды в течение вегетации из грунтовых вод обуславливается глубиной их залегания и механическим составом почвы (табл. 6.12).

Таблица 6. 12. Потребление воды растениями из грунтовых вод за вегетацию, м³/га [20]

Почвы	Глубина залегания грунтовых вод, м		
	1-1,5	1,5-2	2-2,5
Лёгкие супесчаные	600-1000	-	-
Лёгкие суглинистые	700-1200	500-1000	-
Средние суглинистые	900-1500	600-1200	-
Тяжёлые суглинистые	1200-2000	800-1500	400-1000
Глинистые	1500 - 2000	1000 - 2000	500-1500

Орошение воздействует на все компоненты ландшафтов. Интегральным показателем трансформаций природных комплексов является уровень грунтовых вод (УГВ). На рис. 6.4. показаны УГВ поливных земель Центрального Крымского Присивашья, а на рис 6.5. важнейшие трансформационные процессы в орошаемых геосистемах.

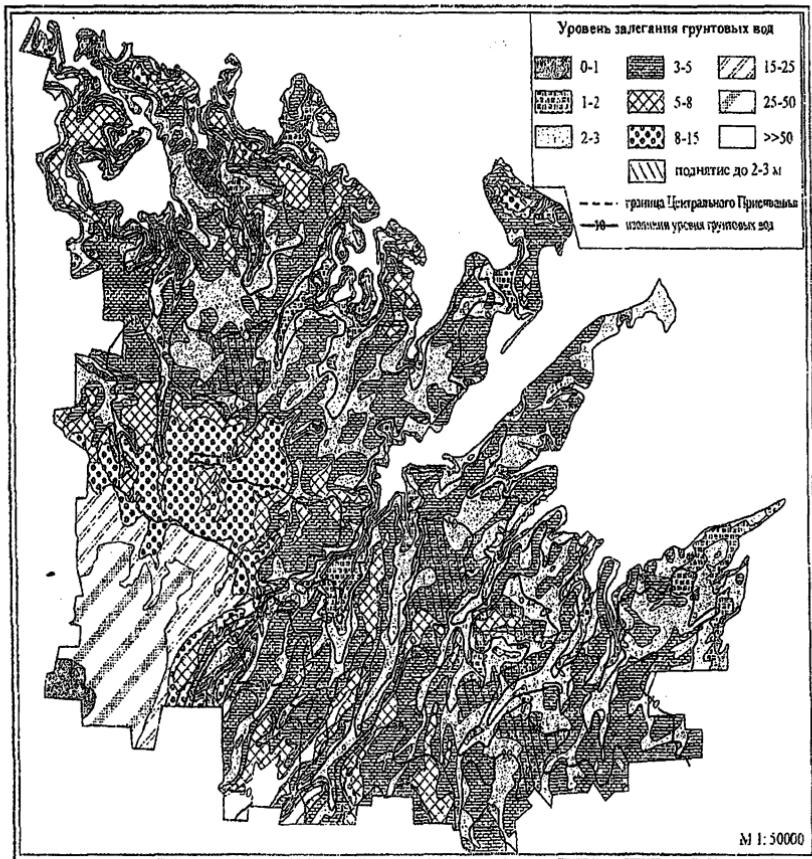


Рис. 6.4. Уровни грунтовых вод УГВ поливных земель центральной части Крымского Присивашья (Гаркуша Л.Я., Соцкова, 2007)

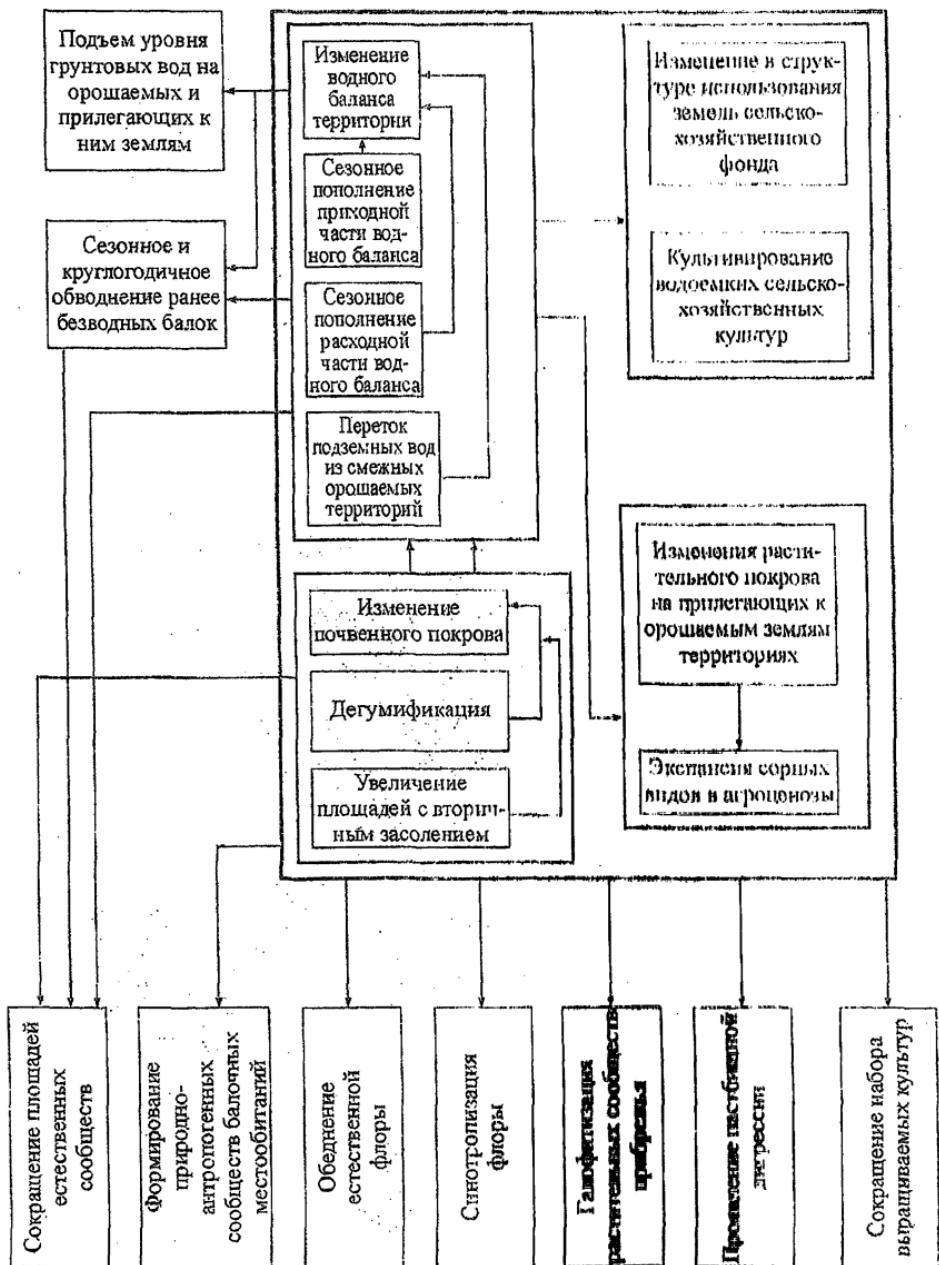


Рис. 6.5. Трансформационные процессы в орошаемых геосистемах
(Гаркуша Л.Я., Соцкова , 2007)

6.3.3. Коллекторно-дренажные воды в Крыму, количество, качество и технологии их использования для орошения сельскохозяйственных культур

До прихода днепровской воды в Крым количество и качество поверхностных вод формировалось под влиянием рельефа, климата, почвенного покрова, литологического состава пород, гидрологических условий и гидрологического режима. Под влиянием этих природных условий образовывались различные генетические категории вод, дренируемых русловой сетью и наполняющих различные водоприёмники (водохранилища, пруды) или впадающих в Чёрное и Азовское моря.

П.П. Воронков различал следующие генетические категории поверхностных вод, определяющих соответствующие фазы их стекания:

- 1) поверхностно-склоновые воды, определяющие фазу стекания атмосферных вод в водотоки и водоёмы по поверхности склонов водосборов;
- 2) почвенно-поверхностные воды, определяющие фазу стекания атмосферных вод по более или менее значительно выраженным дренам, способствующим примешиванию к поверхностно-склоновым водам почвенных вод, дренирующихся из поверхностных почвенных горизонтов;
- 3) почвенно-грунтовые воды, определяющие фазу стекания атмосферных (инфилтратационных) вод в водотоки и водоёмы из толщи почвогрунтов;
- 4) грунтовые воды, определяющие фазу стекания инфильтрационных вод в водотоки и водоёмы из водоносных горизонтов, расположенных в толще грунтов.

Формирование химического состава вод различных генетических категорий на территории Крыма происходит в различных почвенно-грунтовых и климатических условиях горных, предгорных и степных его районов.

До широкого развития орошения в степной части минерализация вод по фазам их стекания характеризовалась такими данными. По многолетним наблюдениям минимальные величины минерализации вод зимне-весенних паводков составляли 163-188 мг/л, а летних паводков 160 мг/л. Почвенно-поверхностные воды в степных районах Крыма в период весенне-

летних паводков по величине минерализации изменялись в пределах 455-200 мг/л. В ионно-солевом составе преобладали ионы SO_4 , Cl и Na .

Почвенно-грунтовые и грунтовые воды территории Крыма весьма значительно отличаются по величинам минерализации и солевому составу. В степном Крыму четвертичные суглинки, а также верхние и среднеплиоценовые отложения содержат сильноминерализованные хлоридные и сульфатно-хлоридные воды. В Присивашской низменности эти воды залегают на небольшой глубине и могут оказывать влияние на гидрохимический режим водоёмов, способствуя их засолению хлоридами и сульфатами. Величины минерализации русловых вод в межень в степной части Крыма достигали 24000-28000 мг/л, а в прудах 20000-37000 мг/л.

После строительства в 1963 году Северо-Крымского канала и начала развития широкого орошения, в степной части Крыма резко изменились условия формирования стока поверхностных вод как в количественном так и в качественном отношении. Орошение обусловило формирование больших объёмов коллекторно-дренажных вод, которые оказывают неблагоприятное влияние на окружающую среду, в том числе и на естественные водоприёмники этих вод, заливы Чёрного и Азовского морей. Одновременно дальнейшее развитие орошения на юге Украины сдерживается по причине острой нехватки пресных оросительных вод.

В сложившейся обстановке, повторное использование коллекторно-дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур по различным технологическим вариантам является одним из главных направлений решения возникших проблем в этом регионе. Лабораторией мелиорации почв Крымского филиала УкрНИИГиМ (Супряга И.К. и др.) были разработаны рекомендации по применению этих вод для орошения сельскохозяйственных культур.

В зависимости от величины минерализации и химического солевого состава коллекторно-дренажных вод, почвенно-климатических условий

и биологических особенностей возделываемой сельскохозяйственной культуры рекомендуются следующие четыре технологических направления использования минерализованных коллекторно-дренажных вод:

- предварительное снижение минерализации вод, без улучшения химического солевого состава;
- предварительное снижение минерализации воды и улучшение химического солевого состава;
- без предварительного снижения минерализации, но с обязательным улучшением химического солевого состава;
- без предварительного снижения минерализации и химического солевого состава.

По первому технологическому варианту на орошение можно использовать коллекторно-дренажные воды с минерализацией до 5 г/л при условии, что соотношение обменных оснований (Ca_{2+} ; Mg_{2+} , Na^+) благоприятное и не способствует осолонцеванию почв.

В настоящее время науке и производству известны два приёма снижения минерализации воды: с помощью различных технических опреснителей (дистилляционные, электрического обессоливания, адсорбционные и др.) и разбавление солёной воды более пресной.

Для орошаемого земледелия единственным и допустимым приёмом снижения минерализации коллекторно-дренажных вод является разбавление более пресными водами. Отрицательное влияние минерализованных вод на почву и сельскохозяйственные культуры проявляется через повышение содержания токсических солей (NaCl , Na_2CO_3 , NaHC0_3 , MgCl_2 , $\text{Na}_2\text{S0}_4$, MgS0_4 и др.), вызывающее вторичное засоление и осолонцевание почв в связи с неблагоприятным соотношением катионов, преимущественно натрия и кальция.

Многочисленные опытно-производственные исследования влияния слабоминерализованных вод (до 3,0 г/л) на изменение состава поглощённых оснований почв показали, что при содержании кальция в солевом составе

поливной воды больше 35% от суммы катионов (Ca_{2+} , Mg_{2+} , Na^+ , K^+) осолонцевание почв не наблюдается.

Увеличение количества кальция в солевом составе поливной воды достигается путём внесения в воду растворимых химических веществ, богатых кальцием: гипс, фосфогипс, мел, известь и др.

По третьему технологическому варианту при применении слабоминерализованных (1,0 - 3,0 г/л) вод на орошение допускается некоторое сезонное накопление водно-растворимых солей с таким расчётом, что к последующему поливному периоду соли сезонной аккумуляции будут вымыты из почвы водами атмосферных осадков межполивного периода.

В тех случаях, когда за межвегетационный период выпадет меньше атмосферных осадков (ниже 130 мм) в почвах, орошаемых слабоминерализованными водами (1,0 - 3,0 г/л) постепенно накапливаются соли сезонной аккумуляции, в связи, с чем возникает необходимость обеспечить искусственно выпщелачивание солей путём проведения промывных поливов.

Применение слабоминерализованных вод (1,0 - 3,0 г/л) для орошения сельскохозяйственных культур по четвёртой технологии допускается при условии, что в воде благоприятное соотношение катионов в пользу кальция, т.е. содержание кальция больше 35% от суммы всех катионов. При таком количественном и качественном составе воды применяются на орошение любых сельскохозяйственных культур на фоне хорошо работающего дренажа и соблюдении режима орошения.

При применении коллекторно-дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур должен быть наложен систематический контроль за количественным и качественным соленым составом поливной воды, при одновременном соблюдении рекомендуемых технологических условий применения минерализованных вод на орошение.

Глава 7. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БАЛАНСЫ

Многообразие существующих видов хозяйственного использования водных ресурсов, способность последних многократно вовлекаться в хозяйственный оборот обуславливают целесообразность, а в отдельных случаях и просто необходимость комплексного развития водного хозяйства с многоотраслевой структурой водохозяйственных комплексов. Например, на базе водохранилищ, созданных для работы гидроэлектростанций, могут функционировать рыбное хозяйство, водный транспорт, орошение, водные рекреации и т.д. В известной степени, здесь могут иметь место противоречия между отдельными участниками водохозяйственного комплекса. Однако суть научного подхода именно и состоит в том, чтобы находить оптимальное сочетание компонентов комплекса, сводя до минимума эти противоречия.

Для решения водохозяйственных задач необходимо сопоставление имеющихся водных ресурсов с запросами потребителей. *Водохозяйственный баланс* используется, при составлении научно обоснованных планов распределения водных ресурсов, позволяет всесторонне анализировать сложившиеся и ожидаемые режимы расходования водных ресурсов. Для этой цели устанавливают водный баланс в пределах рассматриваемого бассейна, который охватывает соотношения между атмосферными осадками, поверхностными и подземными стоками; испарением и транспирацией влаги растительностью.

При составлении водного баланса определяют следующие составляющие:

- количество и качество поверхностных и подземных вод;
- потребление воды водопользователями и размер безвозвратных потерь;
- объемы воды в естественных условиях и в результате проведения мероприятий по регулированию стока;
- размер стока для использования за пределами рассматриваемой территории.

Водохозяйственный баланс является источником исходной информации при планировании и эксплуатации объектов водного хозяйства. Он отражает сложные взаимодействия между водными ресурсами, формирование которых обусловлено природными и антропогенными факторами, и потребностями в воде человеческого общества, определяемыми экономическими, технологическими и социальными факторами.

Для решения различных задач общественного хозяйства составляются и используются *отчетные, оперативные, плановые, перспективные и итоговые водохозяйственные балансовые расчеты*.

Отчетный водохозяйственный баланс отражает уже достигнутое использование водных ресурсов и служит для анализа тенденции роста водопотребления и разработки мер по его обеспечению, а также оценки эффективности работы существующих водохозяйственных систем.

Оперативный водохозяйственный баланс разрабатывается на текущий год для рационального распределения ожидаемых водных ресурсов между объектами в напряженных по водопотреблению речных бассейнах.

Плановый водохозяйственный баланс отражает задачи развития водного хозяйства, которые, в свою очередь, характеризуют развитие народного хозяйства.

Перспективный водохозяйственный баланс составляют из условия развития хозяйства с учетом влияния водного фактора на размещение и развитие производительных сил и обоснования долгосрочных планов проектно-изыскательских работ.

Итоговый водохозяйственный баланс отражает неблагоприятные стороны водообеспечения на протяжении длительного (25...30 лет) времени.

Расходные составляющие водохозяйственного баланса для экономического района показаны на рис. 7.1.

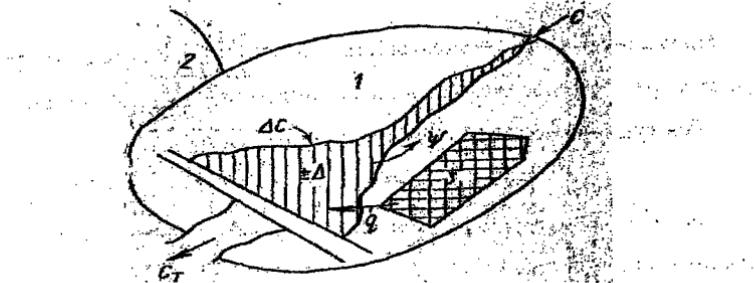


Рис. 7.1. Графическая интерпретация составляющих водохозяйственного баланса:

На упрощенном рис. 7.1. показаны составляющие к правобережной части территории:

-I. 2 - районы, для которых разрабатываются водохозяйственные балансы;

Q_p - суммарный отбор воды из реки для водопотребителей и подача на другие участки территории;

- ΔQ_p - уменьшение речного стока за счет отбора подземных вод;

- q - промышленные, коммунально-бытовые, дренажные и другие сточные воды, которые поступают в реку на участке и могут быть использованы повторно;

- C_t - требуемый транзитный сток в замыкающем участке створа в интересах санитарии, судоходства, отдыха, рыбного хозяйства и разбавления сточных вод;

- ΔV - наполнение (-) или сработка (+) водохранилищ.

- требуемый минимальный расход воды Q на рассматриваемом участке реки в маловодный год с обеспеченностью 95 %

$$Q_5 = Q_1 - Q_3 + Q_4 \quad (7.1.)$$

общие потери воды на речном участке в пределах района I:

$$Q_6 = Q_1 - Q_2 \quad (7.2)$$

Приходная часть водохозяйственного баланса (водные ресурсы) в пределах рассматриваемого района состоит из ряда составляющих.

Поступление воды на данную территорию

$$V_1 = V_1' - V_1'' + V_1''' + V_1''', \quad (7.3)$$

где V_1' - естественный приток поверхностных и подземных вод с соседних водосборов;

- V_1'' - возвратные воды с вышерасположенных участков;

- V_1''' - поверхностный и подземный стоки, формируемые в границах собственного водосбора;

V'''' - переброска воды из соседних речных бассейнов.

При планировании использования водных ресурсов учитывается их регулирование за счет использования объема водохранилищ, расположенных в границах рассматриваемого района:

$$V_2 = V'_2 - v''_2 - v'''_2, \quad (7.4.)$$

где V'_2 - сработка водохранилищ;

- v''_2 - наполнение водохранилищ;

v'''_2 - потери воды на фильтрацию и испарение.

Общий объем зарегулированного стока, который может быть предоставлен всем водопользователям данного района,

$$V_3 = V_T - Q_2 \quad (7.5)$$

Расход воды в русле реки, который будет поступать в нижерасположенный район II,

$$V_4 = V_3 - Q_6, \quad (7.6)$$

Избыток располагаемого стока сверх наименьшего допускаемого расхода в реке (исходя из вышеизложенных требований),

$$V_5 = V_4 - Q_4 \quad (7.7)$$

Рассмотрим составление водохозяйственного баланса для района, расположенного в бассейне одной из рек. Основными водопользователями в нем являются водоснабжение промышленности и населения, тепловые электростанции, орошение, судоходство и здравоохранение. Водные ресурсы

речного бассейна достаточны для удовлетворения внутренних нужд водопользователей без переброски воды из бассейнов соседних рек.

Расчеты выполнены для маловодного года (с обеспеченностью 95%), при этом расходная и приходная части водохозяйственного баланса представлены в млн. м³ за каждый месяц. Все составляющие водохозяйственного баланса соответствуют принятым обозначениям.

В осенне-зимние месяцы избыток стока, который можно использовать в дальнейшем для различных хозяйственных нужд, крайне незначителен. Поэтому в перспективе потребуется перераспределение стока, что можно осуществить за счет создания дополнительных водохранилищ.

Водохозяйственный балансовый анализ производится на трех уровнях:

- в целом по стране (по обобщенным показателям);
- по отдельным водопотребителям и водопользователям (орошение, водоснабжение, гидроэнергетика и т.п.);
- по отдельным водохозяйственным районам.

Анализ выявляет требования к количеству, качеству и срокам использования воды. Для определения этих показателей в рамках рассматриваемого региона устанавливаются состав водопотребителей и их размещение на территории бассейна, масштабы развития водопотребителей, нормы водопотребления и ожидаемые тенденции их изменения. Водохозяйственные балансы составляются раздельно по подземным и поверхностным водам.

Положительный баланс достигается при условии

$$Q_s - Q_n > 0, \quad (7.8)$$

где Q_s - эксплуатационные запасы или естественные ресурсы подземных вод;

- Q_n - суммарный отбор подземных вод.

При отрицательном балансе рассматривают возможности компенсации недостающего объема их за счет увеличения забора поверхностных вод, искусственного восполнения и обогащения подземных вод. Водохозяйственные балансы по подземным водам составляют для года.

Водохозяйственный баланс поверхностных вод составляют для каждого участка реки при **50%-ной обеспеченности**, а также за год, месяц и сезон для **среднезасушливых (75; 80; 85% обеспеченности) и острозасушливых (95 % обеспеченности)** лет при заданных уровнях развития народного хозяйства.

Водохозяйственный баланс поверхностных вод

$$B = C - \Delta C - \phi - C_t + \Delta V, \quad (7.9)$$

где B - итог водохозяйственного баланса;

- C - сток с рассматриваемой территории;

- ΔC - сток, формирующийся на участке;

- ϕ - потребление воды на участке

$$\phi = Q_p + \Delta Q_p - q;$$

Ресурсы поверхностных вод в водохозяйственном балансе учитывают как объем годового стока, так и его внутригодовое распределение. **Приходная часть** представляет собой естественные водные ресурсы, использование которых экономически целесообразно на данном этапе развития производительных сил общества. **Расходная часть** включает потребности в воде всех водопотребителей, (использующих водные ресурсы с изъятием воды из источников) и водопользователей (без изъятия воды из источников). Соотношение между приходной и расходной частями водных ресурсов (увязка) представляет результат баланса.

В практической деятельности возможны различные соотношения между расходной и приходной частями водных ресурсов. Водные ресурсы достаточны в том случае, когда их распределение во времени во всех точках территории может обеспечить водопотребление с учетом необходимых транзитных попусков, т.е. $B > 0$. В этом случае нет дефицита воды и возможно развитие потенциала народного хозяйства в данном регионе.

При $B < 0$ отмечается дефицит ресурсов воды, который можно устраниć путем регулирования стока или его перераспределением.

Если баланс отрицателен (для 95%-ной обеспеченности по поверхностному стоку), то в некоторых случаях допускается сокращение

подачи воды менее ответственным потребителям. В этом случае потребление воды на участке:

$$\Phi' = k_1 Q_p + \Delta Q_p - k_2 q; \quad (7.10)$$

$$C' = k_3 C_T,$$

где k_1, k_2, k_3 - поникающие коэффициенты, равные 0,8...1.

Ограничения разрешается вводить для систем водного орошения сельскохозяйственных культур, речного транспорта, гидроэнергетики и рыбного хозяйства. При этом необходимо технико-экономическое обоснование с учетом ущербов от сокращения подачи воды.

Для водных балансов используют результаты натурных наблюдений: за атмосферными осадками, речным и подземным стоками, испарением и транспирацией. На территории СНГ работает более 10 000 гидрологических постов и станций, на основе информации которых изучают динамику стока. Для составления водных балансов используют также данные метеослужбы и дождемерных постов.

Сопоставление потребностей хозяйства в воде с ресурсами речного стока показывает, что в целом по стране водные ресурсы превышают водопотребление с учетом сохранения в реках минимального стока, необходимого для обеспечения требования охраны водных ресурсов, запросов рыбного хозяйства, судоходства и других водопользователей. В маловодные годы в некоторых районах южной зоны отмечается напряженный водохозяйственный баланс.

В ряде случаев водохозяйственные балансы составляют с учетом качества воды. Обеспечение участников водохозяйственного комплекса водой требуемого качества и в достаточном количестве представляет большие трудности, поскольку требования различных отраслей хозяйства к качеству воды различны и зачастую противоречивы. Рассматривая водохозяйственный комплекс в виде системы, состоящей из водного объекта, принимающего сточные воды промышленного узла, устанавливают лимиты водопользователей из условия требуемого качества воды и технико-

экономических соображений. Для этого используют такие приемы переброски стоков с большими загрязнениями в районы водного объекта, имеющие резерв по нагрузке, исходя из обратимости биологических процессов. Допустимая нагрузка при определении количества стоков определяется по разности нормативной и фактической нагрузок. В данном случае составляют баланс системы с учетом качества воды в ней и параметров процессов превращения загрязняющих веществ в водных объектах и природе. Он устанавливает соотношение между осадками, стоком и испарением. Выбор территории при составлении водохозяйственного баланса осуществляют исходя из характеристики изучаемых гидрологических процессов в пределах определенной территории. Водохозяйственный баланс устанавливает количественное соотношение между наличием водных ресурсов и их потреблением отраслями общественного хозяйства. Поэтому главный критерий для выбора территории и расчетного периода – задачи общественного хозяйства. ВХБ составляются для страны в целом, отдельных экономических или административных районов, отдельных отраслей хозяйства, конкретных речных бассейнов или их участков. ВХБ составляют, как правило, для маловодных, средне-маловодных и средних по водности лет, соответствующих расчетным обеспеченностям 95,75 и 50. При проектировании водохозяйственных комплексов обычно в качестве расчетного используют маловодный год обеспеченностью 95%.

Водохозяйственные балансы классифицируют по двум признакам: расчетному периоду на перспективные, плановые, оперативные и отчетные; соотношению наличных и потребляемых водных ресурсов на положительные, отрицательные и увязанные. Подробная характеристика указанных типов ВХБ, уравнение водохозяйственного баланса всегда состоит из трех частей - приходной, расходной и результирующей.

Водохозяйственные балансы позволяют планировать развитие общественного хозяйства, прогнозировать масштабы развития и размещения

производительных сил и т. п. На их основе реализуются прогнозные расчеты потребностей в воде для различных категорий водопользователей. При определении стратегии управления с использованием водных ресурсов и контроля состояния водных объектов систематизируются данные о степени удовлетворения потребностей населения и общественного хозяйства в воде, а также о количестве и качестве используемых и сбрасываемых вод. Такая информация собирается в гипроводхозах.

На основании этих данных анализируются факторы использования и охраны водных ресурсов в целом по стране и по отдельным ее регионам. В результате определяются:

- водообеспеченность (запасы водных ресурсов, степень их использования, количественные и качественные характеристики водных объектов, возможности водообеспечения населения и народного хозяйства);
- оценка деятельности водопользователей (соблюдение норм водопользования, влияние деятельности на качество воды в водных объектах); разрабатываются рекомендации по сокращению безвозвратного потребления и потерь воды;
- выявляются объекты, на которых требуются первоочередные водоохраные мероприятия.

Вodoобеспеченность населения и отраслей хозяйства (в административно-территориальном объекте, водохозяйственном и экономическом районах) характеризуется коэффициентом использования водных ресурсов, который определяется по формуле

$$K_u = (Q_3 - Q_c)/Q, \quad (7.11)$$

где Q_3 и Q_c - расходы воды, отбираемой из водных объектов и сбрасываемой в них (включая воды, забранные из других объектов);

- Q - водный ресурс при соответствующей обеспеченности.

Расчетная обеспеченность водного ресурса принимается в зависимости от требований бесперебойной подачи воды потребителям: для 1-

й категории надежности подачи воды она равна 95%, для 2-й - 90 и для 3-й - 85%.

Все водопользователи в СНГ ведут учет потребляемых сбрасываемых вод по количественным и качественным показателям, представляя статистическую отчетность в соответствующие организации.

Государственный учет вод и их использование являются важнейшим звеном в системе планирования и рационального использования водных ресурсов в СНГ. Он осуществляется за счет государств по единому общегосударственному принципу, на основании системы государственного учета вод и водного кадастра.

Водный кадастр - систематизированный склад сведений о водных ресурсах страны с учетом размеров и форм использования вод в различных областях хозяйственной деятельности. Водный кадастр включает гидрологическую изученность основных гидрологических характеристик и ресурсы поверхностных вод.

Государственный водный кадастр содержит сведения обо всех располагаемых водах по количественным и качественным показателям, регистрации водопользований, а также данных учета использования вод.

Основная задача государственного учета вод и их использования состоит в установлении количества и качества вод, составляющих единый государственный водный фонд, и данных об использовании их для нужд населения и народного хозяйства. Этот учет включает измерение и первичный учет количества и качества поверхностных и подземных водных ресурсов, количества забираемых и сбрасываемых вод, обобщение и выдачу потребителям данных первичного учета. Создается фонд памяти по разработке машинных методов объективного анализа данных первичного учета и выдаче их потребителям в автоматическом режиме.

Основные задачи системы государственного учета использования водных ресурсов сводятся к следующему. Отдельные водопользователи осуществляют первичный учет водопотребления водоотведения. Результаты

учета представляют в виде отчетов по установленной форме местным органам по регулированию использования и охране вод, которые располагают вычислительным центрами и имеют возможность проводить контроль за правильностью ведения отчетности. После необходимых обобщений по речным бассейнам, министерствам (ведомствам), отраслям народного хозяйства, республикам (зонам республик) данные передают в головной вычислительный центр, где обобщают отчетность в целом по стране. Такая организация учета и использования вод значительно упрощает обработку данных, улучшает анализ использования водных ресурсов и способствует более рациональному планированию водопотребления и водоотведения.

Полученные материалы используют для составления сборников основных показателей использования вод в стране и водного кадастра.

Государственный водный кадастр (ГВК) представляет собой систематизированный постоянно пополняемый и при необходимости уточняемый свод сведений о водных объектах (составляющий единый государственный водный фонд), водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

Первый водный кадастр был издан в 1933-1940 гг. Государственным гидрологическим институтом. Он включал материалы по режиму рек СССР, сведения об уровнях воды, о водных ресурсах отдельных районов.

Современный ГВК включает данные учета вод по количественным и качественным показателям, регистрации водопользования; а также данные учета использования вод. Основная задача ГВК - обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных объектах, водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

В соответствии с видами водных объектов и распределением обязанностей по изучению и использованию вод ГВК включает следующие три раздела их: 1) поверхностные воды; 2) подземные воды; 3) использование вод.

Данные ГВК издают по территории союзных республик, бассейнов рек, озер, а по разделу подземных вод, кроме того, - по гидрологическим регионам.

Для систематического обновления и пополнения Государственного водного кадастра в СССР была создана специальная автоматизированная информационная система.

Информационный банк данных государственного учета вод и их использования положен в основу для ведения государственного водного кадастра, который включает сведения о водных ресурсах, данные учета использования вод и регистрации водопользований.

Их систематически пополняют и уточняют сведениями о водных объектах, составляющих единый государственный фонд, о качестве использования вод, о водопользователях. Источником сведений служит общегосударственная сеть гидрологических постов и станций, расположенных на реках, озерах, водохранилищах, головных сооружениях каналов и др., составляющих опорную гидрологическую сеть.

Для ведения Государственного водного кадастра создается специальная автоматизированная информационная система, состоящая из трех отраслевых подсистем: поверхностные воды, подземные воды, использование вод и трех функциональных подсистем: подготовка информации, обработка информации и доведение информации до потребителя.

До недавнего времени решение задач удовлетворения запросов водопользователей носило локальный характер и не выходило за границы небольших речных бассейнов. По мере роста различных отраслей народного хозяйства масштабы использования водных ресурсов непрерывно увеличиваются. Вместо отдельных водопользователей, обеспечение нужд которых не вызывало особых затруднений, все чаще и чаще приходится иметь дело с большим числом участников водохозяйственных комплексов.

Глава 8. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Использование водных ресурсов в Крыму во всех отраслях народно-хозяйственного комплекса осуществляется в соответствии с Водным Кодексом Украины и регулируется постановлениями и распоряжениями Кабинета министров Украины, Совета министров Автономной Республики Крым, Госводхозом Украины и Республиканским комитетом по водному хозяйству.

Таблица 8.1. Прогноз использования водных ресурсов в отраслях народно-хозяйственного комплекса в 1999 году [19]

№	Наименование отрасли	Источники водоснабже-ния	Прогнозные объемы использования водных ресурсов, млн. м ³	Примечания	
1.	Сельское хозяйство	СКК; реки Крыма; подземные воды	1600,0*	*При условии выделения средств на эл/энергию	
			40,0		
	Всего:		40,0	* Часть объёмов воды передаётся горводоканалами в другие отрасли	
			1680,0		
2.	Жилищно-коммунальное хозяйство	СКК; реки Крыма; подземные воды	155,7*	* Объёмы использования с учётом собственных водозаборов и полученной по СКК	
			107,0*		
	Всего:		96,0*		
			358,7*		
3.	Промышленность; строительство; торговля; общеизделия; транспорт и пр.	СКК; реки Крыма; подземные воды	89,0*	* Объёмы использования с учётом собственных водозаборов и полученной по СКК	
			42,7*		
	Всего:		37,3*		
			169,0		
4.	Итого по всем отраслям:	СКК; реки Крыма; подземные воды	1782,9	86.3%	
			147,0	7.1%	
	Всего:		136,0	6.6%	
			2065,9	100%	

Анализ государственной отчётности 2-ТП (водхоз) показывает, что в народно-хозяйственном комплексе Крыма используется более 86% водных ресурсов, поступающих по Северо-Крымскому каналу. По сравнению с 1991

годом объёмы использования водных ресурсов в сельском хозяйстве и промышленности сократились в 2 - 2,3 раза из-за общего экономического кризиса в Украине.

8.1. Поверхностные водные ресурсы

1. Поверхностные водные ресурсы местных рек и водотоков Крыма, которые могут использоваться в народно-хозяйственном комплексе составляют:

- среднемноголетние (50% обеспеченность) около 910 млн. м³/год
- средне засушливый (75% обеспеченность) около 650 млн. м³/год
- засушливый (95% обеспеченность) около 430 млн. м³/год

Общее количество водотоков, малых и средних рек составляет 1657, а их суммарная длина составляет 5996 км. Гидрографическое обследование произведено на 98 малых рек протяжённостью 1974 км.

Рескомводхозом запланировано выполнить паспортизацию 35 рек общей водосборной площади 10,115 тыс. км², являющихся источниками питьевого водоснабжения населения.

В настоящее время институт «Крымгипрводхоз» проводит паспортизацию 14 рек на водосборной площади 5,5 тыс. км².

По данным материалов паспортизации состояние обследованных водосборных площадей рек подвержено сильному антропогенному воздействию всеми видами хозяйственной деятельности человека, русла большинства заилены и являются водоприёмниками хозяйственных стоков неканализованных населённых пунктов.

Большая часть рек в Крыму находится в неудовлетворительном состоянии, вода которых условно пригодная для хозяйственно-бытовых нужд населения и не пригодна для естественного рыбоводства.

Только верховья рек имеют удовлетворительное состояние и нормальное качество воды.

Анализируя общее состояние речной системы Крыма можно сделать следующие выводы: все реки полуострова нуждаются в комплексных природоохранных мероприятиях, создании водоохранных зон и прибрежных полос по берегам, устройстве лесонасаждений по берегам рек, балок и днищам оврагов, строительстве защитных гидротехнических сооружений и расчистке водотоков от заилиения. Речной сток, формирующийся в весенне-зимний период, аккумулируется в крупных водохранилищах и прудах, а в маловодных регионах водой Северо-Крымского канала с помощью насосных станций заполняются наливные водохранилища в период с апреля по ноябрь.

В Крыму имеется 23 крупных водохранилища с проектным объёмом 399,47 млн. м³ из них:

- наливные водохранилища СКК 9 шт. объёмом 149,5 млн.
- водохранилища естественного стока 14 шт. объёмом 249,97 млн. м³ л

По состоянию на 01.01.2008 г. построено 1749 прудов проектным объёмом 204,9 млн. м³, воды которых используются для орошения, рыборазведения и хозяйственно-бытовых нужд населения.

На водохозяйственных объектах Крыма функционирует система водоучёта, состоящая из 1369 пунктов водоучёта (в том числе 382 (27,99%) водомерных приборов типа УЗРВ), из которых 1130 оснащены гидрометрическими системами и 269 пунктов ещё не имеют постоянных гидропостов. В последние годы из-за недостаточного финансирования работ по гидрометрии водоучёт осуществляется методами по затратам электроэнергии на 259 насосных станциях, находящихся на балансе хозяйств и 342 насосных станциях состоящих на балансе УОС.

Состояние прудов и водоёмов в основном неудовлетворительное, они в значительной степени заилены, зарастают камышом и болотной растительностью, вода по качеству часто не соответствует требованиям ГОСТ для орошения и санитарным нормам по ряду показателей.

Ливневыми паводками 1996-1998 гг. в значительной степени были повреждены, разрушены, размыты и заилены многие гидротехнические сооружения на реках и водотоках.

Режим работы водохранилищ Крыма постоянно контролируется службами Республиканского комитета по водному хозяйству и Республиканского комитета по жилищно-коммунальному хозяйству.

Регулируемый сброс из водохранилищ в 1997 г. составил 367, 67 млн. м³, в 1998 г. - 243,39 млн. м³, что во многом предотвратило создание чрезвычайных ситуаций и затопление населённых пунктов по берегам рек.

Повышенная водность от выпадения атмосферных осадков в 1,5 - 1,9 раза больше нормы в 1997-1998 г.г. явилась причиной затопления и подтопления 292 населённых пунктов, отдельных участков посевов озимых культур, многолетних насаждений и других сельскохозяйственных культур. В результате по Крыму активизировалось около 1500 оползней, которые создают угрозу разрушения инженерных коммуникаций системам жизнеобеспечения городов, зданий, объектов архитектурно-исторического и культурного назначения. В настоящее время благодаря усилиям Совета министров Автономной Республики Крым, райгозадминистрацией, а также мероприятиям выполненным подразделениями МЧС и управлениями оросительных систем Рескомводхоза ситуация в большинстве населённых пунктов нормализовалась.

Однако, в районах оз. Сасык-Сиваш и оз. Акташское в зонах затопления находятся жилые дома и подворья в с. Охотниково, с. Песчаное, с. Мысовое.

Рескомводхоз разрабатывает проекты противопаводковых мероприятий в Крыму и контролирует их выпадение.

В зонах затопления расположено 39 населённых пунктов, в которых проживает 35 тыс. человек. Из-за отсутствия организованной системы ливневого водоотведения в ряде населённых пунктов наблюдается подтопление подвалов, огородов и частных жилых строений.

В результате самовольных захватов земельных участков под индивидуальную жилую застройку используются прибрежные защитные полосы рек и водотоков, распахиваются и захламляются беспорядочными свалками хозяйственного мусора.

Для защиты от вредного воздействия вод в Крыму построены и успешно работают закрытые и открытые дренажные системы на площади сельско-хозяйственных угодий 188,145 тыс. га (в том числе в зоне ирригационного воздействия СКК 147 тыс. га) и дренажных систем в 202 населённых пунктах на площади 29,7 тыс. га.

Площадь территорий населённых пунктов, где не обеспечивается проектная норма осушение составляет 2,55 тыс. га (8,6%). Нормальная работа дренажных систем во многом зависит от качества технического обслуживания, своевременного выполнения ремонтно-эксплуатационных мероприятий и устойчивого энергоснабжения 115 дренажных насосных станций находящихся на балансе сельскохозяйственных предприятий и 41 ДНС находящихся на балансе управлений оросительных систем.

С целью оздоровления экологической ситуации в прибрежной защитной полосе моря (2 км от уреза воды) особенно на южном берегу Крыма необходимо создать межведомственную комиссию по комплексному регулированию и использованию этих территорий, выполнить проекты выноса в натуру этой полосы с инвентаризацией всех субъектов хозяйственной деятельности и отработать нормативно-правовую и законодательную базу с подготовкой соответствующих постановлений Верховной Рады Автономной Республики Крым.

По материалам инвентаризации прибрежной защитной полосы моря Южного берега Крыма (2 км от уреза воды) и всех водовыпусков сточных вод в море, необходимо выполнить классификацию побережья и пляжных зон по международным стандартам для интенсивного развития санаторно-курортных и туристических комплексов с привлечением инвестиций отечественных и иностранных инвесторов.

8.2. Подземные воды

По данным ГГЛ «Крымгеология» прогнозные запасы подземных вод пригодных к использованию составляют 474,8 млн. м³/год, в том числе утверждённый лимит забора воды определён в объёме 274,6 млн. м³/год, фактический водозабор составил 186,2 млн. м³, в том числе 183,1 млн. м³ на водоснабжение и 3,1 млн. м³ на орошение.

В целях рационального использования запасов пресных подземных вод и защиты их от истощения и загрязнения водозабор сокращён с 746,8 млн. м³ в 1975 г. (в т.ч. на орошение 354,8 млн. м³) до 186,2 млн. м³ в 1997 г.

Всего в Крыму действовало 2837 артезианских скважин, из них на водоснабжение 2664, на орошение 165 и 8 скважин смешанного водозабора.

Водоснабжение сельских населённых пунктов Крыма осуществляется в основном из подземных водоисточников.

В конце XX века институтом «Крымгипроводхоз» выполнена паспортизация подземных источников водоснабжения в Симферопольском, Первомайском, Сакском, Нижнегорском, Джанкойском, Красногвардейском, частично (70%) в Белогорском, Бахчисарайском и Черноморском районах. Предварительный анализ материалов и паспортизации показывает, что значительная часть подземных источников по некоторым параметрам не соответствует ГОСТ «Вода питьевая», а разводящие сети водоснабжения имеют значительную степень износа трубопроводов и потери воды на фильтрацию при транспортировке.

Вследствие чрезмерного отбора пресных подземных вод в предыдущие годы, а также их засоления в Первомайском, Черноморском, Сакском и других районах остро стоит вопрос о поиске источников водоснабжения.

Для решения этой проблемы в названных районах выполнены проектные разработки для создания систем искусственного пополнения подземных вод (НППВ) за счёт днепровской воды Северо-Крымского канала в объёме 100-150 млн. м³/год.

Выполненные научно-практические работы на построенной установке ИППВ (производительность 9 млн. м³/год, 5 инфильтрационных бассейнов, площадью 1 га каждый) в с. Янтарном Красногвардейского района в 1982-1984-1994 гг. дают все основания для внедрения таких установок в районах с острым дефицитом подземных водных ресурсов и имеющих подходящие гидрогеологические условия.

8.3. Водоснабжение

Централизованное водоснабжение в Крыму имеется в 14 городах и 16 посёлках городского типа, которые охватывают всё городское население.

Из 980 сельских населённых пунктов (население 889,7 тыс. чел.) 850 обеспечены централизованными водозаборами и водопроводной сетью (761,9 тыс. чел.); а 16 населённых пунктов пользуется привозной водой из-за отсутствия источников водоснабжения.

По данным ППВКХ городов общий объём водоподачи составляет 240-245 млн. м³/год, расходы на собственные нужды 25-28 млн. м³/год, утечки и потери составляют 30-45% от объёмов водоподачи 72-109 млн. м³ водопотребление населением 43-44 млн. м³/год, коммунальные бытовые нужды 17-19 млн. м³/год, прочие водопотребители 83-45 млн. м³/год.

Реализация воды населению в 1997 г. составила по городам Крыма в среднем 99 л/сут. чел. (от 29,5 л/сут. чел. в Белогорске до 169,1 л/сут. чёл. в г. Ялте). В Ленинском, Кировском и Раздольненском районах действует система сельских групповых водопроводов и очистных сооружений, которая охватывает 71 населённый пункт с населением около 86 тыс. чел. с проектной производительностью 71 тыс. м³/сут. (фактическая производительность составляет 31,8 тыс. м³/сут., из-за отсутствия средств на оплату воды, её очистку и транспортировку).

Объём водоподачи систем сельскохозяйственного водоснабжения в 1998 г. составил: план 8,009 млн. м³, факт 7,76 млн. м³, общая задолженность водопотребителей за использованную воду составляет 3246 млн. грн.

Для стабильности обеспечения питьевой водой городов Симферополя, Феодосии, Керчи, Старого Крыма и населённых пунктов Ленинского и Кировского района Рескомводхоз ежегодно осуществляет наполнение наливных водохранилищ днепровской водой по системе Северо-Крымского канала. При плане 149,5 млн. м³/год в 1998 г. фактически закачено 138,7 млн. м³/год (92,8%). Задолженность Республиканского Комитета по жилищно-коммунальному хозяйству по состоянию на 01.01.99 г на 01.01.99 г. составила 7,91 млн. грн. в том числе: по Симферопольскому ППВКХ - 6,89 млн. грн., по Феодосийскому ППВКХ - 1,02 млн. грн.

В ряде населённых пунктов Черноморского, Сакского, Белогорского, Бахчисарайского и Раздольненского районов проблема водоснабжения может быть решена только путём строительства систем сельскохозяйственного водоснабжения и групповых водопроводов.

В отдельные засушливые годы (1994 г.) резко ощущается дефицит водных ресурсов в г. Севастополе, г. Алуште и Большой Ялте, что осложняет работу санаторно-курортного комплекса и санитарно-эпидемиологическую обстановку в регионе.

Устойчивый дефицит водных ресурсов на годы с 95% обеспеченностью составляет по городам:

-Ялта. 13,5 млн. м³ - 43,0 млн. м³

-Алушта 10,9 млн. м³ - 17,0 млн. м³

- Севастополь 27,2 млн. м³ - 45,2 млн. м³

Кроме того, существует проблема устойчивой работы очистных сооружений в прибрежной защитной зоне Южного берега Крыма, очистки канализационно-бытовых и ливневых стоков до требуемых норм, инвентаризация всех водовыпусков сточных вод в море.

Комплексной программой социально-экономического развития Большой Ялты, как курорта общегосударственного значения Постановлением Кабинета Министров Украины № 9 от 05.01.98 на решение проблемы

водоснабжения было предусмотрено 483,0 млн. грн. на период с 1998 по 2010 год, в том числе на 1999 г. - 50,1 млн. грн.

8.4. Орошение

Орошаемые земли в Крыму размещены на площади 401,4 тыс. га. (2010 г.). Полито орошаемых земель в 2009 году 187,7 тыс. га (45,3%), а в 2010 г. – 138,3 тыс. га (34,5%) в связи с большим количеством осадков в летний период.

Крайне ограниченное финансирование водохозяйственного комплекса не позволяет выполнить в нужных объемах полный комплекс восстановительных работ на насосных станциях, магистральных каналах, плотинах водохранилищ, гидротехнических сооружениях, противопаводковые мероприятия на водных объектах, нормальную эксплуатацию дренажных систем для предотвращения подтопления 202 населенных пунктов и тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий.

На пределе работают системы сельскохозяйственного водоснабжения в Ленинском и Кировском районах, где неплатёжеспособность населения не позволяет в полном объеме проводить ремонтно-эксплуатационные работы, закупать хлор, коагулянт.

Тенденция сокращения поливных площадей сохранится и в ближайшие годы, если не будут приняты соответствующие меры правительством и Верховной Радой Украины. Так орошаемое земледелие кроме воды требует соблюдения комплекса агротехнических мероприятий и агротехники возделывания сельскохозяйственных культур с обязательным внесением необходимого количества органических и минеральных удобрений, выполнения гипсования солонцовых земель, ведения научно-обоснованных севооборотов сельскохозяйственных культур. Тяжёлое финансововоэкономическое положение в агропромышленном комплексе не позволяет хозяйствам закупать в нужных количествах удобрения, семена, ГСМ, новые сельскохозяйственные машины и дождевальную технику,

совершенствовать перерабатывающую промышленность и производство продуктов питания, что существенно снижает экономическую эффективность орошаемого земледелия.

Структура орошаемых земель в 1998 году на площади 329,652 тыс. га была следующей:

- зерновые всего	127 тыс. га 38,5%
- в том числе рис	14,5 тыс. га 4,4%
- кормовые всего	135 тыс. га 41%
- овощи и картофель	10,3 тыс. га 3,1%
- технические всего	15,0 тыс. га 4,6%
- многолетние насаждения (сады и виноградники)	27,85 тыс. га 8,4%
- прочие (приусадебные коллективные огороды, дачи, аренда и др.)	9,7 тыс.

Устойчивое развитие всех отраслей экономики Крыма (в том числе санаторно-курортного и туристического комплексов) без орошаемого земледелия и производства на месте дешёвых продуктов питания не возможно.

В соответствии с Указом Президента Украины от 23.06.1998 г. № 670/98 «О мерах по государственной поддержке водохозяйственно-мелиоративного комплекса» Кабинетом Министров Украины были разработаны программы на 1999 - 2000 годы:

- защиты населённых пунктов, производственных объектов и сельскохозяйственных угодий от вредного воздействия вод;
- развитие мелиорации земель и улучшения экономического состояния орошаемых и осушенных угодий;
- первоочередного обеспечения сельских населённых пунктов, которые пользуются привозной водой, централизованным водоснабжением.

Постановлением Верховной Рады Украины от 14 января 2000г № 1390-XIV одобрена Концепция развития водного хозяйства Украины до 2025 г.

Глава 9. ИНТЕГРИРОВАННОЕ ВЕДЕНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНАХ

Реки, потоки грунтовых вод и морские течения являются естественными системами, соответственно, они не связаны произвольными территориальными границами, которые установили или устанавливают на нашей планете люди.

Мировая практика развивается в направлении интегрированного управления водными ресурсами с переходом на гидрографический бассейновый подход и с одновременным более широким вовлечением в этот процесс водопотребителей.

Переход от территориально-административной к гидрографической (бассейновой) системе управления позволит более комплексно и эффективно управлять водными ресурсами, устранив местнический и ведомственный подходы в использовании воды, упростить структуру управления отраслью, а так же сократить потери воды. В основе этой системы – бассейновые водохозяйственные управления (БВУ), которые должны регулировать предложение и спрос на водные ресурсы в рамках соответствующих речных бассейнов. В состав каждого БВУ будут входить каналы, водохранилища, управления насосными станциями и системами электросвязи, гидроузлы, гидромелиоративные экспедиции. БВУ будут ответственны за оперативную деятельность по прогнозированию, планированию и реализации водоподачи и водоотвода, по содержанию и обслуживанию инфраструктуры, ее модернизации. Это – самостоятельные хозрасчетные организации, финансируемые из государственного и местных бюджетов, ассоциациями водопользователей и за счет доходов от хозрасчетной деятельности.

Различные требования, предъявляемые к совместно используемым водоемам со стороны промышленности, сельского хозяйства, рыболовства, области использования гидроэнергетического потенциала, судоходства, сферы проведения досуга (лодочного транспорта, купален), снабжения

питьевой водой и удаления сточных вод - все это накапливает конфликтный потенциал. Координация и кооперация различных групп требований в пределах экологического комплекса «Водный бассейн» дает экологические и экономические преимущества.

В Германии, прежде всего на федеральной земле Северный Рейн - Вестфалия (с большой плотностью населения) уже в конце XIX века сформировались крупные водохозяйственные объединения, обеспечивающие возможность интегрированного, экологического и эффективного управления водосборными бассейнами независимо от политических границ. Эти объединения являются публично-правовыми корпорациями и находятся под демократическим контролем своих платящих взносы членов. Государство осуществляет лишь правовой надзор за деятельностью объединений. Обязательными членами объединений являются муниципалитеты и те предприятия в соответствующем водосборном бассейне, которые в значительной степени способствуют загрузке очистных сооружений за счет сброса своих предварительно обработанных сточных вод. Кроме того, членами некоторых объединений являются предприятия, занимающиеся снабжением питьевой водой.

Задачи и услуги водохозяйственных объединений - обеспечение водоснабжения и удаления сточных вод на территории соответствующих водосборных бассейнов наиболее экономичным способом. Например, удаление сточных вод, включая образующиеся при этом остаточные вещества; строительство и эксплуатация очистных сооружений; строительство и эксплуатация водохранилищ для снабжения питьевой водой, компенсации объемов воды и защиты от паводков; поддержание исправного состояния проточных вод; уход за водоносным массивом.

Трансформация водного хозяйства связана с неблагоприятной обстановкой, сложившейся в сфере водопользования и связанной с целым комплексом вопросов, имеющих место на всех ситуациях водохозяйственной деятельности: - забора, использования, воспроизводства и

защиты водных ресурсов. В основе этого лежат, как унаследованный характер прежнего водопользования, так и нестабильность экономики государства, и отсутствие эффективной системы управления водохозяйственной деятельностью.

В общем виде вопросы водопользования отражают общие социально – эколого-экономические проблемы:

- первая - ложная технократическая концепция использования водных ресурсов,

вызвавшая конфликтные экологические ситуации в водопользовании и напряженность в социальной сфере;

- вторая - традиционно раздельная деятельность по защите водных ресурсов и рационального водопользования. И, как следствие - инвестирование деятельности, направленной на ликвидацию негативных последствий водопользования, а не на их профилактику.

Мировая практика показывает, что в большинстве стран главную роль в организации, финансировании и регулировании системы водного хозяйства играет государство. Это обусловлено особой значимостью водных ресурсов в жизни общества. Во многих странах мира - Италии, Испании, Турции, Греции, Португалии, Австрии, ирrigация считается одним из приоритетов экономического развития и является объектом государственного планирования. В США правительство субсидирует водное хозяйство. В то же время в ФРГ, Дании, Нидерландах, Швеции, Финляндии, Англии, Норвегии, Швейцарии, Бельгии планирование и развитие ирригационных систем в большинстве случаев оставлено на усмотрение самих фермеров.

В зависимости от наличия водных ресурсов, степени их важности для экономики, бюджетных возможностей, а также исторически сложившейся культуры водопотребления, в мире применяются различные соотношения платного, частично оплачиваемого и бесплатного водоснабжения.

Так, во многих странах Европы используется принцип установления платы за водопользование в зависимости от размера издержек по

межхозяйственной сети; платежи за водопользование рассматриваются как налоговый доход и идут в государственный бюджет. Крупные гидро сооружения для регулирования больших водных потоков практически во всех случаях финансируются непосредственно государством. Проектирование и строительство межхозяйственных ирригационных сооружений осуществляется местными или центральными административными властями, а внутрихозяйственные строятся и финансируются фермерами. Для стимулирования последних к модернизации оросительных систем и использованию водосберегающих технологий государство помогает фермерам субсидиями или займами на льготных условиях. В целом государство покрывает 30-80% стоимости создания и содержания гидро сооружений. В Польше, Чехии и Словакии хозяйства оплачивают в госбюджет только эксплуатационные издержки по межхозяйственным сетям, которые находятся на бюджетном финансировании.

В Азиатско-Тихоокеанском регионе более 80% общего водопотребления приходится на орошаемое земледелие. Правительства всех стран региона финансируют большую часть затрат на строительство и эксплуатацию межхозяйственной водной сети. Большинство крупных оросительных систем – государственные, управляются либо центральным правительством, либо местными органами власти. Для многих стран региона характерны большие потери воды и неэффективное управление. Вместе с тем в регионе достаточно широко распространены частные оросительные системы, которые сооружаются фермерами самостоятельно. В частности, такие системы охватывают около 30% общей орошаемой площади в Индонезии, 40% в Индии, 50% на Филиппинах и Южной Корее, 70% – в Непале.

Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на водные объекты позволят достичь высоких экологических стандартов жизни населения, сохранения здоровья граждан, улучшить состояние водных экосистем как необходимого фактора для восстановления видового

разнообразия и обеспечения условий для воспроизведения водных биоресурсов.

Реализация мероприятий, направленных на рационализацию и комплексное использование водных ресурсов, позволит добиться снижения водоемкости экономики, гарантировать питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение населения и создать надежные условия развития промышленности, энергетики, водного транспорта и сельского хозяйства за счет эффективного использования водоресурсного потенциала страны.

Мероприятия по снижению негативного воздействия вод и обеспечению эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений обеспечат защищенность населения, проживающего на территориях, подверженных воздействию опасных гидрологических явлений, и устойчивое функционирование соответствующих объектов экономики.

Совершенствование государственного управления, развитие науки и образования позволят совершить качественный прорыв в сфере разработки новейших технологий, сформировать научно-технический и кадровый потенциал, существенно расширить область знаний и представлений о гидрологических явлениях и процессах, изучить и реализовать новейшие подходы к управлению использованием и охраной водных объектов, укрепить базу международного сотрудничества в области водопользования.

Для оценки успешности реализации настоящей Стратегии сформирована система показателей, предназначенных для контроля степени достижения стратегических целей на промежуточных этапах, а также оценки эффективности реализации отдельных механизмов и конкретных мероприятий.

Прогнозы будущего водопотребления. Существует несколько вариантов глобальных прогнозов использования природных вод мировым хозяйством. Один из вариантов водохозяйственного баланса мира на конец текущего столетия разработан М.И. Львовичем (1986). По его расчетам, возросшее к 2000 г. до 6,2 млрд. человек население мира (из них 3,2 млрд. человек будут

проживать в городах, и пользоваться централизованными системами водоснабжения) израсходует около 480 км^3 вод на коммунально-бытовые нужды, появится 320 км^3 стоков. Если стоки будут полностью очищаться, то на их последующее разбавление потребуется, лишь около 1000 км^3 воды. При сохранении практики современного водопотребления (сброс недочищенных или вовсе не прошедших очистку стоков в водоемы) загрязненными окажутся 6000 км^3 вод.

Производство энергии в мире, по прогнозу МИРЕК-ХП [23], достигнет к концу столетия 300-330 тыс. Дж. Ориентировочно на нужды энергетики будет изъято около 200 км^3 вод и одновременно образовано 140 км^3 термальных стоков. На их разбавление потребуется примерно 400 км^3 свободных вод. Остальные отрасли промышленности с учетом роста объема их продукции к 2000 г. будут нуждаться в 1800 км^3 вод. Совершенствование систем замкнутого оборотного водоснабжения, развитие маловодных или "сухих" технологий, сокращение практики водоотведения стоков с промышленных предприятий, совершенствование технологии очистки позволяют, как предполагалось по данному прогнозу, ограничить водозабор для промышленных целей до 500 км^3 . Безвозвратный расход составит 120 км^3 , а отработанные стоки - 380 км^3 . На их разбавление будет затрачено 5700 км^3 воды.

В сельском хозяйстве общая площадь поливных земель возрастет предположительно до 320-350 млн. га, а норма полива сократится до 9,5 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ за счет водосберегающих методов полива (дождевания, капельного и пр.). В результате на нужды ирригации будет изыматься до 3000 км^3 воды, из которых 2600 км^3 составят расходы на испарение и инфильтрацию. Расход воды в животноводстве увеличится до 110 км^3 . Хотя объем стоков возрастет слабо, но за счет более совершенной очистки и утилизации они будут загрязнять намного меньше чистых вод - около 180 км^3 .

Расчеты свидетельствуют о том, что напряженность ситуации сохранится в ближайшем будущем. Мировое хозяйство в целом в конце

текущего столетия будет поглощать примерно 5,7 тыс. км³ воды (16% полного стока), а сточные воды в объеме 1300 км³ будут загрязнять 8,5 тыс. км³, что равно 21% полного и 61% устойчивого стока рек..

Интегрированное ведение водного хозяйства в водосборных бассейнах тесно связано с оптимизационным моделированием водного хозяйства, одной из наиболее сложных проблем оптимизации природопользования.

Речной сток является третьей важнейшей составляющей водного цикла, однако, несмотря на наличие длительных рядов наблюдений в отдельных регионах, сколько-нибудь надежные прогнозы его возможных изменений под воздействием глобального потепления практически отсутствуют, почти не поддаются интерпретации и оценкам. Наблюдаемые его изменения регионально неоднородны. Кроме того, для многих регионов и водосборов очень трудно или невозможно отделить его изменения, связанные с глобальным потеплением, от модификаций, вызванных антропогенной деятельностью.

Глобальное потепление может существенно повлиять на потребности в оросительных водах на территориях орошаемого земледелия, что критически важно для производства продовольствия, так как орошаемые земли обеспечивают 2/5 мирового производства пищевых продуктов, занимая только 1/5 часть пахотных земель. Глобальный анализ [Doll, 2002], основанный на сценариях потепления к 2020 и 2070 гг. показал, что 2/3 орошаемых территорий будут нуждаться в дополнительных водных ресурсах, а на половине орошаемых земель потери сельскохозяйственной продукции вследствие потепления будут более значительными, чем отклонения объема производства в неурожайные годы от среднемноголетних.

Комплексная модель для оценки состояния глобальной окружающей среды IMAGE 2.2 – это динамичная оценочная модель для анализа глобальных изменений, разработанная Национальным институтом здравоохранения и окружающей среды Нидерландов. Модель количественно характеризует последовательности различных событий будущего для

широкого диапазона экологических проблем. Факторы моделируются для 17 регионов мира, частично через общую равновесную модель "WorldScan". Воздействия рассчитываются на долгосрочной основе (обычно – на 100 лет) и с высоким пространственным разрешением ($0,5 \times 0,5$). Для калибровки модели и выстраивания последовательности событий будущего используются протяженные ретроспективные ряды. Возможности данной модели были всесторонне проанализированы, а сама модель часто используется Межправительственной группой экспертов по изменениям климата.

Компьютерная программа "PoleStar" – это всеобъемлющий и легко приспособляемый для решения конкретных задач программный инструмент, предназначенный для проведения исследований в области устойчивости и разработанный Стокгольмским институтом окружающей среды (Швеция) совместно с Бостонским центром (США). Программа "PoleStar" не относится к числу жестких моделей, а напротив, обеспечивает адаптируемую расчетную структуру и программную оболочку для компоновки экономической, ресурсной и экологической информации, а также для исследования сценариев альтернативного развития. Программа использована при проведении ряда международных оценок, в том числе для количественного анализа и представления сценариев для Группы экспертов по анализу сценариев глобальных изменений.

Модель "WaterGAP 2.1" для глобальной оценки и прогноза водных ресурсов – это первая глобальная модель, которая не только рассчитывает степень доступности водных ресурсов, но и моделирует водопотребление в масштабах речных бассейнов. Разработанная Центром по изучению экосистем Университета г. Кассель (Германия) данная модель включает два основных блока – Глобальную гидрологическую модель и Глобальную модель водопотребления. Первый блок моделирует условия гидрологического цикла на определенном участке суши (макроуровень) для оценки доступности водных ресурсов. Второй блок включает три субмодели,

предназначенные соответственно для расчета коммунального, промышленного и сельскохозяйственного водопотребления. Модель охватывает всю поверхность суши Земли с разрешением 0,5 x 0,5. Заложенная в нее мировая карта стока дает возможность анализировать ситуацию с водными ресурсами в пределах любого из водосборных бассейнов мира. Более детальное описание модели приведено в работах (Alcamo and others 2000; Center for Environmental Systems Research 2002)[24,25].

Примечание. Несоответствие географического охвата количественных оценок, которые были использованы для построения схем и графиков, границам регионов и субрегионов ГЕО-3 в каждом конкретном случае зафиксировано специальными примечаниями.

Несмотря на определенные успехи в разработке моделей, их алгоритмического, программного и информационного обеспечения оптимизационные модели пока не достаточно используются при составлении водохозяйственных проектов и водоохраных программ, а оптимизационные расчеты используются в основном как "информация к размышлению". Их применение ограничено недостатком данных, времени, источников финансирования, нехваткой подходящих для определенных целей моделей.

По-видимому, можно выделить следующие причины редкого использования бассейновых моделей оптимизации водоохраных мероприятий на практике.

Распределение средств на водоохраные мероприятия почти всегда определялось по неэффективному и не оптимальному ведомственному принципу, и предлагаемые оптимизационные расчеты заведомо не вписывались в принятую систему управления, как не соответствующие основным традициям распределения средств и ресурсов.

Заключение

Год: 2017 год

Водное хозяйство – это сложная производственная и природоохранная пространственная система, обладающая функциональными, отраслевыми и территориальными структурами. От условий функционирования данной системы, состояния ее производственной и технологической базы, в качестве которых выступает совокупность всех водных источников, во многом зависит состояние и развитие хозяйственного механизма регионов и стран, совершенствование территориальной организации производства, а также рациональное использование и охрана водных ресурсов.

Функциональные блоки водного хозяйства включает водоснабжение, водоотведение, использование водных недр, гидротехнические сооружения, обеспечивающие регулирование и пространственно-временное перераспределение речного стока, а так же воспроизводство водных ресурсов.

Водное хозяйство, отрасль общественного хозяйства, занимающаяся изучением, учётом, планированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения и транспортировкой их к месту назначения (потребления). Основная задача водного хозяйства - обеспечение всех отраслей государственного производства водой в необходимом количестве и соответствующего качества. По характеру использования водных ресурсов отрасли общественного хозяйства делятся на водопотребителей, которые часто безвозвратно изымают воду из её источников (рек, водоёмов, водоносных пластов) и водопользователей. К первым относят - промышленность, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство. В водопользователи, которые обычно используют не самое воду, а её энергию или водную среду, - гидроэнергетика, водный транспорт, рыбоводство и др.

Отрасли государственного хозяйства предъявляют к водным ресурсам разные требования, поэтому вопросы водохозяйственного строительства наиболее целесообразно решать комплексно, учитывая особенности каждой отрасли и те изменения в режиме подземных и поверхностных вод, которые возникают при строительстве гидротехнических сооружений и их эксплуатации и которые нарушают сложившиеся в природе связи. Комплексное использование водных ресурсов позволяет наиболее рационально удовлетворять потребности в воде каждой отрасли, оптимально сочетать интересы всех водопотребителей и водопользователей, экономить средства на строительство сооружений/

Непременной обязанностью водного хозяйства является работа по охране вод от загрязнений промышленными и бытовыми стоками.

Неравномерность режима водных ресурсов во времени (неблагоприятное распределение стока по годам и временем года, недостаточность местных источников) – фактор, без учета которого невозможно их хозяйственное использование

Вследствие несоответствия между водными ресурсами и потребностями в них в отдельных регионах возникает необходимость в регулировании стока крупных и средних рек (для чего создают водохранилища), перераспределении его между бассейнами и в транспортировке воды на большие расстояния путем создания каналов.

В предшествующих главах было показано, что на современном этапе развития производительных сил, масштабы и формы использования водных ресурсов, организация водного хозяйства, как особой отрасли выдвинули ряд проблем первостатейной важности. Есть все основания считать, что практика использования водных ресурсов вступает в новый ответственный период. Бурно растущие потребности в воде ведут к росту напряженности водохозяйственного баланса, а масштабы сбросов использованных вод требуют внедрения серьезных и действенных мероприятий по защите рек, озер и водохранилищ от загрязнения

Глобальный рост населения и внутренняя миграция будут сопровождаться обострением водного дефицита на национальном и региональном уровнях, истощением запасов воды, доступных для использования. Это усилит конкуренцию за воду не только между отдельными странами и регионами, но и внутри самой страны между различными секторами ее экономики: сельским хозяйством, промышленностью и муниципалитетами, особенно больших городов. По оценке ООН, в 1995 г., при численности населения в мире 5,7 миллиарда человек считалось, что 92% обеспечены водой, 5% ощущали напряженность в доступе к воде и 3% испытывали ее недостаток. В 2011 г количество населения планеты достигнет 7 млрд., а к 2050 г. ожидается рост населения до 9,4 млрд. человек: 58 % из них будут иметь возможность пользоваться водой без каких-либо ограничений, 24% — с ограничениями доступа к воде, а 18% могут иметь трудноразрешимые проблемы, связанные с непокрываемым дефицитом воды.

Решение политических, экономических, природно-климатических факторов на фоне глобального финансового и экономического кризиса, воздействующего также на использование водных ресурсов, продовольственную и энергетическую безопасность. Изменение климата и его влияние на водные ресурсы требует консолидированных усилий мирового сообщества. Негативные факторы для гидроэнергетики и ирригации можно минимизировать путем совершенствования гидроэнергетического оборудования, технологий орошения, перехода к энерго- и водосбережению, улучшения инфраструктуры информационного обмена и инновациями.

В результате этого обеспечение населения и отраслей экономики будет основываться на иных параметрах, по новым сценариям будет формироваться региональная водохозяйственная инфраструктура, что потребует инновационных решений в управлении водными ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический доклад. Вода для устойчивого развития и здоровья в Крыму. Оценка современной ситуации. – Симферополь: КРАЭМ, 2003. – 110 с.
2. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки. – М.: изд-во РОМА, 1997. – 185 с.
3. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. - П.: Гидрометеоиздат, 1991 г.
4. Водный Кодекс Украины. - К. 1995.
5. Гаркуша Л.Я., Соцкова Л.М. Изменения растительного покрова Центрального Присивашья под влиянием орошения. Вестник МГУ, сер. 5. География, 2007. - №2. - С.55 – 59.
6. Долгопятов К.В., Федорова, Е.Ф. Вода – национальное богатство. – М.: Мысль, с. 256, 1973
7. ДСанПіН №383 (186/1940) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» от 01.01.2000.
8. Концепция развития водного хозяйства Украины до 2025 г.
9. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния вод/Под ред. А.В. Карауцева. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 286 с.
10. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты (Уточненная редакция). - М.: МГР России, 1999. - 14 с.
11. Небел Б. Наука об окружающей среде. - М.: Мир, 1993.
12. Николадзе Г.И, Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М.: Высшая школа, 1984. – 368 с.
13. Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озера Крыма. – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.

14. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник) // Сост. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. / Под. ред. к.г.н. З.В. Тимченко. - Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. - 113 с.
15. Приоритетный список химических веществ для контроля содержания в питьевой воде//Об охране окружающей среды (сборник документов). - М., 1986.
16. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов - приемников сточных вод. - М.: Стройиздат, 1984. - 263 с.
17. Руководство по контролю качества питьевой воды. - Женева: ВОЗ. - М.: Медицина, 1987
18. Сирик В.Ф. Влияние орошения на ландшафты в Крымском Присивашье. //Труды Международной научной конференции. - Симферополь, 1998.
19. Сирик В.Ф., Соцкова Л.М., Снегур Н.И.. Охрана вод. - Симферополь, 1999, - 121 с.
20. Соцкова Л.М. Инвайроментальность орошения в Крыму /Геополитика и географические проблемы Крыма в многовекторном измерении Украины. - Симферополь, 2004, с. 177-179.
21. Супряга И.К., Липатов А.Б., Сирик В.Ф., Евтушенко Г.И. Экологические и экономические аспекты нормирования качества оросительной воды//Мелиорация и водное хозяйство 1989 - № 10.
22. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. - К.: Генеза, 1997. - С. 58-63.
23. FAO production yearbook Rome 1990, 2005
- 24.: <http://www.seib.org/polestar> и <http://www.gsg.org>.
- 25.: <http://www.rivm.nl/image>.

Словарь терминов

АГРЕССИВНОСТЬ ВОДЫ - способность воды и растворенных в ней веществ разрушать химическим воздействием различные материалы.

АНАЛИЗ ВОДЫ - определение физических свойств воды, а также химического и бактериологического состава.

БАЛАНС ВОДНЫЙ - сопоставление прихода, расхода и изменения запасов воды водосбора, территории или водного объекта за данный промежуток времени.

БАЛАНС ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ - соотношение потребностей в воде с количеством и качеством имеющихся в данное время и по данной территории водных ресурсов.

БЕЗВОЗВРАТНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ и ПОТЕРИ - часть объема воды из водного объекта, расходуемая на изготовление (выращивание) продукта, испарение, фильтрацию, утечки и т. д., водопотребление без возврата воды в данный водный объект.

БЕРЕГОВАЯ ДАМБА - дамба, ограждающая русло искусственного водотока для увеличения пропускной способности русла.

БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ - гидroteхническое сооружение для защиты берега от размыва и обрушения.

БПК - Биохимическая потребность в кислороде, или количество кислорода используемое при биохимических процессах окисления органических веществ (не включая процессы нитрификации) за определенное время инкубации пробы (2,5,8,10,20 суток) мг кислорода/мг вещества.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД - единство природных вод Земли, реализуемое в тесной связи подземных и поверхностных вод. Оно может рассматриваться на разных уровнях - глобальном, региональном и локальном. На глобальном уровне происходит разгрузка вод верхней части подземной гидросферы в моря и океаны, для которых дно Мирового океана служит базисом разгрузки. В свою очередь, морские воды в ряде случаев формируют подземные воды при седиментации осадков или вторжении морских вод в пласти-коллекторы. На региональном уровне осуществляется разгрузка подземных вод в крупные реки и водоёмы или питание подземных вод поверхностными. Такая же связь характерна и для локального уровня, где базисом дренажа служат местные водотоки и понижения рельефа. Направленность движения определяется соотношением напоров воды. Тесную связь В.П. и П.В. необходимо учитывать при изучении загрязнения природных вод.

ВЗВЕШЕННЫЕ НАНОСЫ - наносы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии.

ВОДА - химическое соединение водорода с кислородом, как природный ресурс ежегодно восстанавливается и существует в трех агрегатных состояниях - твердом, жидким и газообразном. Подразделяется на: поверхностную (находящуюся на земной поверхности), подземную (находящуюся в порах и пустотах почв, грунтов и скал); морскую (составляющую моря и океаны) и атмосферную (находящуюся в различных состояниях в атмосфере). По степени минерализации вода может быть: пресной (при содержании растворенных в ней солей до 1 г/л), солоноватой (при солености в пределах 1-24,7 г/л) и соленой (при солености более 24,7 г/л).

ВОДА ПИТЬЕВАЯ - вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения.

ВОДА ТЕХНИЧЕСКАЯ СВЕЖАЯ - вода природного источника, подаваемая для производственных целей (очищенная или неочищенная); может подаваться непосредственно потребителям или на восстановление потерь воды в системах оборотного водоснабжения.

ВОДНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО - комплекс правовых норм, регулирующих отношения, связанных с использованием и охраной водных ресурсов.

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО - область деятельности, обеспечивающая управление водными ресурсами с целью удовлетворения нужд населения и общественного хозяйства в воде, их рациональное использование и охрану от загрязнения, засорения, истощения, эксплуатацию водохозяйственных систем, а также предупреждение и ликвидацию вредного воздействия вод.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ - запасы поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории, которые используются или смогут быть использованы в общественном хозяйстве.

ВОДНЫЙ КОДЕКС - систематизированный законодательный акт, регулирующий все сферы водохозяйственной деятельности.

ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ - постоянное или временное сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима, для изучения которого

ВОДНЫЙ ФОНД - совокупность водных объектов в пределах территории Украины, включенных или подлежащих включению в государственный водный кадастров.

ВОДОБАЛАНСОВАЯ СТАНЦИЯ - специализированная гидрометеорологическая станция, производящая комплексные наблюдения за элементами водного баланса водосборов и факторами, обуславливающими их изменение.

ВОДОЁМ - постоянное или временное скопление бессточных с замедленным стоком вод в естественных или искусственных понижениях земной или поверхности. Служит областью разгрузки или питания подземных вод.

ВОДОЗАБОР - отбор из определённого водного объекта части воды для различных хозяйственных нужд или уменьшения её запасов. Инженерное сооружение по захвату подземных вод или воды из реки, водохранилища в водоотводные, оросительные, гидроэнергетические и другие системы. Подземный В. устраивают в виде одиночных скважин или колодцев, кирзов или подземных водозаборных галерей, сооружаемых для каптажа родников и т.д. Организация В. требует гидравлической предварительной экологической экспертизы.

ВОДОНАСЫЩЕННОСТЬ - коэффициент водонасыщения (относит. влажность) горных пород, представляющий собой отношение объёма воды, содержащейся в порах и трещинах, к объёму последних.

ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ - степень соответствия потребностей в воде биотического сообщества, предприятия или населённого пункта возможностям их удовлетворения, выражаемая в единицах объёма или процентах. Вариант В. (географ.) - общий процесс переноса и преобразования воды в атмосфере, гидросфере и литосфере или в отдельных элементах гидросферы.

ВОДООТВЕДЕНИЕ - 1. Совокупность санитарных мероприятий и технических устройств, обеспечивающих удаление вод сточных за пределы населённого пункта или промышленного предприятия. Осуществляется с помощью ливневой, промышленной и бытовой канализации. 2. Освобождение с помощью водоотводного канала русла реки от воды с целью проведения в нём гидротехнических работ.

ВОДООТДАЧА - способность горных пород, насыщенных водой, отдавать воду гравитационную. Величина ее выражается отношением объема выделившейся воды к объему породы, выраженным в долях единицы или процентах.

ВОДООЧИСТКА - комплекс технологических процессов, имеющих целью довести качество воды, поступающей в водопроводную сеть из источников водоснабжения или сточных вод, до установленных нормами показателей. 2. -процесс удаления из воды природных, бытовых и промышленных загрязнений с целью получения воды, пригодной для питья или технического применения.

ВОДОПОДГОТОВКА - совокупность способов обработки природной воды, применяемых для приведения её качества в соответствие с требованиями нормативных документов. Включает следующие стадии: осветление, обеззараживание, умягчение, деминерализацию, дегазацию, и добавление некоторых компонентов.

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ - использование водных ресурсов без изъятия воды из водных объектов. К водопользователям относятся гидроэнергетика, водный транспорт, рыболовство, рекреационные мероприятия.

ВОДОПОТРЕБИТЕЛЬ - гражданин или юридическое лицо, получающее в установленном порядке от водопользователя воду для обеспечения своих нужд.

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ - использование воды с изъятием её из водоёма, водотока или бассейна подземных вод. В. может быть безвозвратным, с частичным возвратом или с полным возвратом в отдалённое от водозабора место или в др. водный объект в изменённом состоянии.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ - совокупность мероприятий, имеющих целью подачу поверхностных или подземных вод потребителям в требуемых количествах и соответствующего качества.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ - деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием, восстановлением и охраной водных объектов.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС - совокупность различных отраслей общественного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы водного бассейна.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБЪЕКТ - сооружение, связанное с использованием, восстановлением и охраной водных объектов и их водных ресурсов.

ВОДОХРАНИЛИЩЕ - искусственный водоём, образованный водоподпорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока. 2. искусственный водоём, образованный с использованием естественной или искусственной впадины на поверхности земли, либо обвалованием части территории с целью хранения воды и регулирования стока.

ВОДЫ - вся вода, находящаяся в водных объектах.

ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫЕ - воды на поверхности Земли, к которым относятся воды морские, озёрные, речные, болотные и др. В. П., как правило, связаны с водами подземными и легко поддаются загрязнению.

ВОДЫ ПОДЗЕМНЫЕ - в широком смысле - все воды, находящиеся ниже поверхности Земли, независимо от фазового состояния и взаимосвязи с породой. В. П. образуют единую подземную гидросферу, которая, будучи тесно связана с литосферой, формирует гидролитосферу. Разделяются по степени связи с вмещающими породами на воды химически и физически связанные, капиллярные и свободные. По физическому состоянию делятся - на парообразные, жидкие, твёрдые. А по условиям залегания - на верховодку, грунтовые, артезианские и т.д. По генезису - на воды инфильтрационные, конденсационные, метаморфогенные, магматогенные. В. П. подразделяются также по химическому составу, минерализации, температуре, характеру использования и др. свойствам. Образуют значительную долю водных ресурсов Земли, составляющую по оценке разных авторов от 4 до 16%. В. П. являются важнейшей составной частью экосистем, тесно связанны с другими их элементами, их экологического состояние отражается на состоянии поверхностных вод, растительного и животного мира, геологической среды в целом. Отличаясь большой миграционной подвижностью, загрязнённые В. П. являются фактором распространения загрязнения.

ВОДЫ ПОЧВЕННЫЕ - воды, находящиеся в почвенном слое под влиянием сил молекулярного притяжения. В отличие от вод грунтовых обычно заполняют поры и пустоты в почве неполностью, так как часть пустот в почве занята парами воды и воздухом.

ВЫБРОСЫ (СБРОСЫ) ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ - максимальные количества веществ в сточных водах, допускаемые для сброса в водный объект в данном пункте в единицу времени и не нарушающие норм качества воды в данном створе. В. П. Д. устанавливаются с учётом ПДК веществ в местах водопользования, самоочищающей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ - сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод.

ГИДРОСФЕРА - все воды, находящиеся на земном шаре и в атмосфере во всех физических состояниях и формах.

ГИДРОУЗЕЛ - комплекс гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и целям их работы.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД - систематическое определение и регистрация в установленном порядке количества и качества забираемых и сбрасываемых вод водопользователем.

ДЕБИТ ВОДЫ - количество воды, которое можно получить из источника (буровой скважины, родника, колодца) в единицу времени.

ДЮКЕР - инженерное сооружение для транспортировки сточных вод в местах естественных (водные объекты, овраги) или искусственных (автомобильные или железные дороги) препятствий.

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ - свойство воды, обусловленное присутствием в ней ионов кальция и магния.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД - поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов или тепла.

ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ - система промышленного водоснабжения и канализации, в которой все сточные и продувочные воды после соответствующей их очистки от всякого рода загрязнителей возвращаются для повторного использования в систему водоснабжения, при этом полностью исключается сброс сточных вод в водоемы и водотоки.

ИНДЕКС КАЧЕСТВА ВОДЫ - обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования.

КАДАСТР ВОДНЫЙ - систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны.

КАЧЕСТВО ВОДЫ - характеристика состава и свойства воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

ЛИВНЕВЫЙ ПУСК - сооружение общеславной системы водоотведения для отвода поверхностных сточных вод в водный объект в период избыточного поступления сточных вод (сильного дождя, ливня) в систему коммунального водоотведения.

ЛИМИТ ОТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ - расход отводимых в водный объект сточных вод, установленный для данного водопользователя, исходя из норм отведения сточных вод и состояния водного объекта.

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ КОММУНАЛЬНОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ - свойство данных систем выполнять заданные функции, сохраняя в процессе эксплуатации установленные технологические показатели.

ОБОРОТНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ - система технического водоснабжения с рециркуляцией отработанной воды или без нее при условии многократного использования воды в том же технологическом производстве промышленного предприятия.

ОБЩЕСПЛАВНАЯ СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ - система водоотведения, предназначенная для совместного сбора, транспортировки и отведения всех видов сточных вод, включая дренажные и поверхностные сточные воды.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА СТОЧНЫХ ВОД - совокупность физических, химических, органолептических, биохимических и других свойств сточных вод.

ПДК - предельно допустимая концентрация вредного вещества в воде водоемов. Под ПДК следует понимать такую концентрацию химического соединения, которая при ежедневном воздействии в течении длительного времени на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования, а также не нарушает биологического оптимума для человека. 2. концентрация веществ, выше которой вода не пригодна для одного или нескольких видов водопользования

ПЕРЕБРОСКА СТОКА - изменение природного направления стока рек с выводом его в другой водосборный бассейн при помощи гидротехнических сооружений.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ - воды, которые текут или собираются на поверхности земли.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ - воды в литосфере во всех физических состояниях.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ СБРОС (ПДС) - максимальное количество загрязняющих веществ и общие свойства сточных вод, разрешенные организацией ВКХ специально уполномоченным государственным органом управления использованием и охраной водного фонда кбросу в водный объект.

ПРУД - мелководное водохранилище площадью не более 1 км².

РАЗДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ - система водоотведения со сбором, транспортировкой и отведением по раздельным сетям, по одной - смесь хозяйствственно-бытовых и производственных сточных вод (производственно-бытовая сеть), по другой - поверхностного и дренажного стока (дождевая сеть).

РЕКА - водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД - повторное возвращение сточных вод в процессе очистки и использования

СПАВ - синтетические поверхностные активные вещества.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ - воды и атмосферные осадки, отводимые канализационной сетью или сбрасываемые в водный объект, свойства которых были ухудшены в результате человеческой деятельности. 2. Стоки, сброшенные в поверхностные водоемы без очистки (или после недостаточной очистки) и содержащие загрязняющие вещества в количествах, превышающие утвержденные выбросы предельно допустимые. Сюда не включаются коллекторно-дренажные воды, отведенные с орошаемых полей после полива. Выделяются нормативно-очищенные и нормативно-чистые сточные воды.. Нормативно - очищенные - стоки, которые прошли очистку на соответствующих сооружениях и отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования, т.е. содержание загрязняющих веществ в этих водах должно соответствовать утвержденному предельно допустимому сбросу. Нормативно - чистые - стоки, отведение которых в водные объекты без очистки не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

ТАРИФ НА ВОДУ - стоимость водохозяйственных мероприятий по изучению, оценке, охране водных ресурсов, а также мероприятий для обеспечения потребностей в воде государственного хозяйства (регулирование и переброска соков, создание, содержание и эксплуатация водохозяйственных систем, благоустройство водных источников, забор, транспортировка и подготовка воды, ее распределение между потребителями и др.). Устанавливается дифференцированно.

ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДЫ - любые поверхностные или подземные воды, которые обозначают, пересекают границы между двумя или более государствами или расположены на таких границах. В тех случаях, когда трансграничные воды впадают непосредственно в море, пределы таких трансграничных вод ограничиваются прямой линией, пересекающей их устье между точками, расположенными на линии малой воды на их берегах.

УРОВЕНЬ ВОДЫ - высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения, например, над нулем графика гидрологического поста.

ФЛОТАЦИЯ - всплытие взвешенного в воде вещества на поверхность, например, с помощью улавливания газа.

ХЛОРИРОВАНИЕ - введение определенного количества хлора или его соединений в воду или сточную жидкость с целью их обезвреживания, обесцвечивания, устранения запаха и т.п.

ХПК - химическая потребность в кислороде, определенная бихроматным методом, т.е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей содержащихся в воде, мг кислорода/мг вещества.

ЩИТ - плоский затвор для перекрытия отверстия гидротехнического сооружения (водовода) для регулирования горизонтов и расходов воды.

ЭВТРОФИРОВАНИЕ ВОД - повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов.

ЮВЕНИЛЬНЫЕ ВОДЫ - подземные воды, образующиеся из кислорода и водорода, выделяющегося из магмы и впервые вступающие в круговорот воды в природе.

ЯРУСНОЕ ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ - водозаборное сооружение, при помощи которого забирают воду с нескольких уровней воды в зависимости от уровня воды в водоеме или водотоке и от качества воды на разных глубинах.

Соцкова Л.М. Сирик В.Ф., «Водное хозяйство»
Учебное пособие для ВУЗов – Симферополь:
Таврический гуманитарно-экологический институт 2011г.-252 с., ил.

Рецензия

Бурное развитие промышленности и интенсификация сельского хозяйства, увеличение населения и урбанизация вызывают неуклонный рост водопотребления. Проблемы комплексного использования вод приобрели в настоящее время огромное значение для Украины и особенно для Крыма.

Пособие написано в соответствии с учебным планом. Настоящее пособие содержит 252 стр. иллюстрировано многочисленными рисунками и таблицами.

Пособие знакомит студентов со структурой, задачами и проблемами организации водного хозяйства. Будущие специалисты должны обладать глубокими знаниями и способностью самостоятельно анализировать водохозяйственные проблемы и решать сложные задачи по рациональному использованию водных ресурсов, предотвращению их от истощения и загрязнения. В пособии особое внимание уделено проблемам влияния водохозяйственных объектов на окружающую среду, рациональное использование и охрану вод Крыма.

Пособие будет полезно при чтении лекций и выполнении практических работ по дисциплинам «Водное хозяйство», «Мониторинг окружающей среды», «Нормирование антропогенных нагрузок на окружающую среду», «Гидромелиорация».

Декан экологического факультета

Зав. кафедрой Прикладной экологии,
Доцент, канд. геол. мин. наук

 Захаров Е.П.