

**Лектор – Назаров Александр Дмитриевич, доцент,
кандидат геолого-минералогических наук**

Лекции по курсу «Водоснабжение и инженерные мелиорации»

1. Комплексное использование и охрана водных ресурсов

Дисциплина «Водоснабжение и инженерные мелиорации» является логическим завершением многих специальных курсов и посвящена вопросам практического использования водных ресурсов и их сохранению как наиболее важного природного ресурса (после атмосферного воздуха), обеспечивающего жизнь на планете Земля.

Эволюция человека и человеческого общества связана с постоянно растущим потреблением воды. В целом оно превосходит суммарное потребление всех видов ресурсов и продукции.

В качестве примера роста потребления воды можно привести такие цифры:

- в период с 1900 до 1975 г. промышленное водопотребление возросло:
- в мире - в 21 раз – от 30 до 630 км³/год;
- в СССР - в 83 раза – от 1 до 83 км³/год.

В период с 1913 по 1968 г.г. население в СССР возросло в 1,5 раза, а потребление воды - более чем в 5 раз. Это связано с ростом промышленности, особенно наиболее водоемкой отрасли – гидроэнергетики (см. табл.).

Темпы развития народного хозяйства и водопотребления в СССР

Показатели	Годы		
	1913	1940	1968
Численность населения, млн.чел.	159	194	236,7
Объем промышленной продукции (по отношению к 1913 г.)	1	7,7	79
Выработка электроэнергии гидростанциями, млрд. квт. ч.	0,04	5,1	104
Площади орошения, млн. га	4	6	93
Объем используемой воды, км ³	49	80	250

Водопотребление и водообеспечение во всем мире, в том числе и в нашей стране, имеет несколько особенностей. Главные из них состоят в следующем:

1. Количество и пространственное распределение водных ресурсов не всегда соответствуют потребностям в них и, следовательно, потребность в ресурсах не всегда соответствует их наличию;

2. Использование воды отличается значительной неравномерностью. Наиболее постоянное водопотребление на промышленных предприятиях, работающих круглосуточно, при водоснабжении населенных пунктов и в гидроэнергетике. Гораздо менее равномерно водопотребление в орошении, водном транспорте, рыбоводстве. При орошении подача воды нужна лишь в вегетационный период; водный транспорт и лесосплав нуждаются в поддержании определенных глубин в период навигации, рыбное хозяйство в период нереста. В некоторых отраслях хозяйства потребление воды существенно изменяется в течение суток. Все это весьма усложняет использование воды и ее распределение между потребителями.

3. Особое значение приобретает разделение вод по качеству. Для питьевого водоснабжения должна использоваться вода высшего качества, прежде всего подземная, а также незагрязненных водоемов и водотоков. Для нужд промышленности и орошения может быть использована вода более низкого качества за исключением отдельных видов промышленности. Для гидроэнергетики, судоходства, лесосплава качество воды особого

значения не имеет. Требования отдельных отраслей хозяйства к качеству воды сформулированы в нескольких нормативных документах – ГОСТах для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водоснабжения и в ТУ (технических условиях) для различных отраслей промышленности, питьевых – в ГОСТах и СанПиНах

4. Рост водопотребления вызвал и рост сброса сточных вод. Для защиты вод от загрязнения требуется многократное разбавление стоков. В условиях дефицита воды это зачастую становится невозможным. В конечном итоге ухудшается качество природных вод.

В силу указанных проблем использование вод и весь процесс водоснабжения – водоотведения становятся сложными задачами, решение которых требует специальной организации. В последние 30-40 лет это направление народного хозяйства оформилось в виде отрасли, которая получила название –

1.1. Водное хозяйство

Различные ученые и практики вкладывали в это понятие несколько разный смысл. К настоящему времени наметились 2 подхода в его определении. В “Водохозяйственном словаре” (1970 г.) говорится, что

“**водное хозяйство** – это совокупность мероприятий, направленных на изучение, учет, охрану и использование водных ресурсов для нужд общества и государства, а также на борьбу с ущербом, причиняемым народному хозяйству разрушительными действиями воды”

Другой вариант определения “водного хозяйства”, сохраняя содержание первого, расширяет его и звучит так:

“**Водное хозяйство** – это отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения и транспортировкой их к месту назначения (потребления)”

Как видим, первое определение включает “использование вод”, а второе – только “планирование использования”, первое не включает очень важный элемент – транспортировку воды, а второе – борьбу с разрушительными действиями воды

На мой взгляд, суть водного хозяйства объединяет оба эти понятия и поэтому определение лучше звучит так:

“**Водное хозяйство** – это отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием и комплексным использованием водных ресурсов, их транспортировкой к месту назначения, охраной от загрязнения и истощения и борьбой с разрушительными действиями воды”

Отсюда вытекают **основные задачи** водного хозяйства:

- а) обеспечение всех отраслей народного хозяйства водой в необходимом количестве,
- б) необходимого качества ,
- в) и в нужное время,
- г) борьба и предупреждение разрушительного действия воды

1.2. Следующие виды использования водных ресурсов

Водное хозяйство включает обслуживание следующих водопотребителей:

- 1) хозяйственно-бытовое водоснабжение;
- 2) водоснабжение промышленных предприятий и теплоэнергетики;
- 3) обеспечение гидроэнергетики;
- 4) сельскохозяйственное водоснабжение (водоснабжение, орошение и обводнение, осушение земельных угодий);
- 5) водный транспорт;
- 6) лесосплав и рыбное хозяйство;
- 7) спортивно-оздоровительное использование;

- 8) водоотведение;
- 9) борьба с разрушительными действиями воды: наводнениями, селями (водно-грязевые выносы), оползнями, размывом берегов и т.д.

Как любая отрасль народного хозяйства, водное хозяйство характеризуется своим особым производственным процессом.

Цель этого процесса состоит в создании определенного режима водных источников, который обеспечит возможность бесперебойного использования водных ресурсов всеми потребителями. Создание такого режима достигается обычно с помощью специальных гидротехнических сооружений, которые образуют важнейший элемент **производственного процесса** водного хозяйства.

Конечным результатом такого процесса является подготовленная к разным видам использования вода, представляющая собой **продукцию водного хозяйства**

Следовательно, продукция водного хозяйства – это, прежде всего, вода, подготовленная к различным видам использования. Для различных потребителей эта продукция характеризуется различными показателями:

А) это вода определенного качества, доставленная водопотребителям в определенном объеме и в необходимое для них время;

Б) объем воды, поддерживаемый на определенном уровне, который обеспечивает выработку электроэнергии, судоходство, лесосплав, орошение;

В) водная среда, обладающая необходимыми для развития живых организмов скоростями течения, течением и кислородным режимами, если они обеспечиваются с помощью каких-либо мероприятий

Водные ресурсы, подвергнутые обработке в ходе использования обществом, приобретают определенную **трудовую стоимость**. Она измеряется капитальными и текущими затратами на создание и эксплуатацию гидротехнических сооружений, при помощи которых осуществляется использование продукции водного хозяйства, т.е. водных ресурсов

Водное хозяйство во всех развитых странах превратилось в систему организованно планируемых мероприятий по **рациональному и комплексному использованию водных ресурсов** и их охране от истощения и загрязнения

Бесперебойное водоснабжение всех отраслей народного хозяйства и населенных мест достигается путем создания устойчивых во времени запасов воды на основе поиска и разведки месторождений подземных вод, регулирования или перераспределения поверхностного стока и централизованной подачи воды потребителям. Это связано с огромными объемами гидротехнического, мелиоративного и других видов строительства, требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Целесообразность переброски стока определяется экономическими показателями: затратами на водоснабжение, влиянием этих затрат на стоимость продукции, использующей воду; экономическим эффектом от улучшения условий водообеспеченности, улучшением экологической обстановки и многим другим.

Межбассейновая переброска стока из многоводных бассейнов в маловодные стала одним из важнейших мероприятий в системе водного хозяйства страны.

За годы советской власти были осуществлены крупные межбассейновые переброски стока рек. Построены каналы Волга-Москва, Волга-Дон, Днепр-Кривой Рог, Северо-Крымский, подающий воду Днепра в северную засушливую часть Крыма, Каракумский, Иртыш-Караганда и др.

Вторым условием бесперебойного водоснабжения является согласование интересов многих отраслей народного хозяйства. Необходимые для этого мероприятия зачастую изменяют веками установленные связи в природе, что может негативно влиять на экологическую ситуацию больших территорий.

В связи с этим водное хозяйство не может функционировать в виде разрозненных, не взаимодействующих элементов. В современных условиях водное хозяйство страны формируется в виде сложной иерархической **структуры**.

1.3. Структура водного хозяйства

Верхней ступенькой водохозяйственной структуры является

Единая водохозяйственная система страны – ЕВХС, ее основное назначение – объединять крупнейшие природные источники водных ресурсов по всей стране и осуществлять их регулирование и распределение между основными регионами. При формировании ЕВХС решаются технические, экономические и организационные проблемы.

Одним из первых этапов создания ЕВХС явилось формирование водного хозяйства как отдельной отрасли путем централизации управления системы в целом и ее отдельных объектов.

Основные функции ЕВХС состоят в следующем:

- 1) учет количества и качества вод в крупнейших водоемах и водотоках;
- 2) прогноз развития водного хозяйства с учетом изменений природной среды и основных тенденций социального развития общества и научно-технического прогресса;
- 3) формирование крупных программ водохозяйственного строительства на основе централизованного федерального финансирования;
- 4) обеспечение всех отраслей хозяйства водой в соответствии с их требованиями к качеству и количеству, и режиму подачи;
- 5) осуществление контроля за состоянием и качеством вод в процессе их использования, очистки и отведения.

Формирование ЕВХС является основной задачей будущего развития водного хозяйства страны.

Следующей ступенью единой водохозяйственной структуры страны является

1.4. Региональная водохозяйственная система (РВХС)

Она формируется в пределах отдельных регионов страны. Она объединяет объекты и системы крупнейших водотоков и водоемов крупных регионов страны. Регулирование использования водных ресурсов внутри этих регионов осуществляется за счет **межбассейнового** перераспределения водных ресурсов. Управление региональными системами осуществляется централизованно на уровне регионов. На территории бывшего СССР за годы советской власти сформированы 3 основных хозяйственных региона: Европейская часть страны; Западная Сибирь – Казахстан – Средняя Азия; Восточная Сибирь и Дальний Восток. К настоящему времени наиболее сформирована РВХС в Е.Ч.С. Основные водохозяйственные мероприятия этой системы – территориальное перераспределение речного стока. Оно осуществляется по системе каналов: им. Москвы, Северский Донец – Донбасс, Днепр – Кривой Рог, Днепр – Крым, Волга – Дон и др. Общий объем переброски составляет 25-30 км³/год. При этом сформирована глубоководная транспортная система внутри страны. Она включает каналы: Беломорско-Балтийский, Волго – Донский, им. Москвы. Они связали крупнейшие реки, озера и моря Европейской части страны, а именно: Волгу, Днепр, Дон, Неву, Ладожское, Онежское озера, Белое, Балтийское, Каспийское, Азовское и Черное моря. При дальнейшем развитии этой системы переброска стока должна достигнуть 60-70 км³/год, т.е. увеличится.

Формирование **РВХС Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии** связывалось с переброской части стока Оби и Иртыша в бассейн Аральского моря. На первом этапе объем этих перебросок должен был составить 25-30 км³/год. В настоящее время в связи с

распадом СССР формирование этой системы приостановлено. Каждая из стран, входящих в эту РВХС, пытается решать свои водохозяйственные проблемы самостоятельно.

Создание **РВХС в восточных районах** страны началось с освоения водных ресурсов Ангары, Енисея, Амура. На Ангаре и Енисее построен каскад водохранилищ и ГЭС, на Амуре построена Зейская ГЭС с водохранилищем, заканчивается строительство Буреинской ГЭС с водохранилищем. Задачи этих водохранилищ – не только в получении электроэнергии, но и защите прилегающих районов от наводнений. Пока в эту систему не включен бассейн реки Лены, но чрезвычайные события весны – лета 2001 года ставят вопрос о расширении водохозяйственного строительства в ее бассейне, главным образом, для защиты от наводнений.

Следующая ступень водохозяйственной структуры страны – это **Бассейновые водохозяйственные системы (БВХС)**. Они создаются в пределах **водосборных бассейнов** отдельных крупных рек. Основой их формирования являются, как правило, каскад водохранилищ на основной реке и ее притоках.

Основная задача БВХС – регулирование стока бассейна реки для удовлетворения всех водопользователей, пользующегося водными ресурсами этого бассейна, при условии их рационального использования. Практически на всех крупнейших реках южного склона территории ЕЧС созданы каскады водохранилищ с общим зарегулированным объемом стока около 150 км³. Наиболее развитые водохозяйственные системы созданы в бассейнах Волги, Камы, Днепра, Дона, Днестра. Практически все БВХС в ЕЧС имеют комплексное значение. В восточной части страны такие системы наиболее развиты лишь в бассейнах Енисея и Ангары, частично – в бассейне верхней Оби. Следующей ступенькой иерархической лестницы водохозяйственной структуры страны являются:

1.5. Водохозяйственные комплексы (ВХК)

Они образуются, главным образом, на базе комплексных гидроузлов и сопутствующих им объектов и являются основными составляющими элементами БВХС.

Основная задача ВХК состоит в регулировании стока реки с целью согласованного **удовлетворения** всех водопотребителей, т.е. водоснабжение населения и промышленности, энергетики, сельского хозяйства, водного транспорта и др. в отношении количества, качества воды и своевременной ее доставки в условиях **неравномерного стока**. В области охраны природы важнейшие функции ВХК в зоне влияния гидроузла состоят в следующем:

- а) обеспечение пропусков воды для поддержания гидробиологического режима водотока;
- б) регулирование уровня подтопления земель;
- в) выполнение необходимых санитарно-гигиенических требований в районе водохранилища и в нижнем течении реки.

На нижней ступеньке водохозяйственной структуры страны находятся **отраслевые водопользователи (ОВ)**, которые непосредственно потребляют воду или используют водную среду. Это конкретные предприятия и отдельные (более мелкие) потребители и пользователи. Формирование водного хозяйства и его отдельных (единых) систем начинается с самой нижней ступеньки, т.е. с конкретных водопотребителей и водопользователей, объединяющихся в ВХК. Именно эта единица всей водохозяйственной системы любой страны является главной, наиболее приближенной к реальной хозяйственной и социальной системе страны. Изучение ВХК, его участников, взаимосвязей между ними и составляет основную часть курса.

1.6. Водохозяйственное районирование территории РФ и стран СНГ

После того, как мы познакомились со структурой водного хозяйства и потребителями его продукции, и знаем, как распределяются водные ресурсы по территории страны, целесообразно рассмотреть распределение водопотребителей по стране и их

приуроченность к определенным водным объектам и ресурсам. При этом необходимо выявить перспективы дальнейшего развития отдельных территорий ВХ районирования. Это лучше всего просматривается (обнаруживается) в водохозяйственном районировании страны. Это деление страны или ее части по уже сформировавшемуся или будущему ВХК. Водохозяйственное районирование отражает специфические черты географического размещения водного хозяйства страны. Оно необходимо для планирования развития народного хозяйства. С ростом дефицита воды оценка возможностей развития производства в районе начинается с оценки водных ресурсов, которые приобретают первостепенное значение. Отсюда вытекает роль водохозяйственного районирования в системе экономического и в целом комплексного районирования страны. Оно выявляет возможность комплексного районирования страны. Необходимость такого районирования обеспечивается административно-территориальным делением страны и потребностями развития каждого района. Как мы видим на карте ВХ районирования большинство экономических районов являются интегральными, объединяющими несколько отраслей хозяйства, но бывают и узко специализированные, отраслевые экономические районы, ориентированные на использование их естественных ресурсов. В стране давно сложились топливно-энергетические районы, в том числе угольные, нефтяные и газовые, черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, сельскохозяйственные районы. В этих районах, да и во всех остальных, водное хозяйство выступает посредником между природой и потребителями воды. По этой причине ВХ районы можно считать особым видом экономического районирования, являющимся в то же время элементом интегрального районирования.

Объективной основой водохозяйственного районирования служат реально существующие территориально-производственные комплексы, которые во взаимодействии с водными ресурсами определяют экономическое единство района. Территориальную структуру водохозяйственного районирования создают производственные взаимосвязи отраслей народного хозяйства между собой, а также с потребителями. Однако водохозяйственные районы охватывают не только отрасли народного хозяйства, т.е. сферы производства и потребления.

Производственной базой водохозяйственного района является источник водоснабжения с гидротехническими сооружениями, т.е. природная и техническая части ВХК, а зоной водообеспечения – связанная с ними хозяйственно насыщенная территория. Связь между водными ресурсами (т.е. природой) и хозяйством реализуется в водохозяйственном районе – опосредовано, через формирование конкретных типов производственно-территориальных комплексов.

При этом один водный источник редко образует основу водохозяйственного района, чаще всего это несколько водных источников. Следовательно, **водохозяйственное районирование может осуществляться по следующим признакам:**

- 1) по тяготению к бассейнам определенных рек;
- 2) по существующему экономическому и административно-территориальному делению страны;
- 3) по характеру использования водных ресурсов;
- 4) по сложившейся структуре водохозяйственных комплексов.

Первоначальный этап районирования – установление факторов районирования, а с ними – и границ районов:

- 1) в первую очередь учитываются ресурсы поверхностных и подземных вод. Их характер определяет масштабы и режим возможного использования;
- 2) далее учитываются климатические условия, которые влияют на размеры безвозвратного водопотребления, особенно сельским хозяйством;
- 3) далее – хозяйственная специализация района, которая и определяет специфику водохозяйственного комплекса.

Отсюда следует определение водохозяйственного района (ВХР района).

ВХ район – это территория с общностью источников водных ресурсов и структуры водного хозяйства при многостороннем характере использования водных ресурсов, т.к. для большинства водопотребителей основным источником являются поверхностные воды, то водохозяйственные районы, как правило, должны совпадать с бассейнами основных рек или их частями.

На основании такого подхода на территории СССР выделено 20 водохозяйственных районов.

Этот принцип (учет перечисленных факторов) использовался при составлении “Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР”, выполненный под руководством института Гидропроект. Этот же принцип используется и в практике органов водного хозяйства.

В качестве территориальных единиц водохозяйственного районирования приняты бассейны основных рек или крупные экономические районы.

В бассейнах основных рек (охватывают огромные территории), на которых могут сформироваться несколько крупных экономических районов и систем, например, в бассейне реки Волги. В то же время имеются крупные экономические районы, принадлежащие к различным речным бассейнам (Северо-Запад, Центр, Центральнo-Черноземный р-н и др.)

Следовательно, водохозяйственное районирование исходит из учета не столько природных предпосылок, сколько исторически сложившихся хозяйственных особенностей. Поэтому в основе водохозяйственного районирования должны находиться связи между хозяйством и необходимыми для него водными ресурсами. Кроме водных ресурсов и сложившихся экономических районов, водное хозяйство включает технологию и технику добычи воды, ее транспортировку, очистку и другие показатели. Эту сторону водного хозяйства также необходимо учитывать при водохозяйственном районировании.

Таким образом, к водохозяйственному районированию следует подходить на основе учета уже сложившегося и перспективного размещения хозяйственных комплексов, их тяготения к определенным источникам водоснабжения.

На основании всего этого можно сказать, что **ВХ район** – это территория, характеризующаяся определенной общностью свойств водных источников, спецификой хозяйственного водопотребления и составом производств, использующих в настоящее время или в перспективе эти источники водоснабжения.

Это определение приобрело более общий характер, но специфическое содержание сохранилось.

Методология водохозяйственного районирования разнообразна, но чаще всего при этом не учитывается экономическая значимость водных ресурсов. Она была учтена в 1961 – 1962 годах. При этом выделены следующие **виды районов**:

- 1) со свободными водными ресурсами, не нуждающимися в регулировании стока;
- 2) районы, в которых необходимо сезонное или многолетнее регулирование;
- 3) районы, нуждающиеся в переброске стока из других районов;
- 4) районы с исчерпанными водными ресурсами и ограниченными возможностями для обводнения извне;
- 5) районы, нуждающиеся в неотложных мерах по очистке водоемов;
- 6) бассейны рек, сохраняемые как резервные для водоснабжения растущих индустриальных центров.

При районировании учтена водообеспеченность территории по количеству и качеству воды и вид водного источника. В лесной и лесостепной зонах ведущую роль играют поверхностные воды, а в бессточных районах основой являются ресурсы подземных вод.

Среди экономических условий решающую роль играют размещение населения и хозяйства.

Одно из последних районирований выполнено К.В. Долгополовым и Е.В. Федоровой. Оно носит комплексный характер и включает 3 раздела, вида (блока), информацию:

- 1) общая характеристика района (территория, население);
- 2) характеристика природных водных источников;
- 3) характеристика водопотребления

Достаточность водных ресурсов оценивалась по удельной водообеспеченности, т.е. объему стока с 1 км² на 1 жителя.

Уровень водопотребления – по фактическому объему потребляемой воды.

По таксономической соподчиненности при этом районировании выделяются:

- 1) водохозяйственные зоны, объединяющие несколько водохозяйственных районов (Средняя Азия, Европейская часть СССР, Сибирь, Дальний Восток – т.е. территории с различным уровнем ограничений в использовании водных ресурсов или без ограничений);
- 2) водохозяйственные районы, т.е. территории с общностью источников водных ресурсов и структуры водного хозяйства;
- 3) подрайоны – выделяются в пределах районов к крупным водохозяйственным системам, обслуживающим промышленные узлы, большие массивы орошаемого земледелия.

Масштаб районирования: **мелкий** - для водохозяйственных зон, где критерии районирования генерализованы, обобщены; **средний** – для отдельных районов и **крупный** – для подрайонов или их частей.

1.7. Границы водохозяйственных таксонов

Границы водохозяйственных зон совпадают, как правило, с границами географических регионов; границы районов – с границами крупных экономических районов, но в пределах последних может быть выделено несколько водохозяйственных районов, имеющих различную структуру водохозяйственных комплексов. Часто водохозяйственные районы выделяются путем объединения административных единиц, подрайонов – по границам крупных водохозяйственных систем. По комплексу указанных признаков на территории СССР выделен 41 район, в том числе 21 – на территории РФ. Эти районы объединены в 6 типов – по наличию водных ресурсов, характеру их использования и перспективам обеспеченности водой.

Первый тип – районы, расположенные в пустынных и полупустынных зонах, характеризующиеся минимальной водообеспеченностью на всей исследованной территории. Поскольку это, в основном, Казахстан и Средняя Азия, мы не будем их характеризовать детальнее.

Второй тип водохозяйственных районов – это Донно-Кубанский, Терско-Кумский, Тоболо-Ишимский, Иртышский расположены в степной зоне неустойчивого увлажнения. Они характеризуются недостаточной и резко недостаточной природной водообеспеченностью. В хозяйственной структуре преобладает сельское хозяйство, преимущественно производство зерна. Из-за неустойчивого естественного увлажнения производительность сельского хозяйства резко колеблется по годам.

Из-за ограниченности водных ресурсов размещение водоемких производств в этих районах проблематично, в т.ч. расширение орошаемого земледелия.

Возможности переброски стока рек из других районов в 60-ых годах не рассматривались, а в настоящее время эта проблема актуальна.

Третий тип – это наиболее густо заселенные районы Волжско-Окский, Верхне-Окский, Центрально-Черноземный, Восточно-Уральский. Здесь множество городов, образующих крупнейшие агломерации – Москва, Урал (Свердловск-Екатеринбург).

Здесь преобладают обрабатывающая и добывающая промышленность с большим удельным весом водоемких производств в т.ч. тепловых электростанций, металлургии, текстильной и пищевой промышленности. Огромному объему водопотребления соответствует и столь же большой объем водоотведения, ухудшающий качество вод. Природная водообеспеченность этих районов невысокая, поэтому развитие водоемких производств целесообразно ограничить. Водное хозяйство этих районов находится в очень

сложном положении, т.к. в регулировании стока достигнут предел. Усиленно используются подземные воды, но в ряде районов дефицит водных ресурсов наблюдается. Для этих районов ставится вопрос о межбассейновых перебросках стока.

Четвертый тип водохозяйственных районов – это районы с наиболее разветвленной структурой водохозяйственных комплексов, расположенные в бассейнах Волги, Оби: - Волго-Камский, Верхнекамский, Верхнеобский. В них размещены общероссийские базы железорудной промышленности, металлургии, нефтяной и химической промышленности. Все эти отрасли характеризуются очень высокой водоемкостью. Здесь созданы и мощная гидроэнергетика и водный транспорт.

При высокой общей плотности населения здесь имеется много крупных городов. Хорошо развито орошаемое земледелие. Бассейны Волги имеют уникальное рыбохозяйственное значение. Все это обеспечило очень большие объемы водопотребления, которые будут возрастать и далее. Для этих районов требуется пополнение частью стока северных рек.

Пятый тип – это хорошо увлажненные районы с широким развитием заболоченности. Это Волго-Вятский, Приморский, Сахалинский районы. В их хозяйстве преобладает добывающая, нефтеперерабатывающая, химическая, целлюлозно-бумажная промышленности, имеющие высокую водоемкость. Здесь много крупных городов. Общее водопотребление велико. Речной сток достаточно велик, но неравномерен. В целом он достаточен пока для удовлетворения всех нужд в воде.

Шестой тип – это районы с наиболее высокой водообеспеченностью, слабо освоенные и редко заселенные. Это Северо-Двинский, Печоро-Вычегодский, Озерный, Обь-Иртышский, Байкало-Енисейский, Ленский, Северо-Восточный, Приамурский районы. Они характеризуются огромными запасами водных ресурсов. В этих районах основные компоненты водного хозяйства – водоснабжение промышленности и населения, речной транспорт (включая лесосплав), рыбное хозяйство. Огромный гидроэнергетический потенциал этих районов почти исчерпан.

Колоссальные запасы воды, аккумулированные в больших озерах (Ладога, Онега) частично могут быть переброшены в южные маловодные районы. Эти районы весьма перспективны для размещения водоемких и энергоемких производств, водного транспорта.

На этих территориях пока отсутствует необходимость количественных ограничений в использовании водных ресурсов. Эти районы перспективны для межбассейновых перебросок. Проект такой переброски лет 15-20 назад разрабатывался. Предполагалось часть стока из 6 типа районов перебросить в 1ый, т.е. из бассейна реки Оби в Среднюю Азию. Он не был реализован в том числе из-за протеста общественности по причине слабой проработки возможных последствий.

Водохозяйственное районирование позволяет выявить проблемы отдельных районов и их частей, связанные с водными ресурсами, и наметить пути их решения. Итоги водохозяйственного районирования реализованы в “Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов” России.

2. Водохозяйственный комплекс (ВХК)

Исходя из перечня потребителей, которых обслуживает водное хозяйство, а именно его основная единица – ВХК, можно определить это понятие следующим образом:

ВХК – это совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы определенной части водного бассейна или бассейна в целом.

С позиций науки о водном хозяйстве это определение может быть расширено.

ВХК – это сложная водохозяйственная система, которая функционирует на основе научно-обоснованных долгосрочных прогнозов в отношении требований, предъявляемых различными отраслями хозяйства к количеству и качеству воды с учетом рационального и

комплексного использования водных ресурсов с минимальными отрицательными последствиями для природы.

Из этих определений вытекают требования к ВХК, которые в общем виде сводятся к следующему:

- 1) обеспечение водой всех потребителей в достаточном количестве, соответствующего качества, в необходимом месте и в необходимое время;
- 2) сохранение природных условий и гарантии охраны воды от загрязнения, засорения и истощения;
- 3) обеспечение наибольшего экономического эффекта в сфере хозяйственной деятельности, обслуживаемой данным ВХК;
- 4) гарантия простой и надежной работы всех технологических систем ВХК.

Эффективное функционирование ВХК возможно лишь при комплексном использовании водных ресурсов и эффективном взаимодействии всех его участников. Что включает в себя такое понятие, как “КИ и ОВР”? Наука о водных ресурсах и водном хозяйстве определяет это следующим образом: КИ и ОВР:

1) всестороннее изучение природных вод в отдельных речных бассейнах и экономических районах с учетом антропогенного влияния в современных условиях и на перспективу;

2) выявление потребностей в воде всех отраслей хозяйства, обоснование норм водопотребления с учетом повторного или последовательного использования воды и определения безвозвратных потерь;

3) согласование запросов отдельных водопользователей с выделением наиболее эффективных и экономично расходующих воду;

4) разработка водохозяйственных балансов (ВХБ) и выделение на их основе районов, испытывающих наибольший дефицит в воде;

5) установление мер по охране природных вод от истощения и загрязнения, разработка мер по очистке, обеззараживанию и использованию промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоков;

6) определение объемов финансирования объектов водохозяйственного строительства и экономического эффекта от реализации запроектированных мер;

7) оценка изменений природных условий в зонах проведения крупных водохозяйственных мероприятий, т.е. экологический прогноз;

8) обоснование объема проектно-изыскательских и научно-исследовательских работ с определением состава их исполнителей.

Очевидно, что выполнение этих задач связано с функционированием всей водохозяйственной системы страны и в первую очередь – ее основного звена – ВХК. В то же время п.п. 5 и 7 – требуют создания водоохранного комплекса.

Водоохранный комплекс – это система сооружений и устройств для поддержания количества и качества воды в данном пункте или в данном водном объекте. Такие сооружения предусматриваются при создании систем осушения, строительстве водохранилищ, выпусках загрязненных стоков и в других случаях, если водохозяйственный комплекс оказывает негативное влияние на водный объект.

В половодье гидроэнергетике требуется накопление воды в водохранилище, а рыбное хозяйство требует _____ из водохранилища для поддержания оптимальных глубин на нерестилищах в нижнем бьефе.

Противоречия решаются при формировании ВХК на стадии разработки режима его функционирования путем согласования интересов всех участников ВХК.

При строительстве комплексных гидроузлов для каждого из них выделяется основной (приоритетный) участник. В Волжском, Камском, Ангарском, Енисейском каскадах ведущая роль принадлежит энергетике, в южных районах страны – сельскому хозяйству, но главным приоритетом повсеместно остается хозяйственно-питьевое водоснабжение населения.

2.1. Структура ВХК

ВХК включает 3 взаимосвязанных между собой части: природную, техническую и экономическую.

Природная часть – это водные объекты и водные ресурсы, другие компоненты природной среды, а также местные природные условия. Они являются основой создания и развития ВХК. Они же воспринимают техногенное воздействие ВХК.

Экономическая часть – она учитывает экономические интересы всех отраслей хозяйства, т.е. всех участников ВХК. Включает интересы производства, социального развития территории и водохозяйственный баланс. Ее цель состоит в достижении наибольшего экономического эффекта от ВХК и максимального снижения ущерба от недополучения воды, ее загрязнения, засорения и истощения. Она распределяет капиталовложения на строительство и эксплуатацию объектов ВХК.

Техническая часть – это общие и отраслевые технические сооружения, а также водохранилища, защитные и другие сооружения. Они обеспечивают эффективную работу всего комплекса.

Основой технической части являются:

Водохозяйственные объекты (ВХО). Это гидроузел вместе с водохранилищем и всеми сопутствующими сооружениями. ВХО может быть энергетическим, водотранспортным, оросительным, водоснабженческим, т.е. водные ресурсы могут использоваться для одной отрасли. Чаще всего ВХО являются комплексными, т.е. водные ресурсы используются для различных целей с помощью сооружений, которые могут быть отраслевыми или общими.

Общим для всех участников ВХК являются подпорные сооружения (плотины, дамбы), водохранилища, сооружения, регулирующие расход воды (водосливы, водосбросы и т.п.).

Отраслевые – гидроэлектростанция, судоходный шлюз, водозаборы, рыбопропускные сооружения и др.

Сопутствующие объекты осуществляют технологические связи между гидроузлом и потребителями. Это: ЛЭП от ГЭС до приемной подстанции, магистральные и оросительные каналы, водопроводы и др.

Завершая характеристику структуры ВХК, следует отметить, что при проектировании стремятся достигнуть наибольшей экономической 1) эффективности от использования водных ресурсов для всего хозяйственного комплекса в целом, а не для какой-либо отдельной отрасли. Обязательное условие при этом – 2) вредное воздействие на водные ресурсы и другие компоненты окружающей среды не должно превышать допустимое.

2.2. Классификации ВХК по масштабам распространения

ВХК классифицируются по масштабам распространения, типам сооружений и числу участников.

По масштабам распространения они делятся на

- глобальные (межгосударственные),
- государственные,
- зональные,
- бассейновые,
- части бассейнов.

Глобальные. К ним относятся ВХК, использующие водные ресурсы пограничных рек или рек, проходящих транзитом через ряд стран. Это, например, Амур (Россия и Китай), Припять (Белоруссия и Украина), Дунай (несколько стран).

В дальнейшем в этот вид ВХК в качестве водных ресурсов могут быть вовлечены атмосферные осадки при искусственной стимуляции их выпадения, а также айсберги, ледники.

Государственные ВХК – приравниваются к водохозяйственной системе страны – ЕВХС. В РФ в связи с огромными масштабами страны такая система только начала

формироваться. Общий признак такой системы – это решение водохозяйственных проблем страны на основе долгосрочных прогнозов ее экономического развития. При этом для удовлетворения потребностей в воде могут привлекаться отдаленные ресурсы.

Зональные ВХК – это водохозяйственные системы определенного экономического района, предназначенные для решения водохозяйственных проблем этого района. Основная их цель – наиболее полное и эффективное использование водных ресурсов для развития экономической зоны (или группы экономических районов) путем, прежде всего, совершенствования самого водного хозяйства.

Примеры таких ВХК – это водное хозяйство экономических зон в бассейнах Волги, Днепра, Дона, Иртыша, Среднеазиатских рек, т.е. когда несколько экономических районов используют водные ресурсы одного или нескольких близко расположенных речных бассейнов. Организационной основой для этого являются региональные схемы комплексного использования водных ресурсов этих рек. (РВХС). К настоящему времени созданы многие зоны ВХК и могут появиться новые по мере развития производительных сил страны и увеличения потребностей в воде.

Бассейновые ВХК – это ВХК одного речного бассейна, предназначенные для комплексного использования его водных ресурсов. Наиболее часто они создаются в мелиорации и гидроэнергетике.

Практически по всем бассейнам крупных рек составлены и в разной степени реализованы “Схемы комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов” с перспективой на 15-20 лет. Они ассоциируются с региональной водохозяйственной системой (РВХС). В этих схемах достаточно полно учитываются природные и социально-экономические особенности районов, более точен долгосрочный прогноз развития народного хозяйства. В них более обоснованно назначаются мероприятия, обеспечивающие максимальную эффективность всего хозяйства.

ВХК части бассейнов – это ВХК, сформировавшиеся в части бассейнов рек. Они формируются после планирования и рассмотрения ВХК более высоких порядков и являются одними из начальных элементов их реализации. Создаются на основе проектных решений по использованию участков реки. Здесь более детально прорабатываются все вопросы использования водных ресурсов части основной реки и ее притоков, природоохранные вопросы.

2.3. Классификация ВХК по типам сооружений и числу участников

По типам сооружений и числу участников ВХК в функциональном отношении взаимосвязаны, поэтому они рассматриваются совместно.

Они могут быть:

1) одноузловые отрасли,
т.е. для орошения (K_2)
или энергетики (K_3)

2) чаще строят одноузловые, но многоотраслевые ВХК
 K_1 – водоснабжение,
 K_2 – орошение,
 K_3 – энергетика,
 K_4 – рыбное хозяйство,
 K_5 – водоотведение.

3) многоузловые (каскадные) межотраслевые
 K_1 – водоснабжение,
 K_2 – орошение,
 K_3 – энергетика,
 K_4 – рыбное хозяйство,

К₅ – водоотведение,
К₆ – транспорт,
К₇ – отдых,
К₈ – охрана природы.

Такие водохозяйственные комплексы сформированы на Волге, Днестре, Свири (р. Свирь в Ленинградской области), р. Нарын, р. Дон, р. Иртыш и др. крупных реках.

Так как работа такого комплекса оказывает влияние (негативное) на окружающую среду, в т.ч. ее водную часть, то появляется необходимость создания водоохранного комплекса.

4) при переброске воды из одного речного бассейна в другой создаются межбассейновые отраслевые и межбассейновые многоотраслевые.

Формирование ВХК такого типа завершается с окончанием строительства всего каскада

Полный эффект получают по завершении всего строительства.

Такие комплексы стимулируют развитие хозяйства в данном районе, способствуют комплексному и рациональному использованию водных ресурсов.

5) водоохраный ВХК

К₂₆ – орошение

I – влияние орошения, повышение УГВ, засоление почв, загрязнение грунтов и поверхностных вод, снижение продуктивности лесов, сенокосов, разнообразие трав.

II – влияние водохранилища (подтопление, мелководья, переработка берегов).

III – влияние зарегулированного расхода в русле реки (отсутствие паводков, пересыхание поймы, засоление земель), К₈ – охрана природы.

IV – влияние водоотведения на качество воды К₅.

Водоохраным комплексом называют систему сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в данных створах или водных объектов. Водоохранные комплексы предусматриваются при возведении систем осушения, водохранилищ, выпусков сточных вод и др. сооружений ВХК, оказывающих отрицательное влияние на водные объекты.

Как видно из этой схемы, в разных частях природоохранного комплекса он может быть предназначен для разных целей: для борьбы с последствиями орошения (I), для борьбы с негативным влиянием водохранилищ (II), для снятия негативных последствий зарегулированного расхода в русле реки (III), для снятия негативного влияния на качество воды сбрасываемых стоков (IV).

Исходя из этого, можно предполагать, что водоохранные комплексы могут включать объекты осушения, орошения, водохранилища, поймы, загрязненные участки водных объектов и сооружения, предотвращающие вредное влияние ВХК.

3. Водопотребители и водопользователи ВХК и нормирование водопотребления и водоотведения

Участников ВХК можно условно разделить на водопотребителей и водопользователей.

К группе водопотребителей относятся те отрасли хозяйства, в которых водопользование связано с изъятием воды из водоемов и водотоков. При этом часть воды может теряться безвозвратно, входя в состав продукции или испаряясь или теряясь в виде утечек. Основные водопотребители – промышленное, коммунальное водоснабжение и сельскохозяйственное орошение. Последнее потребляет около половины воды, используемой в народном хозяйстве.

В группу водопользователей входят отрасли, которые не изымают воду, а используют ее для выполнения различных технологических операций: для получения электроэнергии,

создания судоходных глубин, для нереста рыб, сплава леса, обеспечения условий для отдыха и туризма и водоотведение.

По мере более глубокого использования водных ресурсов грани между водопотребителями и водопользователями стираются. Так, при создании энергетических водохранилищ, значительная часть воды теряется на испарения и фильтрацию и пропадает для остальных участников ВХК. Такое же явление в больших масштабах наблюдается и на водохранилищах, которые используют в системе охлаждения тепловых и атомных электростанций. Аналогично используются водные ресурсы в рыбном хозяйстве, когда для нереста рыб затапливают обширные мелководья, хорошо прогреваемые солнцем, с которых испаряется значительное количество воды. Поэтому более правильно объединять эти две категории в одну с общим названием – водопользователи.

Существенным в водопользовании является водопотребление и водоотведение.

Водопотреблением называют потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения (ГОСТ 17.1.01.-77).

Водоотведение или сброс сточных вод – это удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или других мест использования. В объем водоотведения входит суммарное количество всех видов сточных вод, отводимых непосредственно в водоемы (водоисточники), подземные горизонты и бессточные впадины, а также передаваемых на очистку другим организациям.

3.1. Классификация водопользований

Водопользования классифицируются по следующим признакам: 1) цели водопользования, 2) объекты водопользования, 3) технические условия водопользования, 4) условия предоставления водных объектов в водопользование, 5) характер использования воды, 6) способ использования водных объектов, 7) воздействие водопользователей на водные объекты.

По целям водопользование подразделяется на хозяйственные, питьевые и коммунальные нужды населения, лечебные, курортные и оздоровительные цели, нужды сельского хозяйства (без орошения и обводнения), орошение и обводнение, промышленные нужды (без теплоэнергетики), нужды теплоэнергетики, территориальное перераспределение стока поверхностных вод и пополнение запасов подземных вод, нужды гидроэнергетики, водного транспорта и лесосплава, рыбного хозяйства, сброс сточных вод, прочие нужды и многоцелевое водопользование.

По объектам водопользования они делятся на использование поверхностными водами, подземными, внутренними и территориальными морскими водами.

По техническим условиям водопользование делится на общее и специальное.

По условиям предоставления водных объектов в пользование – на совместное и обособленное.

По характеру использования воды как вещества с определенными свойствами:

- 1)использование массы
- 2)энергетического потенциала
- 3)воды как места обитания

По способу использования водных объектов –

- 1)с изъятием воды (с возвратом и без возврата)
- 2)без изъятия воды

По воздействию водопользователей на водные объекты –

- 1)воздействие на количественные характеристики водных объектов
- 2)воздействие на качественные характеристики водных объектов
- 3)воздействие на количественные и качественные характеристики водных объектов
- 4)без воздействия на количественные и качественные характеристики водных объектов

3.2. Водопользование в ВХК

Классификация водопользований

Нормирование водопотребления

Водопользование – это потребление воды из водных объектов или систем водоснабжения (ГОСТ 17.1.1.01-77)

Нормирование водопотребления – это установление плановой меры потребления воды с учетом ее качества, а также разработка и утверждение норм потребления воды на единицу планируемой продукции и контроль за их выполнением.

Основная задача нормирования – обеспечение в производстве и планировании технически и экономически обоснованных норм водопотребления и водоотведения в целях наиболее эффективного использования водных ресурсов.

В коммунальном хозяйстве нормирование осуществляется на основе СНиПов, в промышленности – на основе “Методических указаний по разработке норм и нормативов водопотребления и водоотведения с учетом качества потребляемой и отводимой воды, а также с учетом отраслевых методик для предприятий и объединений различных отраслей народного хозяйства”.

Нормированию подлежат:

- 1) потребление общего количества воды, необходимой для производства единицы продукции;
- 2) потребление свежей питьевой воды;
- 3) потребление технической воды;
- 4) потребление оборотной и повторной или последовательно используемой воды;
- 5) количество отводимых от потребителей сточных вод (в т.ч. от производства).

Основой нормирования является удельная норма водопотребления или водоотведения.

Это максимально допустимое плановое количество воды требуемого качества, необходимое для производства единицы продукции, установленного качества в определенных организационно-технических условиях производства (или для хозяйственно-питьевого потребления)

Удельные нормы формируются через нормативы

Нормативы водопотребления – это поэлементные составляющие нормы. Они характеризуют:

- удельный расход воды на единицу продукции, площади или объема основного и вспомогательного производства или отдельных процессов, в том числе хозяйственно-питьевого назначения;
- размеры безвозвратного водопотребления и потерь в процессе производства (унос, испарение, утечки, фильтрация и др.)

Нормативы измеряются в натуральном выражении, т.е. в л, м³, км³ или %.

Нормативы удельного водопотребления, в т.ч. безвозвратного водопотребления и потерь по направлениям ее использования могут быть межотраслевыми, отраслевыми и заводскими.

Отраслевые нормативы – это предельно допустимые показатели для данной отрасли, рассчитанные на средние условия производства с учетом прогрессивных показателей передовых предприятий. Использование этих нормативов обязательно на предприятиях, имеющих соответствующие производства независимо от их ведомственной принадлежности.

Заводские нормативы устанавливаются для конкретных производств применительно к используемой технологии при отсутствии отраслевых нормативов и тогда, когда технический уровень данного предприятия выше среднеотраслевого.

3.2.1. Нормирование водоотведения

Водоотведение – сброс вод – это удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или других мест использования. В объем водоотведения входит

суммарное количество всех видов сточных вод отводимых непосредственно в водоемы (водоисточники, подземные горизонты и бессточные впадины), а также передаваемых на очистку другим организациям.

Норма водоотведения – это максимально допустимое плановое количество отводимых сточных вод установленного качества на единицу продукции. Нормы различаются для вод разной степени загрязнения. По этому признаку отводимые воды разделяются на 2 группы, - требующие очистки;

- нормативно чистые, т.е. не требующие очистки.

Право отнесения сточных вод к нормативно чистым принадлежит местным органам по регулированию использования и охране вод (т.е. КГР – ГУПР – агентство водопользования).

Нормы водоотведения на единицу продукции (или на 1 человека), т.е. индивидуальные нормы водоотведения рассчитываются, исходя из используемого оборудования, видов производства и степени загрязнения отводимых сточных вод.

Она определяется нормой водопотребления свежей воды, нормативом безвозвратного водопотребления и потерь воды в процессе ее использования.

$$N_{\text{водоотведение индивид}} = N_{\text{и. св-в}} - (Б + П),$$

где $N_{\text{и. св-в}}$ – индивидуальная норма потребления свежей воды;

Б – норматив безвозвратного водопотребления (в т.ч. ее использование в качестве составной части готового продукта)

П – норматив безвозвратных потерь в производстве на испарение, унос, транспирацию, фильтрацию и т.д.

Нормы водопотребления и водоотведения должны пересматриваться и подтверждаться каждые 5 лет по мере совершенствования технологии и систем водоснабжения и канализации.

Расчеты нормативов и норм производятся непосредственно на предприятии и утверждаются его руководством.

3.2.2. Учет качества потребляемой и отводимой воды

Качество и свойства воды устанавливаются в зависимости от ее использования, требований технологического процесса на производстве и санитарно-гигиенических требований.

Питьевая вода должна соответствовать требованиям СанПиН 2001 г. для централизованных систем водоснабжения.

Техническая вода в зависимости от назначения подразделяется на 4 категории к которым предъявляются специфические требования к качеству и свойствам и при этом формируются сточные воды определенного состава, это следующие категории:

I – вода, используемая в качестве теплоносителя, т.е. на АЭС, ТЭЦ, ГРЭС (передача тепла и охлаждение). Она не должна быть агрессивной, жесткой, не должна содержать механические примеси. Образующиеся при использовании сточные воды не требуют очистки, но требуют охлаждения.

II – вода, используемая для непосредственного контакта с продуктом, т.е. являющаяся рабочей средой (промывка сырья, готовых изделий, тары). При этом вода загрязняется самыми разнообразными веществами.

III – вода, входящая в состав продукции, т.е. используемая как сырье. Это получение пищевых продуктов, спиртов, кислот и др. в строительстве.

IV – комплексное использование (в качестве среды, поглощающей и транспортирующей механические примеси и одновременно служащей охладителем).

Основное загрязнение получают воды II и IV групп использования.

При определении качества сточных вод, выпускаемых в водный объект, рассчитывается приращение всех загрязняющих компонентов в нем, т.е. сравнивается их содержание в воде водного объекта и в сточных водах. Идеальный вариант – это когда

выпускаемые стоки по качеству должны быть не хуже, чем вода, забранная из водного объекта.

На основании этих данных выбирается рациональная технология производства с точки зрения охраны вод, определяется ущерб в результате загрязнения водных объектов стоками, рассчитываются очистные сооружения и другие природоохранные и технологические мероприятия.

3.2.3. Лимиты водопотребления и водоотведения и контроль за выполнением норм

Для оперативного контроля за качеством потребляемой и отводимой воды предприятием устанавливаются лимиты водопотребления и водоотведения.

Лимит водопотребления – это расчетное количество свежей воды (питьевой и технической), устанавливаемое для предприятий с учетом их производственной программы, норм водопотребления, мероприятий по снижению расхода воды, потерь при транспортировке на испарение, фильтрацию и др.

Лимит рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{потр}} = \sum_{S=1}^N (K_n \cdot H_{\text{и.св.с}} \cdot Q_s) - \Xi + W_{\text{пр.р.}},$$

где K_n – коэффициент неравномерности потребления воды

$H_{\text{и.св.с}}$ – индивидуальная норма потребления свежей воды на единицу продукции вида “S”

Q_s – плановый объем выпускаемой продукции вида “S”

N – количество видов продукции

Ξ – планируемая экономия расхода воды

$W_{\text{пр.р.}}$ – расход воды на нужды прочих потребителей, находящихся на балансе данного предприятия

Лимит водоотведения – это расход отводимых в водный объект сточных вод, установленный для данного водопользователя, исходя из норм отведения сточных вод и состояния водного объекта. Чаще всего состояние водных объектов не учитывается. В этом случае лимит водоотведения рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{отв}} = L_{\text{потр}} - \sum_{S=1}^N [(B_{\text{п.с}} - \Pi_s) \cdot K_n Q_s]$$

$B_{\text{п.с}}$ – безвозвратное потребление воды на единицу продукции “S”

Π_s – безвозвратные потери воды при производстве единицы продукции “S”

K_n – коэффициент неравномерности потребления воды

Q_s – объем выпускаемой продукции вида “S”

N – количество видов продукции

L – лимит водопотребления

Лимиты рассчитываются предприятием, утверждаются органами по управлению водным фондом и охране вод (агентство по водопользованию). Они устанавливаются предприятиям на год, а при напряженном водном балансе – на месяц и даже посуточно. При необходимости установления лимитов по цехам их рассчитывают и устанавливают в пределах общего лимита предприятия. Лимит водоотведения может быть рассчитан по формуле

$L_{\text{отв}} = L_{\text{потр}} (1 - L)$, где

L – коэффициент, характеризующий безвозвратные потери и безвозвратное водопотребление.

4. Участники водохозяйственного комплекса

В ряду функций ВХК на первом месте стоит удовлетворение потребностей в воде населения. Этот вид водопотребления является основным в системе ВХК и реализуется с помощью коммунально-бытового хозяйства.

I. Водоснабжение городов и населенных пунктов (коммунальное хозяйство как участник ВХК)

Водоснабжение населения чистой питьевой водой – важнейшая задача государства, властей любого города и села. Отсутствие чистой питьевой воды – причина многих болезней, в том числе эпидемий. Почти половина населения Земли ее не имеет. Поэтому 80-ые годы объявлялись международным десятилетием питьевого водоснабжения и санитарии. В СССР и в России приоритет коммунально-бытового водоснабжения закреплён в водном кодексе. Принцип этот заключается в том, что в любых условиях население должно быть обеспечено водой в первую очередь. В водохозяйственной практике в коммунально-бытовом водоснабжении принимают самую высокую обеспеченность – 97% (т.е. перебои с подачей воды допускаются лишь в течение 3-х дней из 100)

Коммунально-бытовое водоснабжение – это вода, потребляемая населением для разных нужд. Оно имеет следующую структуру:

- хозяйственно-питьевое водоснабжение населения – 56%
- водоснабжение общественных зданий – 17%
- водоснабжение местной промышленности – 16%
- пожарные нужды – 3%
- городские нужды (поливка улиц, зеленых насаждений, фонтаны) – 1%
- прочие нужды – 7%

Итого – 100%

Хозяйственно-питьевое водоснабжение имеет следующую структуру:

- приготовление пищи и питье – 30%
- стирка – 10%
- пользование ваннами – 30%
- смыв бачков – 30%

Итого – 100%

Житель крупного города на коммунально-бытовые нужды потребляет до 600 л/сут воды и расходует ее следующим образом:

- удовлетворение личных потребностей – 200 л.
- для работы общественных коммунальных предприятий – 100 л.
- для поддержания чистоты в городе – 100 л.
- для предприятий местного значения – 200 л.

Итого – 600 л.

4.1. Особенности коммунально-бытового водоснабжения

Они состоят в следующем:

1) высокие требования к качеству воды по

а) физическим свойствам (t^0 , прозрачность, цветность, запах, привкус)

б) химическим показателям (минерализация, общая жесткость, кислотность, содержание Pb, As, F, Cu и др.)

- органические вещества

- радиоактивное излучение, нормируются α и β – излучения. В случае превышения ПДК выявляются источники излучения

- бактериальный состав воды

Патогенные микробы и вирусы, а также паразиты, должны отсутствовать.

В нашей стране первый стандарт качества воды был разработан в 1937 г. и был первым в Европе. За прошедшие годы он изменялся несколько раз – в 1953, 1973, 1982, 1996 и 2001 г.г.

С выходом каждого нового документа расширяется перечень нормируемых компонентов, а содержания уточняются чаще всего в сторону ужесточения.

Изменения требований к качеству воды происходят по мере накопления знаний о влиянии того или иного вещества или их ассоциаций на человеческий организм.

Наилучшим качеством обладают межпластовые артезианские подземные воды, наиболее защищенные от всевозможных загрязнений. Качество грунтовых, неглубокозалегающих вод хуже, но значительно лучше, чем поверхностных вод, которые наименее пригодны для водоснабжения.

Для приведения качества воды в соответствие с санитарно-гигиеническими требованиями воду подвергают специальной обработке (водоподготовке). Ее фильтруют, коагулируют (переводят примеси в осадок), хлорируют, удаляют нежелательные примеси (например, Fe, Mn, Sr, F и др.) или добавляют необходимые (F).

2) следующая особенность – равномерность потребления воды в течение года и неравномерность в течение суток. При повышении температуры потребление воды возрастает, но сезонные колебания не превышают 15-20%. Суточные более значительны, т.к. более 70% воды потребляется днем. Для учета этих колебаний в расчетах используют коэффициент суточной и часовой неравномерности

$$K_{\text{сут}} = Q_{\text{сут max}} / Q_{\text{среднесут}}; \quad K_{\text{сут}} \leq 1,2, \text{ где}$$

$Q_{\text{сут max}}$ – максимальное потребление за сутки л/сут (за определенный период)
 $Q_{\text{среднесут}}$ – среднесуточное потребление за этот же период

$$K_{\text{час}} = Q_{\text{max час}} / Q_{\text{среднечасовое}}; \quad K_2 - \text{до } 1,8 - 2,0$$

Эти коэффициенты служат для определения воды в любое время года, месяца, недели, в том числе и для определения наибольшего и наименьшего водопотребления, а также для учета колебания водопотребления в течение суток. Эти колебания необходимо учитывать при проектировании систем водоснабжения, в т.ч. водопроводных сооружений. Они должны иметь достаточную производительность для гарантированной подачи воды при максимальном водопотреблении. В этом случае допускается форсированный режим работы всей водопроводящей системы, т.е. ее работа с максимальной нагрузкой.

Норма хозяйственно-питьевого водоснабжения (или удельное водопотребление, т.е. потребление воды одним человеком) зависит от благоустройства жилого фонда, климатических условий, часто – исторических традиций. Большие нормы устанавливаются для южных районов, меньше – для северных. Они зафиксированы в СНиПе 2.04.01-85 “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения”.

Общий расход воды $Q_{\text{м}^3/\text{сут}} = qK_{\text{сут}}K_{\text{час}}N / 1000$, где
 q – удельная суточная норма водопотребления, л/сут;
 $K_{\text{сут}}, K_{\text{час}}$ – коэффициенты суточной и часовой неравномерности потребления воды;
 N – число потребителей

При равномерном водопотреблении $Q_{\text{ср.сут}} = \sum(qN) / 1000$, м³/сут, где
 q – удельное водопотребление при различной степени благоустройства, л/сут;
 N – число жителей, живущих в домах с определенной степенью благоустройства

Для прогнозирования водопотребления в коммунальном хозяйстве, в т.ч. при составлении генпланов городов, используют данные о прогнозе численном населения, повышении уровня благосостояния и удельного водопотребления. Все три показателя поддаются прогнозу: численность населения – на основании статистических данных; удельное водопотребление – по фактическому росту на основании анализа действующих систем водоснабжения. Теоретическая его величина устанавливается на основании медико-гигиенических исследований потребности в воде для комфортного проживания. Уровень благоустройства в настоящее время – один из самых труднопрогнозируемых

показателей. Достигнутый уровень, очевидно, останется устойчивым на достаточно длительное время и будет использоваться при прогнозах водопотребления.

Удельные нормы водопотребления на хозяйственно-бытовые нужды, принимаемые для проектирования систем водоснабжения приведены в таблице

Удельное водопотребление на хозяйственно-бытовые нужды

Степень благоустройства зданий	Удельное водопотребление на 1 жителя, л/сут	Коэффициент неравномерности	
		Ксут	Кчас
Без водопровода и канализации	30 – северные районы 50 – южные районы	1,33 – 1,20	2,0 – 1,8
Водопровод, канализация (без ванн)	125 - 160	1,12 – 1,13	1,50 – 1,40
Водопровод, канализация с ваннами и газовыми колонками	160 - 230	1,11 – 1,09	1,30 – 1,25
Водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение	230 - 350	1,09 – 1,09	1,25 – 1,20

Как видно из приведенной таблицы, значения коэффициентов суточной и часовой неравномерности обратно пропорциональны удельному водопотреблению

Распределение воды в течение суток принимают на основании расчетных графиков водопотребления в определенное время суток. При их построении исходят из проектных технических решений, исключающих совпадение по времени максимальных отборов воды на различные нужды.

3) третья особенность коммунального водоснабжения связана с его ролью в ВХК и влиянием на других участников ВХК. Особенно оно проявляется при использовании поверхностных вод

а) в первую очередь это относится к требованию поддержания в водохранилищах определенного уровня воды. Это требование следует из того, что при устройстве водозаборов всасывающие трубы заглубляются таким образом, чтобы в них не попал воздух и поверхностные загрязнения, т.е. забор воды должен производиться из более глубоких слоев. В то же время нельзя забирать воду из придонных слоев, т.к. в них содержится большее количество взвешенных частиц, органических веществ, в них меньше кислорода. Данный ил сорбирует все виды загрязнений, попадающих в водный объект.

С учетом этих требований назначают минимально необходимый уровень воды в веществе, что не совпадает с интересами других водопользователей.

б) при устройстве водозаборов в нижних бьефах гидроузлов для обеспечения их устойчивой работы часто требуются специальные попуски из водохранилища. Эти попуски могут быть и комплексными – транспортно – водоснабженческими, рыбоводно – водоснабженческими. Для водоснабжения попуски осуществляются на Каховской ГЭС на р. Днепр с тем, чтобы обеспечить устойчивое водоснабжение г. Херсона и расселение вод Днепро-Бугского лимана и низовьев Днепра.

Таким же образом снабжаются водой населенные пункты на Киевском, Воткинском и др. комплексных гидроузлах.

Такие попуски наносят ущерб энергетике, т.к. воду, которую можно было расходовать равномерно, спускают в течение времени нереста рыб.

При комплексных попусках учитывают интересы всех водопотребителей, но в первую очередь – коммунально-бытового хозяйства

в) коммунальное хозяйство предъявляет высокие требования к качеству воды и равномерной подаче. Этому мешает промышленность и орошаемое земледелие, а также

осушение болот, т.к. их стоки ухудшают качество поверхностных вод. Негативное воздействие оказывают и стоки животноводческих комплексов, водный транспорт, лесосплав, рекреация. На некоторых водохранилищах в связи с этим запрещается строительство баз отдыха, купание.

г) в свою очередь, сточные воды коммунально-бытового хозяйства неблагоприятно влияют на качество вод (иногда- и подземных), особенно в местах сброса. Это отрицательно сказывается на многих участках ВХК – рыбном хозяйстве, промышленности, рекреации, водоснабжении населенных пунктов, расположенных ниже по течению. Поэтому сброс неочищенных сточных вод категорически запрещается. Чтобы реализовать это положение, необходима более широкая канализация населенных мест, улучшение очистки, повторное использование очищенных сточных вод в промышленности и для орошения.

4.1.1. Пути экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве

1) одна из главных мер – борьба с утечками, которые происходят через неплотности труб, арматуры и санитарно-технического оборудования. Только в жилых зданиях они составляют до 25% объема воды, отпускаемой населению. Большие потери – из-за повреждений водопроводных магистралей, особенно во время земляных работ. Средние размеры – 20%. Для их сокращения необходимо регулировать напор воды в зависимости от высоты зданий, использование совершенной запорно-пусковой арматуры, применение насосно-силового оборудования с регулируемой частотой вращения и др.

2) внедрение отдельного водопровода для коммунального и промышленного водоснабжения. Это позволит сэкономить воду высокого качества для питья, а для других коммунальных нужд (мытьё машин, полив улиц и зеленых насаждений) использовать воду более низкого качества и с меньшей обеспеченностью, например, неочищенную речную или доочищенные коммунальные стоки.

3) Коммунально-бытовое водоснабжение имеет невысокое безвозвратное водопотребление, т.е. собирается большая часть использованной воды. Широкое внедрение канализации увеличит количество сточных вод, которые можно использовать повторно для орошения или в промышленности. Это дает общую экономию воды.

4) Сокращение норм коммунального водоснабжения. Это достигается путем внедрения безводных способов уборки городских территорий и отходов жизнедеятельности. Это снизит нормы водоотведения, стоимости очистки коммунальных сточных вод и в конечном итоге – к оздоровлению водоемов и водотоков.

4.2. Промышленные предприятия как участники ВХК

4.2.1 Водоснабжение промышленных предприятий

Для чего используется вода?

Вода в промышленном производстве используется для разнообразных целей, а именно:

- 1) для выпуска продукции;
- 2) удовлетворения потребностей работающего персонала;
- 3) для охлаждения машин и механизмов;
- 4) для промывки изделий и деталей (в металлообработке, машиностроении и др.);
- 5) для пожаротушения и создания резервов для этих целей;
- 6) полива зеленых насаждений территории, уборки производственных помещений.

Как и другие водопользователи, промышленность имеет свои особенности водопользования и водопотребления. Они состоят в следующем:

- 1) промышленность нуждается в больших количествах воды и является одним из крупнейших ее потребителей;

- 2) требования к количеству и качеству воды в различных отраслях производства характеризуются чрезвычайным разнообразием – от дистиллированной воды до природной неочищенной и сточных производственных вод;
- 3) многофункциональность воды – как минимум 6 функций;
- 4) системы водоснабжения должны иметь высокую степень надежности, но для разных отраслей промышленности разную;
- 5) большая зависимость расхода воды от технологии производства и системы водоснабжения;
- 6) равномерность использования воды в течение года, а во многих отраслях – и в течение суток;
- 7) для большинства отраслей характерно значительное безвозвратное водопотребление;
- 8) в загрязнении водных объектов промышленным стоком принадлежит ведущая роль.

Формы использования воды (или ее функции в промышленности) отличаются большим разнообразием:

- 1) вода используется как сырье для выпуска продукции, а именно: в пищевой и перерабатывающей промышленности, для получения кислот, спиртов, удобрений (минеральных), получения кислорода (кислородные станции) и др.;
- 2) как растворитель;
- 3) как теплоноситель – в теплоэнергетике;
- 4) как охладитель – в металлургии и металлообработке, в теплоэнергетике. Этот вид использования воды является в промышленности основным;
- 5) как среда, транспортирующая растворенные примеси. Например, при добыче из бедных руд золота, урана с помощью перевода в водный раствор и извлечения его на поверхность;
- 6) как гидравлический транспорт. В горнодобывающей промышленности – это основной вид водопотребления. Это транспортировка добытого полезного ископаемого на обогатительные фабрики, транспортировка шлака и золы, образующихся при сжигании угля на ТЭЦ и ГРЭС, на золотоотвалы (Томская ГРЭС-II).

Объем воды, необходимый для нормальной деятельности предприятия определяется, исходя из:

- 1) характера использования воды, т.е. ее функций в производственном процессе;
- 2) вида и объема выпускаемой продукции;
- 3) принятой технологии производства;
- 4) системы промышленного водоснабжения;
- 5) качества и свойств применяемой исходной воды.

Он определяется через удельную норму водопотребления, т.е. количество воды, необходимой для выпуска единицы продукции. Она зависит от:

- 1) вида выпускаемой продукции;
- 2) мощности предприятия;
- 3) схемы технологического процесса;
- 4) системы водоснабжения;
- 5) режима использования воды;
- 6) климатических условий.

По мере укрупнения и интенсификации производства удельное водопотребление уменьшается. По отраслям производства в зависимости от указанных факторов она колеблется существенно. Даже на предприятиях одной отрасли в зависимости от применяемой технологии для выпуска одной и той же продукции укрупненная удельная норма водопотребления различается в 510 раз. Так, для получения 1 т угля требуется 3-5 м³ воды, 1 т бумаги – 400-800 м³, 1 т синтетического волокна – 2500-5000 м³. Даже на

предприятиях одной отрасли в расчете водопотребления используют не удельные, а укрупненные нормы. В нее входят все расходы воды на предприятии, т.е. производственные (включая приготовление пара), хозяйственно-питьевое (от 25 до 35 л/смену), на души, столовые, прачечные (40-60 л/1 чел), а также выпускаемые в водоем сточные воды (очищенные и неочищенные), фильтрационные расходы из прудов – осветителей или охладителей, хвосто-хранилищ и шламонакопителей, пожаротушение – до 60 л/с при $t_1 \text{ пожара} = 3$ часа.

Потребление воды в течение суток довольно равномерно, коэффициент часовой неравномерности $k_{\text{час}} \leq 1,1-1,2$

Укрупненные нормы используются и при проектировании новых предприятий и реконструкции старых, а также для составления генеральных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов отдельных районов или всей страны.

4.2.2. Системы промышленного водоснабжения

Они существенно влияют на объем водопотребления и разделяются на:

- А) прямоточные;
- Б) оборотные;
- В) повторные;
- Г) комбинированные.

Использование той или иной схемы зависит от дефицита водных ресурсов, а также от экономических и экологических требований. Наиболее простая - прямоточная схема.

$$W_{\text{п}} = W_{\text{б.в.}} + W_{\text{с.б.}}$$

$W_{\text{п}}$ – объем полного водопотребления,

$W_{\text{б.в.}}$ – объем безвозвратного водопотребления,

$W_{\text{с.б.}}$ – объем сбросных вод

Вода с помощью насосной станции забирается из водного объекта (Источник), подается к предприятию и после использования и соответствующей очистки сбрасывается в водоток на соответствующем расстоянии от водозабора. Эти системы используются при достаточности водных ресурсов при малом водопотреблении и незначительном загрязнении использованных вод.

При большом водопотреблении, особенно при дефиците воды и возможностях ее загрязнения, используют системы оборотного водоснабжения.

При этой схеме отработанные воды, пройдя охлаждающие или очистные устройства, вновь направляются в производственный цикл. Предусматривается периодическое пополнение системы свежей водой для компенсации потерь.

$$W_{\text{п}} = W_{\text{бв}} + W_{\text{сб}} + W_{\text{об}}; \quad W_{\text{подпитка}} = W_{\text{бв}} + W_{\text{сб}}$$

Если вода используется для охлаждения, то системы оборотного водоснабжения подразделяют на открытую и закрытую. В открытой вода охлаждается путем ее контакта с воздухом в градирнях, брызгальных бассейнах или прудах – охладителях. В закрытых оборотная вода не имеет контакта с атмосферным воздухом и охлаждается в теплообменных аппаратах и испарителях холодильных станций.

Если отработанная вода загрязнена, то в схеме оборотного водоснабжения предусматривают очистные сооружения.

Применение оборотного водоснабжения дает существенную экономию воды. Такие системы используются и дают большой экономический эффект при расположении промышленных площадок выше уровня водоема или на больших расстояниях от водоисточника, так как в обоих случаях требуются промежуточные подкачивающие станции обеспечения подачи воды.

Такие системы функционируют в маловодных областях Урала, Украины, Казахстана.

Повторная система водоснабжения. Ее сущность состоит в том, что после завершения технологической операции в одном цехе отработанная вода без дополнительной очистки или обработки поступает в другой цех, где тоже обеспечивает выпуск продукции. Иногда возможно многократное использование воды в ряде цехов, после чего она в загрязненном виде поступает на очистные сооружения. Во многих странах Западной Европы кратность ее использования достигает 10-14 раз.

Отработанная вода часто используется для гидравлического удаления окалины, шлака и золы (гидрозолоудаление). В отдельных случаях горячие отработанные воды можно использовать для обогрева жилых помещений и парников, а теплые воды от ТЭЦ – для орошения, обводнения, рыбоводства. Многократное использование воды в технологических процессах часто загрязняет воду настолько, что для дальнейшего использования требуется локальная очистка.

Выглядит вся система так

$$W_{\text{подп}} = W_{\text{бв1}} + W_{\text{бв2}} + W_{\text{сб}}$$

Комбинированная система является наиболее перспективной системой водоснабжения

$$W_{\text{под}} = W_{\text{бв1}} + W_{\text{бв2}} + W_{\text{сб}}$$

$$W_{\text{полн}} = \sum W_{\text{бв}} + W_{\text{сб}} + \sum W_{\text{об}}$$

Дальнейший прогресс в водном хозяйстве и обществе в целом связывается с развитием оборотных, повторных и комбинированных систем водоснабжения для всего предприятия или его отдельных цехов. При этом требуется устройство локальных очистных сооружений и охладители без выпуска сточных вод в водоемы. Сброс допускается в том случае, если для повторного использования вод только при невозможности или нецелесообразности применения воды в системе оборотного водоснабжения требуется ее обработка химическими реагентами.

При определении объемов воды, потребляемой этими системами, используют следующие показатели. Объем полного водопотребления $W_{\text{п}}$ характеризует общую водоемкость производства. $W_{\text{п}} = W_{\text{подпитка}} + W_{\text{об}}$, т.е. сумма объемов и оборотной воды.

$W_{\text{подпитки}}$, т.е. объем свежей воды – это сумма объемов безвозвратного $W_{\text{бв}}$ и объемов водоотведения - $W_{\text{сб}}$

$$W_{\text{подп(св.воды)}} = W_{\text{бв}} + W_{\text{сб}}$$

$W_{\text{об}}$ – оборотный объем – это объем воды, многократно используемый в системах оборотного водоснабжения

$W_{\text{бв}}$ – безвозвратное водопотребление в промышленности

Оно формируется за счет следующих источников:

- 1) объемов воды, вошедших в состав продукции и отходы;
- 2) потерь воды в процессе водопотребления и в водопроводной сети;
- 3) потерь воды в процессе производства (очистки и охлаждения);
- 4) объемов загрязненных стоков, подлежащих уничтожению из-за трудностей или неэкономичности очистки. Это выпаривание, сжигание, закачка в подземные изолированные горизонты.

Объемы безвозвратного водопотребления в промышленности зависят от функции воды и системы водоснабжения и измеряются величиной удельных безвозвратных потерь, т.е. потерь воды на единицу выпускаемой продукции. Они колеблются от 2% для оборотной системы водоснабжения.

По видам производства безвозвратные потери дифференцируются очень значительно. Так, при добыче нефти вода извлекается из одного горизонта и закачивается в нефтесодержащие пласты. Для горизонта, из которого извлекаются, они теряются безвозвратно. В нефтеперерабатывающей промышленности около 50% потребления свежей воды теряется безвозвратно. Около 75% общего безвозвратного потребления в промышленности входит в состав продукции, т.е. это не бесполезные потери.

Наименьшие потери – при охлаждении воды на ТЭС – всего 1%, причем в прямоточных системах они меньше, чем в оборотных, так как в открытых оборотных системах добавляются потери на испарения, ветровой унос, фильтрацию через дно и борта прудов – охладителей.

$W_{\text{сб}}$ – это объем сбрасываемых сточных вод, т.е. водоотведение. Его величина зависит от схемы водоснабжения. При прямоточной оно максимально и равно $W_{\text{сб}} = W_{\text{п}} - W_{\text{бв}}$.

Для разбавления сбросных, т.е. очищенных промышленных вод в зависимости от отраслей промышленности и экономических районов требуется воды в 8-10 раз больше, чем объем сбрасываемых вод. Разбавляют сточные очищенные воды речными, либо в водохранилищах. Если спуск осуществляется в нижний бьеф гидроузла, то из водохранилища производят специальные пуски. В некоторых случаях строятся специальные водохранилища как, например, Крапивинское на р. Томи. Главное его назначение – разбавление стоков, сбрасываемых в р. Томь предприятиями Кузбасса, в том числе при аварийных выбросах.

При оборотной системе объемы сбрасываемых вод значительно меньше. Они образуются:

- 1) при “продувке” системы, т.е. ее очистке для предупреждения зарастания и поддержания в ней солевого баланса (для “освежения” воды);
- 2) воды, которые нецелесообразно или невозможно использовать повторно по технологическим или иным причинам.

Потребление свежей воды при оборотном водоснабжении значительно меньше, чем при прямоточном. Так, для выработки 1 т. стали при оборотной системе необходимо забирать свежей воды в 10 раз меньше, чем при прямоточной; при выработке каучука – в 12 раз, медной руды – в 20 раз.

При повторной схеме водоотведение включает сбросные воды последнего звена, т.е. $W_{\text{сб}}$ тем меньше, чем больше число звеньев. В некоторых случаях стока вообще может не быть – если после последнего звена образовавшиеся сточные воды уничтожаются, в том числе путем закачки в нефтяные пласты или сжигания.

В целом совершенствование технологии производства должно приводить к сокращению сбросных вод.

Таким образом, при оборотной, повторной и комбинированной системах водоснабжения потери $W_{вб}$ больше, а объемы стоков $W_{сб}$ меньше, чем при прямоточных системах.

Эффективность систем промышленного водоснабжения и их техническое совершенство характеризуются коэффициентами оборотного водоснабжения $K_{об}$ и кратностью использования воды – “n”.

$$K_{об} = \frac{W_{об}}{W_n}; \quad n = \frac{W_n}{W_{св} (W_{поступит})}$$

Показатели $K_{об}$ и “n” подсчитываются для отдельных предприятий, отраслей, районов и страны в целом. На передовых предприятиях $K_{об} = 0,95-0,97$. На Рязанском нефтеперерабатывающем заводе $K_{об} = 0,97$. По различным видам промышленности он колеблется от 0,45 в пищевой промышленности до 0,86 в нефтехимической и составляет:

Черная металлургия	– 0,85
Цветная	- 0,80
Нефтехимия	- 0,86
Машиностроение	- 0,70
Целлюлозно-бум	- 0,65
Легкая	- 0,60
Пищевая	- 0,45

Как видно из этих цифр, наиболее рационально используется вода в черной металлургии, в нефтехимической и химической промышленности, где высокое значение $K_{об}$ и кратность использования воды “n” = 4,5-6,3

4.2.3. Требования к качеству воды в промышленности и виды промышленного загрязнения

Требования к качеству воды разнообразны и зависят от функции воды в производстве.

Названные ранее 6 функций воды можно объединить в 4 группы:

I – теплоноситель (это функции теплоносителя и охладителя);

II – среда (это растворение и транспортировка растворенных и нерастворенных компонентов);

III – сырье (т.е. входящая в состав продукции);

IV – смешанное (комплексное) использование.

В каждой группе и в каждом конкретном производстве требования к качеству воды определяются требованиями технологического процесса.

Однако для всех функциональных групп использования воды имеются общие требования. Они состоят в следующем:

- 1) вода, используемая для хозяйственно-питьевых нужд работающих на производстве, должна отвечать требованиям к питьевой воде в коммунальном водоснабжении, т.е. требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01;
- 2) Вода, используемая для технологических нужд, должна быть безвредной для работающих на производстве и не обладать отрицательными органолептическими свойствами (особенно при открытых системах охлаждения);
- 3) Не должна оказывать коррозионного воздействия на аппаратуру, трубопроводы и сооружения;
- 4) Не должна выделять карбонатных отложений, т.к. они вызывают зарастание труб, образуют корки на стенках паровых котлов и резко снижают их КПД;

- 5) Не должна способствовать развитию биологических обрастаний
- 6) Не должна снижать технико-экономические показатели производственного процесса и создавать аварийный режим

От качества воды, используемой в производстве, зависит качество продукции и срок работы оборудования.

Наиболее высокие требования предъявляются к воде, служащей технологическим сырьем и входящей в состав продукции. Это вода III группы.

Они регламентируются техническими условиями отрасли или предприятия (ТУ).

В ряде отраслей требования к качеству воды выше, чем к питьевой воде. Так, при изготовлении фото- и киноплёнки, фотобумаги в воде не должно быть Fe, Mn, Pi (H₂SiO₃), ограничивается окисляемость воды (т.е. $\sum \text{ОВ}$) и содержание хлоридов. В воде, используемой для приготовления растворов кислот, щелочей, красителей, мыла $\text{Ж} \leq 0,35$ мг.экв/л.

Пищевая промышленность предъявляет свои требования. Так, при производстве пива допускается лишь незначительное содержание CaSO₄. При производстве вина, молочных продуктов, консервов вода не должна содержать CaCl₂ и MgCl₂, а в сахарном производстве легко разлагающихся ОВ, т.е. БПК должно быть низким.

В хлопчатобумажной промышленности ПО должна быть близка к "0", не должна иметь цветности, Fe – до 0,1 мг/л, должна быть высокая прозрачность.

Наименьшие требования предъявляются к воде, используемой как теплоноситель и для гидротранспорта, т.е. I и III группа. Она не должна содержать механических примесей более нормы и крупнее допустимых размеров, не должна вызывать коррозию металла, разрушение бетона, биологическое обрастание охладителей.

В паросиловом хозяйстве дополнительно к указанным требованиям вода не должна давать накипи и вспениваний. Образованию накипи в наибольшей мере способствуют соли, растворимость которых уменьшается с увеличением t^0 – CaCO₃, CaSO₄, CaSiO₃, MgSiO₃, CaSO₄. Они образуют твердую накипь на стенках котлов. Натриевые соли – Na₂CO₃, NaHCO₃, Na₂SO₄, Na₃PO₄, NaCl – осаждаются только из высококонцентрированных растворов, формируя накипь в виде рыхлого шлама. Вспенивание воды в котлах создает фосфаты, щелочи, смазочные масла, СПАВ. Кроме вспенивания, они загрязняют пар и отлагаются на лопатках турбин на ТЭЦ и ТЭС. Уменьшению вспенивания способствуют хлориды и сульфаты, т.к. они коагулируют коллоиды фосфатов, что способствует переводу последних в осадок.

Вода, используемая для охлаждения машинных агрегатов, должна иметь $t \leq 25-30^0$ С. Обратная вода для этих целей охлаждается на градирнях или других сооружениях. Вода должна быть термостабильной. Это значит, что при многократном нагревании и охлаждении до первоначальной t^0 не должна выделять в теплообменных аппаратах, холодильниках и трубопроводах CaCO₃ и другие соли более 0,25 г/м² час или образовывать слой более 0,08 мм/час

Для нужд сельского хозяйства. Требования дифференцируются в зависимости от видов использования. Для водопоя животных требуется вода питьевого качества. Для водопоя животных (птиц, зверей, животных на фермах) необходима вода питьевого качества. При ее отсутствии допускается использовать воду с минерализацией до 5-10 г/л и Ж_{общ} до 45 мг-экв/л. Допускается повышенная цветность (более 20⁰), привкусы и запахи, $t^0 = 8-15$ С. Качество воды принимается в зависимости от вида и возраста животных. Использование воды непитьевого качества в каждом конкретном случае должно быть разрешено органами ветеринарного надзора. Для аридных и полуаридных районов утверждены специальные нормы качества воды для водопоя и хозяйственных нужд.

При использовании воды для орошения она не должна вызывать засоление почв. Четко сформулированных требований к качеству воды для орошения нет. Ориентируются, в основном, на опыт. Практика показала, что Na₂SO₄ и MgSO₄, а также NaHCO₃ и NaCl засоляют почвы и выводят их из сельскохозяйственного оборота. При небольших количествах этих солей

в воде они могут использоваться для орошения, минерализация таких поливных вод не должна превышать 1,5 г/л. Воды с минерализацией до 1 г/л пригодны для орошения без ограничений. Исключение, очевидно, должны составить пресные и даже маломинерализованные воды, в которых природный состав под влиянием антропогенной нагрузки полностью трансформировался и превратился в хлоридный, нитратный или смешанный.

При смешанном использовании воды (гр. IV), она одновременно может быть транспортирующей, поглощающей, эпэтрагирующей (т.е. извлекающей) средой и одновременно служит теплоносителем (например, при очистке газов). Поэтому качество воды должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к воде I, II и III категорий в зависимости от ее роли в комплексном процессе. Перед каждым циклом использования в системах оборотного водоснабжения вода перед повторным применением очищается от загрязнений и охлаждается.

Следует отметить, что термостабильность и коррозионность воды, используемой для охлаждения или обогащения продукта при их непосредственном соприкосновении, обуславливаются свойствами этого продукта. Поэтому в формировании свойств оборотной воды свойства и качество природной воды решающей роли не играют.

В целом качество воды, используемой как теплоноситель и среда, т.е. I и II групп, разделяется на 3 категории.

Первая категория – это вода, используемая как теплоноситель. Она имеет 3 вида требований в зависимости от температур охлаждения.

Вторая категория включает воду, используемую на обогатительных фабриках, при гидро- и золоудалении, т.е. воду без нагрева.

Третья категория – это улавливание и чистка газов, гашение пожара, т.е. вода, работающая с нагревом.

Для доведения воды до необходимого качества применяются различные способы очистки. Наиболее простой способ – это удаление грубодисперсных примесей, взвешенных веществ и гумусовых соединений. Для удаления грубодисперсных веществ применяют отстойники, для взвешенных и органических – коагулирование и фильтрацию через песчаные фильтры, т.е. перевод взвесей в осадок и их осаждение на фильтрах.

Чтобы исключить биологическое обрастание трубопроводов и оборудования, воду периодически хлорируют, а охладители воды (градирни) обрабатывают CuSO_4 (медным купоросом).

Чтобы избежать коррозии металла и бетона, воду обрабатывают специальными ингибиторами, в первую очередь, поддерживают на определенном уровне pH. Кроме pH, показателями агрессивности воды к металлу является содержание хлоридов (Cl) и сульфатов (SO_4), $t^0 \text{ C}$, общее количество солей. С повышением концентрации растворенных солей более 1000 мг/л, Cl и SO_4 более 150 мг/л и снижением карбонатной жесткости менее 2 мг-экв/л, с увеличением t^0 до 70^0 C коррозия металла увеличивается. Поэтому термальные воды, в т.ч. засоленные, являются агрессивными. Там, где требуется добавка F, применяют фторирование (в воду добавляют NaF), при его избытке применяют сернокислотную обработку. Для обезжелезивания воды (т.е. перевод Fe^{2+} в Fe^{3+}), применяют аэрацию, затем коагуляцию, обработку KMnO_4 и др.

Для снижения жесткости вод применяют содовое умягчение, а для подземных вод (т.е. при большой жесткости) – ионный обмен, электролиз, дистилляцию, гиперфильтрацию.

Что касается экологических последствий промышленного производства для водных ресурсов, то общая картина представлена в таблице. Теплоэнергетика своими стопами обеспечивает, главным образом, термическое загрязнение водных объектов, частично – механическое. При использовании воды в качестве среды технологических процессов она загрязняется, в основном, грубодисперсными взвесями. Наибольшее и разнообразнейшее химическое загрязнение вода получает при использовании в качестве сырья и растворителя. Смешанное использование обеспечивает разнообразное загрязнение.

4.2.4. Эффективность использования водных ресурсов в промышленности

Она оценивается по следующим показателям:

- 1) удельной норме потребления воды для создания единицы продукции;
- 2) потребление свежей воды;
- 3) количество воды, находящейся в обороте;
- 4) количество сточных вод, поступающих на биологическую очистку;
- 5) общее количество сточных вод, сбрасываемых в водные объекты;
- 6) условное количество загрязнений в сбрасываемых стоках, т.е. степень их очистки;
- 7) возврат сточных вод в производство (чем больше, тем лучше);
- 8) безвозвратные потери – чем меньше, тем лучше
- 9) воздействие промышленных предприятий на окружающую среду (атмосферу, землю, леса и др.);
- 10) рекреационный потенциал водных объектов;
- 11) продуктивность рыбохозяйственного комплекса;
- 12) уровень перевозок водным транспортом;
- 13) защита водных объектов от антропогенной деятельности;
- 14) в целом оценивается технологическая, экономическая, социальная и экологическая эффективность.

4.2.5. Рациональное использование водных ресурсов в промышленности

Оно обеспечивается технико-экономическим обоснованием развития территории.

ТЭО включает:

- 1) создание эффективной структуры производства основных видов продукции;
- 2) сохранение природной среды;
- 3) комплексного использования водных ресурсов.

Как видим, понятие “рациональное использование водных ресурсов” шире, чем комплексное использование водных ресурсов.

Факторы, свидетельствующие о рациональном использовании водных ресурсов промышленным предприятием.

- 1) объем безводных технологий – это позволяет уменьшить потребление воды и уменьшить количество стоков;
- 2) размещение производств, обеспечивающее последовательное многократное использование воды в технологическом процессе (позволяет сократить потребление свежей воды);
- 3) уровень совершенства методов локальной очистки сточных вод (сокращает количество загрязнений в сточных водах);
- 4) разделение водохозяйственной системы на группы локальных замкнутых систем технического водоснабжения с очисткой сточных вод в соответствии с требованиями оборотного водоснабжения;
- 5) оптимизация процессов водообеспечения и водоочистки: распределение воды для технологических операций, регенерация отработанных растворов, извлечение из сточных вод ценных отходов, обезвреживание и утилизацию осадков;
- 6) полнота использования водных ресурсов, включающая использование сточных вод города и промышленных предприятий на ЗПО и других объектах.

4.2.6. Пути экономии воды в промышленности

- 1) Водооберегающие технологии являются основой рационального использования вод. Многообразие промышленного производства обуславливает и разнообразие водосберегающих мероприятий. Их общая задача – сократить удельный расход воды (на единицу выпускаемой продукции) и расход свежей воды.

Общая структура водосберегающих мероприятий представлена на схеме

Водосберегающие мероприятия

А) Первоначальным этапом разработки рациональных систем водообеспечения промышленных предприятий – совершенствование маловодных технологий. Они разрабатываются в соответствии с функциями воды в производстве. Обратим внимание на то, что в промышленных технологиях 70% воды используется в качестве хладагента (т.е. отводящего тепло), 15-20% - в качестве экстрагента, 10-15 % - транспортирующего агента.

Замена водяного охлаждения воздушным, сухая очистка газов и воздуха, каскадные системы промывки, пневмосистемы транспортирования и др. технического решения позволяют сократить удельное водопотребление на 20-30%.

Б) Сокращение потребления свежей воды в результате ее

- многократного использования и привлечения сточных вод. Этот способ связан с определенными трудностями. Он требует научных исследований, в частности выявления закономерностей формирования их состава в результате смежных физико-химических процессов, протекающих в этих системах. Это позволит прогнозировать их состав, определять условия использования и способы очистки, а в конечном итоге – разработать комплекс управления системой.

- необходимо интенсифицировать режим работы оборотных систем водоснабжения. Это может снизить потребление свежей воды и сброс отработанных вод на 5-6 км³/год. Но оборотные системы не являются экологически чистыми, поэтому при их создании необходимо учитывать не только техническую и экономическую стороны, но и экологическую. Технический аспект – в предотвращении солевых и механических отложений, коррозии и биологических обрастаний до допустимых пределов – 0,1 мм/год. Среди экологических аспектов важно учитывать вынос катальной влаги (из градирни) и сброс части оборотной воды из системы, а также утечки из систем. Количество загрязнений, выносимых из оборотной системы зависит от режима ее работы. В экстремальных случаях происходит рассредоточенный вынос загрязнений в атмосферу с капельной влагой. Поэтому вынос капельной влаги и количества загрязнений регулируются соответствующими нормативами в зависимости от принятой схемы водоотведения.

- дает экономию воды замена водяного охлаждения воздушным. Для охлаждения ядерных реакторов применяют и другие газы, а также конденсированные пары Na.

- совмещение технологий, при которых в одних процессах тепло выделяется, а другими поглощается.

- рационально использовать дополнительные источники водных ресурсов, а именно городские очищенные стоки, шахтные и карьерные воды (для охлаждения в приморских районах – морские воды).

- большое значение имеет разработка научно обоснованных норм водопотребления и водоотведения, соблюдение технологической дисциплины.

- экономический стимул – плата за воду

Кардинальное решение экологической проблемы – создание беспродровочного режима работы оборотных систем и применение высокоэффективных водоуловителей на градирнях. Рассмотренная система водосбережения представляет собой теоретическую разработку, существенно отличающуюся от реальных условий. Фактическое водопользование все еще очень часто имеет экстенсивный характер. В каждую пятилетку потребление воды в промышленности возрастало на 15%. Безотходные и водосберегающие технологии имеются, но внедряются недостаточно. Но в конце XX столетия эти технологии стали символом рационального использования водных ресурсов и бережного отношения к природе.

4.2.7. Положительные примеры

В 1976 году группа металлургов награждена Ленинской премией за создание промышленного комплекса переработки ванадиевых шлаков с технологией, исключающей загрязнение воды и воздуха.

Использование сточных вод на Николаевском гидролизно-дрожжевом заводе. Зимой очищение сточных вод используется в оборотном водоснабжении завода, а летом после биологической очистки часть стоков используется для орошения. Осадки сточных вод из первичных отстойников передают на цементный завод, а активный ил из вторичных отстойников – для производства белково-витаминного корма. Здесь используются отходы и достигается значительная экономия воды. На Первомайском химическом заводе (Харьковская область) при внедрении безотходной технологии забор свежей воды сократился до 2% от полного водопотребления.

4.2.8. Влияние промышленности на других участников ВХК и окружающую среду

Промышленность требует надежности подачи воды равной 95-97% (по числу бесперебойных лет). Оно базируется, в основном, на использовании речного стока. Требуемую надежность может обеспечить только регулирование стока. Поэтому промышленность является участником крупнейших водохозяйственных комплексов бассейнов Волги, Днепра, Дона, Сибирских рек. В маловодных районах для обеспечения промышленных центров осуществлена переброска стока.

Требования промышленного водоснабжения к 1) уровневому режиму водохранилищ комплексных гидроузлов. Аналогичны требования коммунально-бытового водоснабжения.

При использовании водохранилища для охлаждения теплых вод необходима 2) большая площадь его зеркала, т.к. охлаждение происходит, главным образом, за счет испарения с водной поверхности. Ущерб с/х, термическое и частично механическое загрязнение.

В целом водохранилища используют для промышленного водоснабжения из обоих бьефов (в нижнем – за счет специальных конусов, для подпитки оборотного водоснабжения, охлаждения, разбавления сточных вод).

В результате 3) качество воды в водохранилищах ухудшается. По экспертным оценкам, 2/3 загрязняющих веществ попадают в них с промышленными стоками. Наибольший удельный вес имеют стоки нефтехимической, металлургической, целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, что резко отрицательно влияет на остальных участников ВХК. Сложным является влияние 4) теплых вод.

Положительное – в удлинении периода навигации, улучшения условий для отдыха, рыбоводства, орошения.

Отрицательное - 5) к цветению воды в результате развития СЗВ, появлению 6) туманов. Особенно это сказывается в южных районах, где t^0 и так высока. Для рыбы t^0 более 30^0 С губительна. Поэтому t^0 воды в водохранилище в результате сброса сточных вод не должна превышать естественную более чем на 3^0 летом и 5^0 зимой.

Поэтому очень важно оценить комплекс положительных и отрицательных влияний сброса и найти методы нейтрализации вредного воздуха и использования положительного.

Необходимо совершенствование очистных сооружений. Но далее очень большие затраты не обеспечивают охраны окружающей среды от негативного влияния промышленных стоков. Более перспективно уменьшение водоотведения.