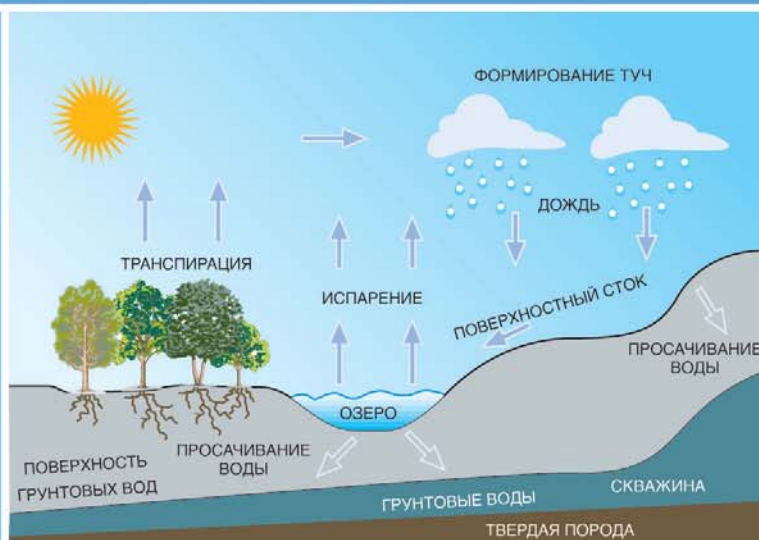
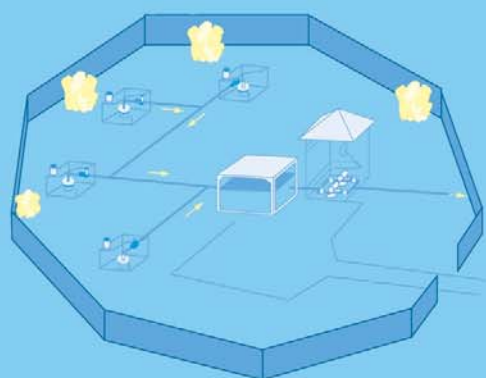


Информационные материалы  
для школьников и педагогов  
для подготовки и проведения  
проектов по номинации  
**«Технологии водоподготовки,  
очистки сточных вод и  
рационального использования  
водных ресурсов»**

Часть 1



*Дорогие друзья,  
в рамках Российского национального конкурса водных проектов старшеклассников мы стараемся не только обратить ваше внимание на проблемы сохранения водных ресурсов, но и привлечь вас к конкретной деятельности в этой сфере с тем, чтобы вы получили реальный результат в ходе занятий научно-исследовательской деятельностью. Учреждение номинации «Технологии водоподготовки, очистки сточных вод и рационального использования водных ресурсов» было направлено на то, чтобы заинтересовать вас решением проблем, связанных, я бы сказала, с такой водной рутинной — подготовкой питьевой воды для потребления, очисткой сточных вод и экономией воды в быту. Эта рутинная работа оказывается определяющей в деле эффективного и бережного использования водных ресурсов. Именно здесь, что называется, собака зарыта. Без современных технологий в сфере водопользования не может быть и речи об устойчивом управлении жизненно важным ресурсом.*

*Для того чтобы всем этим заниматься, нужны, прежде всего, специальные знания предмета: свойства воды и её источники, системы водоснабжения и водоотведения, устройство водопроводных насосных станций и очистных сооружений, системы контроля качества и т.д. Наши коллеги выпустили замечательную книгу обо всем об этом — «Вода в нашей жизни», которая, на мой взгляд, настолько хороша, что лучше и не придумать.*

*Наш партнер — группа компаний «РОСВОДОКАНАЛ», при чьей поддержке эта книга была подготовлена и выпущена, любезно предоставил нам возможность использовать эти материалы для изданий в рамках номинации «Технологии...» нашего конкурса.*

*В этом году мы переиздаем первую часть информационных материалов в помощь школьникам и учителям, заинтересованным в решении проблем водных ресурсов и участвующим в Водном конкурсе старшеклассников.*

*Продолжение следует.*

*Успехов.*

*С уважением,*

*Н.Г.Давыдова, канд.техн.наук*

*Директор Института консалтинга экологических проектов*

*Руководитель Российского национального конкурса*

*водных проектов старшеклассников*



*Подготовлено на основе учебного пособия «Вода в нашей жизни» (Авторы-составители Н.И. Зотов, Н.В. Моисеенко, по заказу ГК «РОСВОДОКАНАЛ»). — Издательство «Норд-Пресс», г. Донецк, 2007. — 229 с.*

# 1. Вода на нашей планете

## Сколько воды на Земном шаре?

Гидросфера Земли объединяет все свободные ресурсы воды на планете — моря и океаны, реки и озёра, ледники — горные и полярные, подземные воды, почвенную влагу и пары атмосферы. Общие запасы всех видов воды на земном шаре составляют 1386 млн. км<sup>3</sup>. Основные запасы воды — 1338 млн. км<sup>3</sup> содержатся в Мировом океане, пресной воды около 35 млн. км<sup>3</sup> (2,5% от общего количества).

### Пресная вода на Земле распределяется так:

- ледники, подземные льды,
- постоянный снежный покров — 24 364 тыс. км<sup>3</sup>
- подземные воды — 10 530 тыс. км<sup>3</sup>
- пресные озера — 91 тыс. км<sup>3</sup>
- влага в почве — 16,5 тыс. км<sup>3</sup>
- вода в атмосфере — 12,9 тыс. км<sup>3</sup>
- вода в болотах — 11,5 тыс. км<sup>3</sup>
- вода в руслах рек — 2,1 тыс. км<sup>3</sup>
- биологические воды (в живых организмах) — 1,1 тыс. км<sup>3</sup>

Из общего количества пресной воды более 24 млн. км<sup>3</sup> (70%) — это труднодоступные воды ледников Арктики, Антарктики и Гренландии. В поверхностных слоях земной коры залегает около 30 % пресной воды, причем в озерах содержится всего 0,25 %, а единовременный объем в речных руслах и того меньше — 0,006 %.

Для жизнедеятельности человечества наибольшее значение имеют ежегодно возобновляемые воды в количестве около 44,5 тыс. км<sup>3</sup>. Казалось бы, пресной воды на Земле достаточно. Однако, согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения, сегодня более 2 млрд. человек страдают от нехватки питьевой воды. Пресная вода стремительно превращается в дефицитный природный ресурс. По прогнозам ЮНЕСКО, к 2020 году 2/3 населения Земли будут жить в условиях дефицита воды.

Причины этого не только в неравномерном распределении водных ресурсов на поверхности Земли, но и в бесхозяйственной деятельности человечества, которая способствует угрожающему загрязнению природных водоемов.

Вода на Земле является самым распространенным и необычным минералом, который существует в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом (лед), газообразном (пар). Вода — единственная природная жидкость, имеющаяся на планете в огромном количестве. Можно даже утверждать, что никакой другой природной жидкости, кроме воды, на Земле нет.

Несмотря на обычность и вездесущность, вода — одно из самых удивительных и необыкновенных физических тел и химических веществ на Земле, это подлинное обыкновенное чудо. Почти все физико-химические свойства воды — исключение в природе. Вода как физическое тело обладает рядом особенностей, подчас аномальных. Эти особенности — аномалии — обусловлены молекулярным строением воды и наличием между ее молекулами водородной связи.

Длительное время воду считали простым веществом и не знали ее состава. После ряда исследований А.Гумбольдт и Ж.Гей-Люссак предложили классическую формулу воды H<sub>2</sub>O.

Но в начале 30-х годов XX века было установлено одно из самых удивительных свойств воды. Оказалось, что в природе существует не одна вода с формулой  $\text{H}_2\text{O}$ , а более сорока. Это обусловлено тем, что кроме водорода с атомным весом, равным 1 ( $\text{H}^1$  - протий), в природе встречаются и его изотопы с атомным весом 2 ( $\text{H}_2$  - дейтерий,  $\text{D}$ ), а также с атомным весом 3 ( $\text{H}^3$  - тритий,  $\text{T}$ ) и даже  $\text{H}$  и  $\text{H}$ . Кислород также образует изотопы с атомными весами 16, 17 и 18. С учетом возможных комбинаций изотопов водорода и кислорода в природе может существовать 48 соединений, именуемых водой. В природе имеется 99,73% легкой воды ( $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ), 0,2% молекул  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  и 0,04% молекул  $\text{H}_2^{17}\text{O}$ . Вода с содержанием дейтерия  $\text{D}_2\text{O}$  называется тяжелой, а с тритием  $\text{T}_2\text{O}$  — сверхтяжелой, однако таких вод в природе очень мало. Так, в 1 тонне обычной речной воды тяжелой воды всего 150 граммов, в океанской — 165 граммов, а в дождевой и талой практически нет совсем.

Некоторые аномалии воды имеют огромное значение для таких важных планетарных процессов, как возникновение и поддержание жизни на Земле, образование климата нашей планеты, формирование его рельефа. Аномальным свойством воды является ее необычайно высокая температура кипения и замерзания, молекулы воды обладают чрезвычайно сильной способностью притягиваться друг к другу, поэтому и плавится, и закипает вода при гораздо более высоких температурах, чем можно было ожидать.

Одним из аномальных свойств воды является то, что в водоемах она практически не промерзает насквозь. Известно, что вещества при повышении температуры увеличивают объем и уменьшают плотность. У воды все происходит так же, но в интервале температур от  $+3,98^\circ\text{C}$  и выше. При температуре ниже  $+4^\circ\text{C}$  и до точки замерзания плотность воды падает, а объем увеличивается. Верхний слой воды в водоемах, охладившись до  $+4^\circ\text{C}$  и достигнув максимальной плотности, опускается на дно, принося кислород его обитателям. Поднявшаяся же более теплая вода снова охлаждается и опускается, что и обеспечивает регулярную циркуляцию и нормальную жизнь водоемов зимой.

Аномально высокая растворяющая способность воды имела важное значение для зарождения и развития жизни на Земле. Вода обладает неоценимым для живых существ свойством: она — инертный растворитель, химически не изменяющийся под воздействием тех веществ, которые растворяет. Благодаря этому свойству, вещества, необходимые для живых тканей, попадают в организм в сравнительно мало измененном виде. Сама же вода, как растворитель, может быть использована организмом многократно.

Жидкая вода подчиняется законам гравитации и свободно перемещается по поверхности Земли, в трещинах и пустотах. Капиллярная почвенная вода смачивает стенки пор и перемещается не вниз, а благодаря менисковым силам поверхностного натяжения поднимается вверх. Это имеет исключительно важное значение в обеспечении растений влагой. Пленочная вода обволакивает мелкие частицы почвы, обеспечивая жизнь микроорганизмов, а для растений она недоступна.

Появление воды и возникновение жизни способствовали насыщению атмосферы кислородом. Растения выделяют его в процессе фотосинтеза — одного из величайших биохимических процессов на Земле. Благодаря этому, атмосфера приобрела её нынешний химический состав. Водоросли создали грандиозную массу органического вещества, из остатков которого, накопившихся на дне первозданных озер и морей, в результате химических процессов образовались месторождения нефти и горючего газа.

Исключительно высокая теплоемкость воды привела к тому, что океан стал регулировать климат Земли. Мировой океан является огромным термостатом, делающим более

устойчивыми температурой и влажностью атмосферы, это огромный кондиционер воздуха в мировом масштабе. Океан, аккумулируя тепловую энергию, отдает ее постепенно и этим способствует смягчению и выравниванию климата от сезона к сезону. Именно океан делает нашу планету пригодной для жизни.

Лед отличается удивительными свойствами и играет важную роль в кругообороте воды. Установлено 10 кристаллических модификаций льда и один - аморфный. Есть лед морской, пресноводный и атмосферный. Небольшие вкрапления игольчатого льда в почве способны выталкивать на поверхность глыбы земли, разрывать корни растений. Снежный покров защищает зимующие растения от низкой температуры, ледники гор - аккумуляторы воды для многих рек.

В форме водяного пара пребывает небольшое количество воды, находящейся в основном в очагах вулканизма (гейзеры), а также в глубоких слоях Земли.

Значительная часть воды входит в состав минералов в виде физически или химически связанной. Особое состояние воды - физиологически связанная. Растения Земли «выпивают» 650 триллионов тонн воды в год. Все живые существа более чем наполовину состоят из воды и ежедневно потребляют ее. «Жизнь есть одушевленная вода», - считает выдающийся французский биолог Рауль Дюбуа.

Вода является для человека более ценным природным богатством, чем нефть, газ, железо, уголь, ибо она **незаменима**.

### **Круговорот воды в природе**

На Земле происходит грандиозный круговорот воды. «Котлом» в этом огромном механизме является Мировой океан. Движущей силой цикла, его «топкой», служит Солнце, а «трубопроводами», по которым пар и теплая вода перемещаются из одних районов в другие, - морские и воздушные течения. Выпадающая с осадками вода снова возвращается в океан реками и ручьями. При этом солнечная энергия, затраченная на испарение воды, заряжает ее молекулы энергией, которая после конденсации паров воды и выпадения осадков на Землю реализуется в кинетическую энергию рек. Благодаря круговороту воды в биосфере Земли возможен великий биологический круговорот, может существовать многообразие растений и животных, которыми располагает наша планета. Круговорот воды и биологический круговорот поддерживают целостность биосферы.

По расчетам, в течение года с поверхности морей и океанов испаряется более 348 690 км<sup>3</sup> пресной воды. Из этого количества 295 886 км<sup>3</sup> - возвращается в виде осадков снова в океан, а 34 494 км<sup>3</sup> выпадает над сушей. Вода на Землю выпадает не только с дождем и снегом, но «горизонтальными осадками» - в горах выше снеговой линии и в высоких широтах Земли они отлагаются в ледниках и снежинках, а в средних широтах - в виде инея и изморози.

Попавшие на сушу воды образуют звенья в системе земного круговорота - сток, подземные воды, ледники. Указанные звенья обладают различными скоростями движения воды в направлении океана. Быстрее всех поступят в океан воды рек. На несколько лет может задержаться вода в озерах, десятки и сотни лет удерживают воду болота и солончаки. Медленнее всего передвигается вода в ледниках, к вековым запасам относятся подземные воды. Однако все эти воды, независимо от их агрегатного состояния, минерализации, температуры и других свойств, - непрерывно изменяются, сохраняя при этом главное свойство воды в природе - единство. Академик В.И.Вернадский писал: «Все природные воды, где бы они ни находились, теснейшим образом связаны между собой и представляют единое целое». В

круговороте воды в природе участвуют растения путем транспирации и животный мир - животные и люди возвращают воду в атмосферу в виде пара при дыхании - путем респирации.



Помимо глобального круговорота воды в отдельных районах планеты неизбежно существуют региональные круговороты воды, они зависят от множества причин - атмосферных явлений, дренированности территории, активности солнечной радиации и в том числе и от хозяйственной деятельности человека.

### Распределение мировых запасов пресной воды

Основные источники обеспечения населения водой - это реки и пресные озера. Они весьма неравномерно распределены по континентам. Так, в Европе и Азии сосредоточено 39% мировых запасов речных вод, а проживает здесь 70% населения мира. На земном шаре есть районы, крайне обделенные водой. К ним относятся гигантские пространства пустынь (около 40 млн. км<sup>2</sup>), которые занимают Северную Африку, переходят в Азию, захватывают почти весь Аравийский полуостров, большую часть Ирана и Афганистана, заканчиваясь в Западном Пакистане. Они охватывают часть Каспия, почти всю равнинную Туркмению и Узбекистан, значительные пространства Западного и Южного Казахстана. Ими захвачены огромные просторы Центральной Азии.

Население развивающихся стран, на которые приходятся самые огромные пространства пустынь, испытывает постоянный недостаток воды. Больше всего пресной воды в Южной Америке. Еще более богаты пресной водой крупные острова Океании - Новая Зеландия, Новая Гвинея, Тасмания и др., что обусловлено значительными объемами выпадающих осадков. Меньше всего пресной воды в Австралии. Единственный материк, на котором вообще нет ни одной постоянной реки, - Антарктида - имеет 62% пресных вод Земли в виде льда.

## Масса воды в гидросфере и её составляющих

Составляющая гидросферы	Масса воды, 10 <sup>20</sup> г	Слой* на поверхности Земли, м	Доля от суммарной массы, %
Мировой океан	13700	3000	92,3
Подземные воды	1000 (40÷2000)	200	6,1
Снежно-ледовые образования	260 (240÷300)	60	1,6
Малые составляющие:			
озера	2,8 (1,8÷7,5)	-	-
почвенная влага	1 (0,6÷1,0)	-	-
болота	1 (0,1)	-	-
атмосферная влага	0,014	-	-
реки	0,012 (0,02)	-	-
Итого	14 964,826	3260	100
*Слой воды, равномерно распределённый по всей поверхности Земли Примечание. В скобках указаны другие существующие оценки массы			

## Запасы пресной воды в гидросфере

Составляющая гидросферы	Пресная вода, 10 <sup>20</sup> г	Доля пресной воды от составляющей гидросферы, %	Доля пресной воды в мировом запасе, %
Мировой океан	-	-	-
Подземные воды	40 (100)	4 (10)	13,3
Снежно-ледовые образования	260	100	85,9
Малые составляющие:			
почвенная влага	1 (0,6÷0,8)	100	0,28
болота	1 (0,1÷1)	100	0,28
озера	0,91	39	0,24
атмосфера	0,014	100	-
реки	0,012 (0,02)	100	-
Итого	302,9126	1,7*	100
* Запас пресной воды в гидросфере, % Примечание. В скобках указаны другие оценки запасов пресной воды			

## 2. Источники пресной воды

### Поверхностные водные источники

На Земле множество источников воды, но не все природные воды могут служить источником водоснабжения населения. Выбор источника водоснабжения населенных мест - сложная задача, требующая всестороннего изучения и тщательного анализа водных ресурсов в каждой конкретной местности и, особенно, характеристик природных вод.

К открытым поверхностным водоемам относятся океаны, моря, озера, реки, болота и водохранилища. Вода морей и океанов не может быть использована в качестве источника водоснабжения без предварительной специальной дорогостоящей обработки, поскольку в одной тонне воды содержится до 35 кг различных солей. Поэтому для целей водоснабжения населенных мест используют другие источники - реки, озера и водохранилища. В странах СНГ централизованное водоснабжение в объеме около 8 км<sup>3</sup>/год в основном осуществляется из поверхностных источников — 83%. Главное значение имеют воды рек и пресных озер.

В зависимости от климатических и погодных условий в той или иной местности водность рек и озер из года в год меняется. Меняется она и в пределах года: в весенний период повышается, а летом и зимой значительно падает. В периоды весенних паводков вода имеет высокую цветность, низкую щелочность, содержит большое количество взвешенных веществ, различных ядохимикатов, бактерий, приобретает привкусы и запахи. При цветении водоемов в летний период вода приобретает самую неожиданную окраску и очень своеобразные запахи - рыбный, травяной, плесневый, огуречный и даже фиалковый. Речная вода, как правило, содержит небольшое количество минеральных солей и отличается относительно небольшой жесткостью. Все физико-химические свойства речной воды, ее бактериальный и биологический состав зависят от распространенных по водосборной площади веществ и загрязнений. Все поверхностные воды сначала промывают леса и луга, поля и застроенную территорию, а лишь затем попадают в реки. В реках осуществляются процессы самоочищения под воздействием разбавления водой водоема, биологического разложения загрязнений и осаждения наиболее крупных взвесей на дно. Биологические процессы происходят под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов и простейших, населяющих водоем, с участием растворенного в воде кислорода и солнечного света.

Используемые для водоснабжения озера также характеризуются высокой цветностью и окисляемостью вод, наличием планктона в теплые периоды года, низкой минерализацией и малой жесткостью. Вода озер содержит повышенное количество биогенных веществ, способствующих массовому развитию фитопланктона и летнему цветению.

Искусственные водоемы - водохранилища и речные моря также являются источниками водоснабжения. В мире построены водохранилища с полезным суммарным объемом около 2300 км<sup>3</sup>. Водоохранилища - это водоемы с замедленным водообменом, поэтому для них характерно постепенное ухудшение качества воды.

Запасы пресных вод содержатся также в болотах. Они являются не только хранилищами пресной воды, питающими ручьи и пруды, но и выполняют роль естественного фильтра при очистке загрязненных вод. Болота играют огромную роль в природном равновесии — во время весенних разливов они накапливают влагу и отдают ее в засушливые периоды года. Около 3/4 мировых запасов пресной воды находится в кристаллическом состоянии в виде льдов Арктики и Антарктиды и высокогорных ледников. Общий объем льда на Земле равен 27 млн.км<sup>3</sup>, что соответствует 24 млн.км<sup>3</sup> воды.

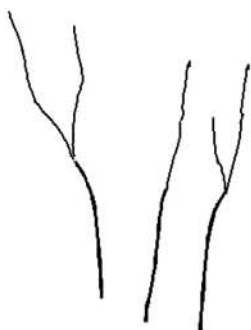
А



Б



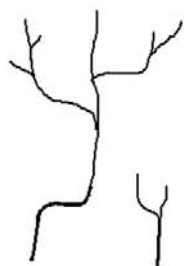
В



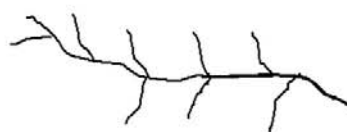
Г



Д



Е



Конфигурация речной сети на поверхности земли.

А – радиальная центробежная, Б – радиальная центростремительная,  
В – параллельная, Г – древовидная, Д – ортогональная решетчатая, Е – перистая

## **Подземные воды**

В верхней части земной коры, на разной глубине под почвой, находятся обширные запасы подземных вод. Эти воды местами пропитывают рыхлые или трещиноватые горные породы, образуя водоносные пласты. Большую часть подземных вод в верхних водоносных пластах создают просачивающиеся через почву и грунт атмосферные осадки. Некоторая часть подземных вод может образоваться в результате соединения выделившихся из магмы кислорода и водорода. Такие воды названы ювенильными, впервые вступающими в общий влагооборот земного шара. Достоверных сведений об объеме этих вод в общем балансе влаги на Земле нет.

Общее количество пресных подземных вод, заключенных в земной коре, подсчитать трудно, однако исследователями установлено, что их на земном шаре гораздо больше, чем поверхностных. К естественным запасам подземных вод обычно относят объем свободной, химически не связанной воды, движущейся главным образом под влиянием силы тяжести в порах и трещинах горных пород. В земной коре, до глубины 2000 м, всего 23,4 млн. км<sup>3</sup> соленых и пресных подземных вод. Пресные воды, как правило, залегают до глубины 150 - 200 м, ниже они переходят в солоноватые воды и рассолы. По расчетам гидрогеологов до глубины 200 м объем пресных подземных вод составляет от 10,5 до 12 млн. км<sup>3</sup>, что более чем в 100 раз превышает объем пресных поверхностных вод.

Подземные воды отличаются высокой степенью минерализации. Однако минерализация их зависит от условий залегания, питания и разгрузки водоносных слоев. Если подземные воды залегают выше уреза воды в реках и стекают в эти реки, то эти воды пресные. Если же они находятся ниже уровня речных долин и залегают в мелкозернистых или глинистых песках, они обычно более минерализованные. Бывают случаи, когда нижние водоносные пласты обладают большей водопроницаемостью, чем залегающие выше, тогда и вода там более пресная по сравнению с водой вышележащих горизонтов. Подземным водам присущи постоянство температуры (5 ... 12°С), отсутствие мутности и цветности, высокая санитарная надежность. Чем глубже водоносный слой и чем он лучше перекрыт сверху водонепроницаемыми пластами, тем чище его вода, лучше ее физические свойства, ниже температура, меньше в ней бактерий, которые в чистых грунтовых водах могут отсутствовать, хотя возможность загрязнения и этих вод в принципе не исключена. С гигиенической точки зрения подземные источники считаются лучшими источниками питьевого водоснабжения.

## **3. Водозаборные сооружения**

### **Забор воды из поверхностных источников**

Водозаборными сооружениями, или сокращенно водозабором, называют комплекс гидротехнических сооружений, служащий для забора воды из водоемисточника, ее предварительной очистки от грубых примесей и подачи под необходимым напором непосредственно в сеть или на очистные сооружения системы водоснабжения. Водозаборы для хозяйственно-питьевого или промышленного водоснабжения работают непрерывно в течение всего года и, как правило, не допускают перерывов в подаче воды.

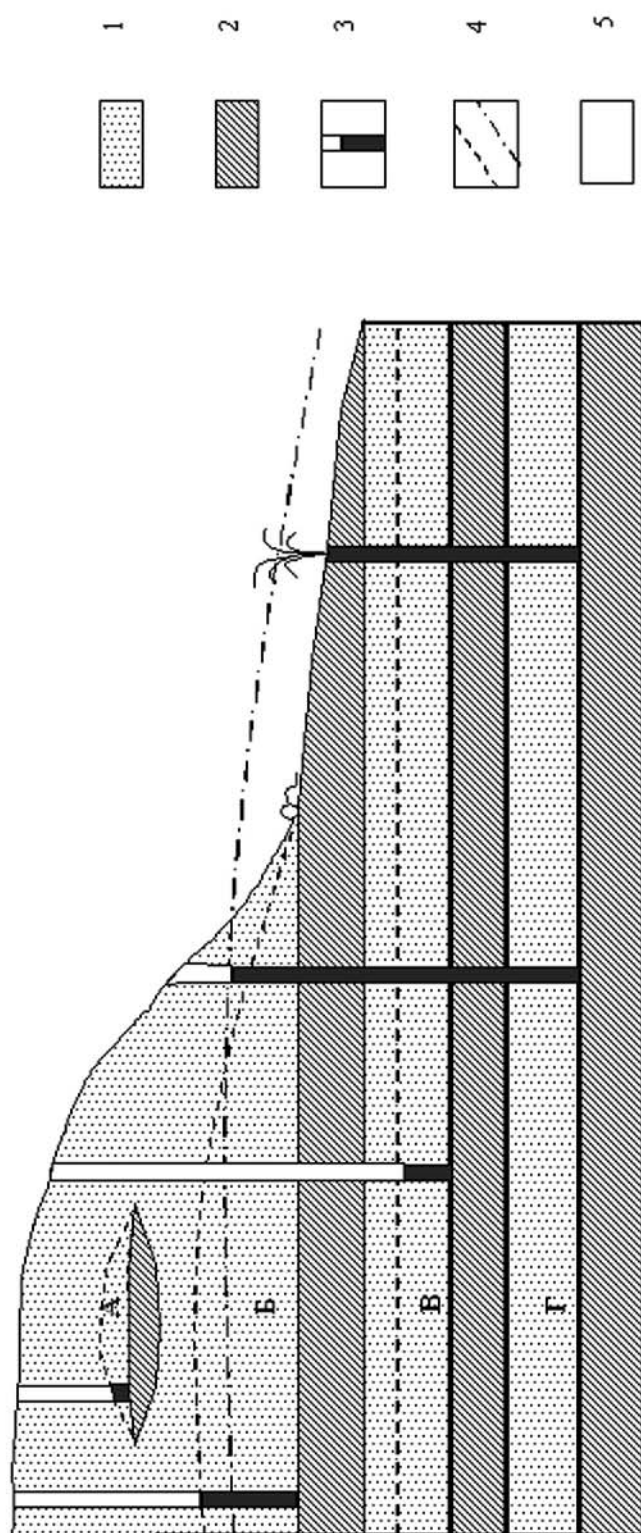


Схема залегания подземных вод.

А – верховодка; Б – грунтовые воды, образующие зону активного водообмена; В – безнапорные межпластовые воды; Г – напорные подземные воды; 1 – проницаемые и 2 – непроницаемые породы – водоупоры; 3 – буровые скважины и уровни вод в ней, одна из них – артезианская – фонтанирует; 4 – уровни воды: а – свободный (у грунтовых вод) и б – напорный (пьезометрический); 5 – источник (родник).

Водозаборы имеют широкую классификацию:

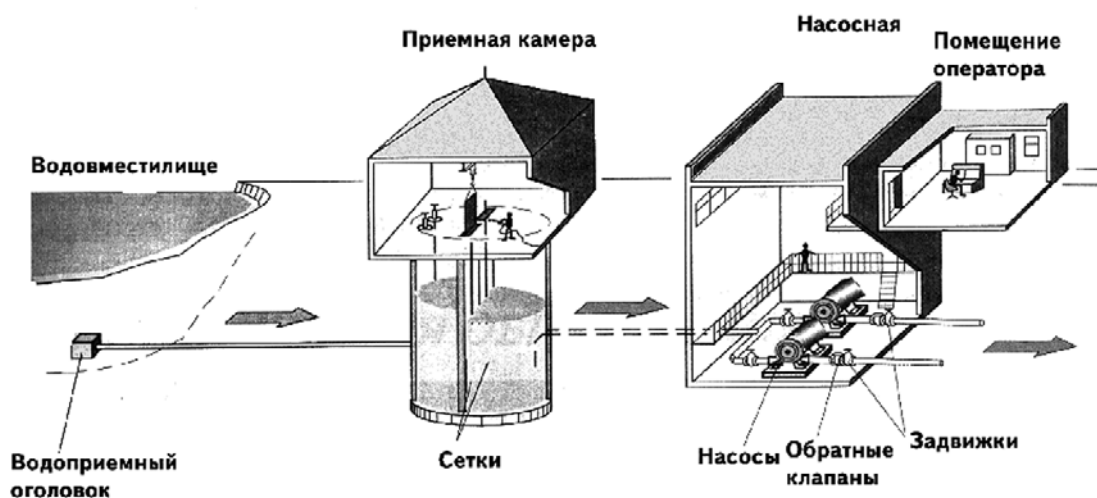
- по виду водоисточника - речные, водохранилищные, из каналов и озерные;
- по назначению - хозяйственно-питьевые и производственные;
- по производительности - малой (меньше  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ); средней (от 1 до  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ ); большой (больше  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ );
- по компоновке основных элементов - совмещенные и отдельные;
- по месту расположения водоприемника - береговые и русловые.

Все перечисленные водозаборы должны обеспечивать определенную надежность подачи воды потребителям в зависимости от их требований, и могут отличаться друг от друга конструктивными особенностями, способами приема воды из источника, сроком эксплуатации, некоторые водозаборы могут быть подвижными.

В связи с высокими требованиями к надежности водозаборов отдельные их сооружения разделяют на основные, даже частичное разрушение которых недопустимо (водоприемные устройства, насосные станции) и второстепенные, частичное разрушение которых существенно не отражается на работе комплекса в целом. Бесперебойность забора воды должна быть обеспечена при самых неблагоприятных гидрологических, гидравлических, термодовых условиях и их сочетаниях. Водозаборные сооружения должны быть простыми; удобными в эксплуатации и дешевыми; прочными, долговечными и устойчивыми.

Наибольшее распространение получили две схемы водозабора, которые отличаются между собой расположением водоприемника относительно берега:

- берегового типа, у которых водоприемник располагается на берегу, а его водоприемные отверстия всегда доступны для обслуживания;
- руслового типа, водоприемники которых затоплены и удалены от берега, а их водоприемные отверстия в отдельные периоды года являются практически недоступными.



Для защиты молоди рыбы от попадания в водозаборные сооружения и затем в насосы у водоприемных отверстий размещают рыбозащитные устройства различной конструкции и принципов действия.

Надежность водозаборных сооружений зависит от влияния метеорологических, гидрогеологических, биохимических и механических факторов. Метеорологические факторы вызывают образование донного льда, препятствующего поступлению воды в водоприемные отверстия, а также перемерзание и пересыхание источников, снежные лавины, селевые явления, половодья и паводки.

При естественном режиме реки наблюдается неравномерность распределения стока по сезонам года, которая зависит от площади водосбора, рельефа, растительного покрова, грунтов, соотношения между питанием и испарением вод. Изменение уровня воды в источнике поверхностных вод может вывести водозаборные сооружения из строя, например, из-за затопления насосных сооружений. При этом может резко увеличиться содержание в воде взвешенных частиц, которые нарушают нормальное поступление воды к всасывающим отверстиям насосов. При снижении уровня воды может уменьшиться или даже прекратиться поступление воды к насосам.

Гидрогеологические факторы связаны с перемещением отложений, снижением устойчивости берегов, с поступлением сточных вод. Иссякаемость водоисточника при отборе воды из горных рек наблюдается при значительных объемах перемещаемого плавника, галечниково-валунных отложений, которые уносят селевые потоки и паводковые воды, возникающие после ливней или при таянии снегов. Перемещаемые наносы могут изменять русла рек.

К биохимическим осложняющим факторам относят фитопланктон, микроорганизмы, бактерии, рыбу и водоплавающих животных.

Осложняющими факторами механического происхождения являются судоходство, лесосплав, строительные механизмы, деформация грунта, наличие наносов, сора и др.

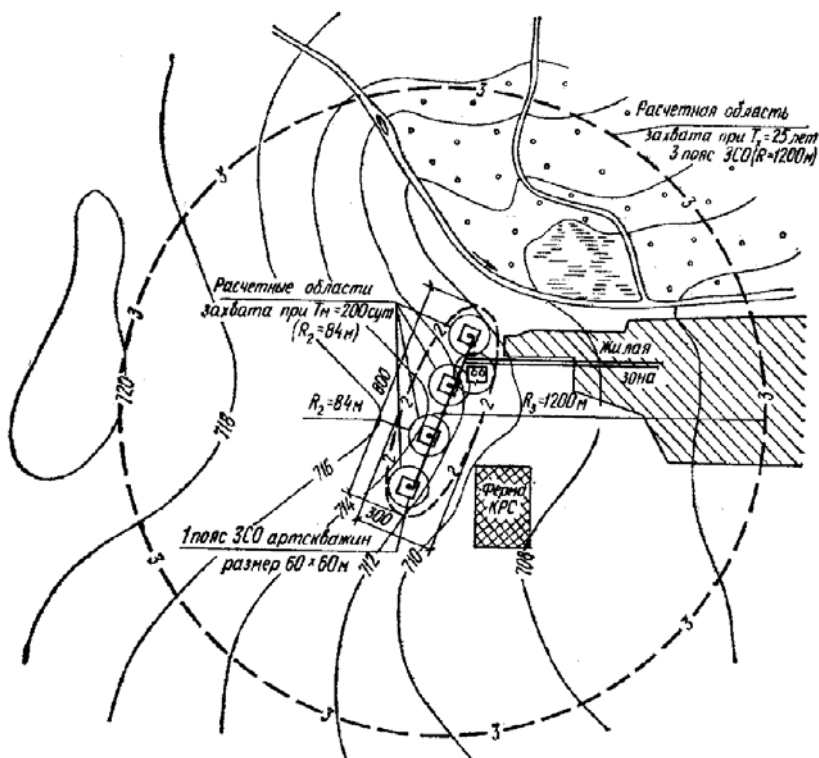
### **Забор воды из подземных источников**

Подземные воды как источник водоснабжения могут быть приняты для хозяйственно-питьевого, производственного водоснабжения или орошения сельско-хозяйственных угодий, если их использование для указанных целей наиболее экономично по сравнению с применением других источников (рек, озер, каналов, водохранилищ).

Горные породы земной коры залегают чередующимися пластами, которые по отношению к подземным водам можно разделить на водопроницаемые (водоносные) и непроницаемые (водоупорные). Основные типы подземных вод по условиям их залегания (сверху вниз) следующие:

- **верховодка** - воды, которые образуются при просачивании атмосферных осадков сквозь хорошо фильтрующие породы вследствие накопления на преграде в виде ограниченного по простирацию пласта водоупорной породы; эти воды сильно загрязнены, имеют малый дебит и пересыхают в жаркое время года;

- **грунтовые воды** - образуются аналогично верховодке, но на более протяженном водоупоре, однако и они имеют низкие санитарные качества; мощность их водоносных горизонтов достигает 1 м в верховьях рек и 10 м - в нижнем течении;



Ситуационный план подземного водозабора с границами поясов зоны санитарной охраны

- **подрусловые (инфильтрационные) воды** - имеют качество грунтовых вод и являются промежуточными между подземными и поверхностными водами, это частично очищенные естественным путем воды;

- **межпластовые воды** - делятся на напорные и ненапорные, они находятся между двумя пластами водоупора и считаются самыми лучшими для питьевого водоснабжения, поскольку защищены от загрязнений; мощность межпластовых горизонтов может составлять от 2 до 100 м;

- **родники (ключи)** - разновидность межпластовых вод, выходящих на поверхность земли, как правило, на склонах; являются прекрасным водоисточником, но имеют ограниченный дебит и используются для небольших потребителей.

Совокупность межпластовых вод представляет собой **артезианские бассейны**.

Особым видом подземных вод являются шахтные воды, которые откачиваются на земную поверхность системами шахтного водоотлива и загрязнены взвешенными веществами, органическими веществами и микроорганизмами. Большинство из них сильно минерализованы.

Различают запасы и ресурсы подземных вод. **Запасы** - количество воды, которое находится в данном слое (бассейне). **Ресурсы** оцениваются с учетом возобновления при общем круговороте воды в природе. Естественные (вековые, геологические) запасы воды - это общее ее количество в водоносном пласте. **Эксплуатационные запасы** - это количество воды, которое может добываться в единицу времени из водоносного горизонта при проектном (разрешенном) понижении уровня.

Естественные ресурсы - это величина питания подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков, речного стока, перетекания из других горизонтов.

Для отбора подземных вод из водоносного пласта применяются:

- скважины, шахтные колодезы, горизонтальные линейные открытые или закрытые

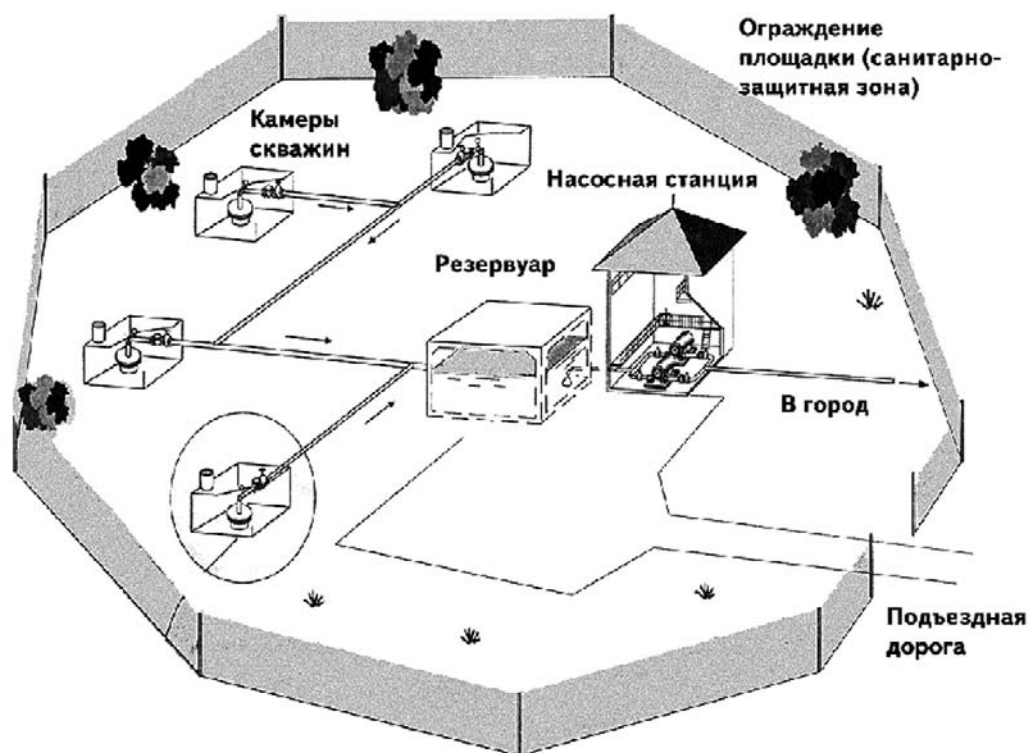
дрены, галереи, штольни (горизонтальные водозаборы), горизонтальные скважины-лучи (лучевые водозаборы);

- комбинированные водозаборы (горизонтальные дрены, галереи, штольни, шахтные колодцы с вертикальными скважинами);
- каптаж источников (родников).

*Скважины* - самые распространенные из подземных водоприемников. Они применяются для приема воды с глубины 10... 1000 метров при мощности водоносных пластов не менее 5 м. Устраивают скважины методом бурения. В скважинах оборудуют фильтры разных конструкций, которые предотвращают обрушение водоносного горизонта и вынос частиц водоносного слоя с водой.

*Шахтные колодцы* применяются для забора воды из мощных пластов при глубине залегания водоносного горизонта до 20...40 м. Прием воды может осуществляться через дно или боковой поверхностью. Ствол колодца может изготавливаться из камня, кирпича, железобетона. Подъем воды осуществляется бадьями и воротом; ручными, а также поршневыми или центробежными насосами.

*Лучевые водозаборы* - применяются для приема воды из маломощных водоносных слоев при глубине до 20 м, а также для забора подрусловых вод. Представляют собой колодцы диаметром от 3 до 6 м, сквозь стены которых пропущены в водоносные слои горизонтальные трубы с перфорированными стенками, называемые дренами-лучами. Лучи могут располагаться в одном или нескольких водоносных слоях (многоярусные лучи).



**Подземный водозабор**

*Горизонтальные водозаборы* — могут быть трубчатыми, в виде протяженных галерей или штолен. Трубчатые водозаборы устраиваются путем укладки в открытых траншеях дренажных труб (с многочисленными дырчатыми или щелевыми отверстиями в стенках труб для пропуска вовнутрь воды) для получения подземных вод из первого от дневной поверхности безнапорного водоносного горизонта, имеющего подошву на глубине до 8 м. Водозаборы в виде галерей или штолен представляют собой встроенные в водоносные горизонты железобетонные трубчатого типа конструкции (круглого или прямоугольного сечения), в стенах которых предусмотрены водопропускные отверстия.

*Каптаж источников (родников)* - устраиваются в местах выклинивания (выхода на дневную поверхность) водоносных горизонтов на склонах гор, оврагов, балок в виде камер. Восходящие ключи принимаются через днище камеры, а нисходящие - боковой поверхностью. В обоих случаях устраивается обратный фильтр из щебня или гравия для предотвращения выноса частиц из водоносного слоя с забираемой водой.

#### 4. Использование воды

В практике водоснабжения, как отрасли хозяйства, применяются два термина, характеризующие использование воды для тех или иных целей — ***водопользование и водопотребление***. При водопользовании вода не изымается из водных объектов, и они не становятся беднее водой. Водопользование применяется в гидроэнергетике, на водном транспорте, при лесосплаве, для целей рыболовства и рыбоводства, для занятия спортом, купания и отдыха.

При водопотреблении вода изымается из водных объектов и в них количество ее уменьшается, а качество воды после ее использования часто ухудшается. Водопотребление применяется в промышленности, сельском хозяйстве, а также при хозяйственно-бытовом водоснабжении населения. Часть изъятой воды возвращается после использования в гидрографическую сеть, часть воды для данного водоисточника исчезает, входя в состав выпускаемой продукции, или испаряется и переносится в другие водоемы. Строгую границу между водопользованием и водопотреблением часто провести трудно, но отличия, как видно, имеются. Вода, которая изымается из водных объектов, включая безвозвратные потери, называется ***полным водопотреблением***.

В период с 1900 до 2000 гг. использование воды в мире возросло практически в 10 раз, хотя население выросло всего в 4 раза. Это связано с развитием новых водоемких производств. За это время был обеспечен более широкий доступ к запасам пресных вод за счет развития гидроузлов на реках, строительства каналов и водохранилищ, увеличилось потребление воды из подземных источников. Одновременно возрастал уровень загрязнения поверхностных водоисточников, разрушались водно-болотные и лесные экосистемы. За счет интенсивного использования подземных вод происходило проседание земной поверхности.

Водопотребление в разных странах значительно отличается в зависимости от водообеспеченности, уровня технологического развития, степени благоустройства жилья, общего качества жизни, традиций. Высокий уровень водопотребления характерен для развитых стран при наличии мощных источников воды.

#### Мировая практика использования воды

В мировой практике выделяются четыре основных потребителя воды - городское и сельское

население; промышленные предприятия, включая теплоэнергетические установки; сельское хозяйство и водохранилища.

**Население.** В оборудованных водопроводом и канализацией городах водопотребление в настоящее время сильно колеблется, оно значительно выше, чем в сельской местности. В современных крупнейших городах мира население потребляет 300-600 литров в сутки на человека, сюда входят и затраты воды на городское хозяйство (поливка и мытье улиц, городской транспорт и др.). В сельской местности даже в высокоразвитых странах водопотребление не превышает 100-120 литров в сутки, а в слаборазвитых странах и того меньше - 20-30 л в сутки.

Снабжение населения водой составляет самую меньшую часть мировой затраты воды - всего 147 км<sup>3</sup> (или 5% общих затрат), в том числе 25 км<sup>3</sup> приходится на безвозвратные потери. Большая часть забранной для нужд населения воды после использования снова возвращается в гидрографическую сеть, но в крайне загрязненном состоянии.

**Промышленность и теплоэнергетика.** Вода используется практически во всех отраслях промышленности. Она используется в производственных процессах как растворитель, теплоноситель (пар, горячая вода) и охладитель. В зависимости от уровня технологии водопотребление одной и той же отрасли производства колеблется в довольно значительных пределах. Бурное развитие промышленности сопровождалось возрастающим водопотреблением с одновременным загрязнением природных вод промышленными отходами. Это стало одной из причин нехватки пресной воды на земном шаре. Промышленность в целом занимает второе место по общим затратам воды (после сельского хозяйства), которые составляют более 600 км<sup>3</sup> в год.



**Водоснабжение промышленного предприятия**

На различных предприятиях расходы воды для технологических нужд отличаются большим разнообразием. Так, на металлургических предприятиях, например, на производство 1 т чугуна расходуется от 20 до 50 т воды; на производство 1 т стали — 150 т воды; на производство 1 т проката -10-15 т воды. На изготовление 1 т бумаги требуется 250 т воды; 1 т целлюлозы - 400-500 т воды; 1 т вискозного шелка - 1000-1100 т воды; 1 т искусственного волокна - 2-3 тыс. т воды; на 1 т хлопчатобумажных тканей — 300-1100 т воды. Не отстает и пищевая промышленность: при убойе и разделке туш расходуется 0,5 т воды на 1 голову убойного скота; на мытье тары и посуды на молочных фермах на 1 т молока затрачивается 5 т воды; на сахарных заводах на 1 т продукции расходуется 100 т воды. Для тепловых электростанций на 1 млн. кВт мощности необходимо 1,2-1,6 км<sup>3</sup> воды, на атомных электростанциях воды требуется в 1,5-2 раза больше.

**Сельское хозяйство.** Основные затраты воды в сельском хозяйстве связаны с орошением земель. В мире орошается свыше 230 млн. га, из них почти 75% в Азии. Количество воды, затрачиваемой на полив 1 га посевов, зависит от климата, почв и других физико-географических условий, состава сельскохозяйственных культур, способов полива.

В европейских странах на орошение 1 га затрачивается 4-6 тыс.м<sup>3</sup> воды, в США и Мексике - 7,5 - 8,5 тыс. м<sup>3</sup>, в Индии и Индонезии - 9-10 тыс. м<sup>3</sup>, в странах СНГ - 12,5 тыс. м<sup>3</sup>, последние высокие затраты связаны с широким использованием крупных оросительных каналов, в которых значительны потери воды.

Расход воды на сельское хозяйство занимает среди всех видов использования вод первое место и превышает 2000 км<sup>3</sup> в год - 70% мирового потребления, из них свыше 1500 км<sup>3</sup> составляет безвозвратное водопотребление.

**Водохранилища.** Еще один вид потерь воды в результате использования природных вод человеком - испарение с поверхности водохранилищ. Общая площадь зеркала водохранилищ в мире оценивается в 300-400 тыс. км<sup>2</sup>, их поверхность испаряет воды больше, чем поверхность суши, которая была затоплена при их создании. Общий объем потерь воды на дополнительное испарение из водохранилищ превышает 100 км<sup>3</sup> в год.

Всего на четыре основных вида потребления воды человечество тратит почти 3000 км<sup>3</sup> пресной воды в год, около 7% годового стока рек мира.

## 5. Системы водоснабжения и водоотведения города

### Водоснабжение

Водоснабжение представляет собой комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, которые предназначены для забора, очистки и транспортировки потребителям воды заданного качества, в требуемых количествах и под необходимым напором.

Система водоснабжения состоит из водоприемных, водоподъемных, очистных, водонапорных и регулирующих сооружений, магистральных водоводов и распределительных сетей, установок энергоснабжения, автоматизации, телемеханизации и связи. Некоторые из перечисленных сооружений могут отсутствовать.

Наиболее распространенная схема водоснабжения населенного пункта обычно включает поверхностный или подземный источник водоснабжения, водозаборное сооружение, предназначенное для забора воды из источника, систему насосных станций, водоводы для подачи воды на очистку, сооружения по подготовке воды питьевого качества, резервуары

чистой воды, предназначенные для хранения необходимых объемов воды, в том числе и для пожаротушения, распределительную сеть для подачи воды конкретным потребителям.

В зависимости от местных условий и предъявляемых требований, каждая система водоснабжения имеет индивидуальные особенности. Однако имеется и общая классификация по следующим признакам:

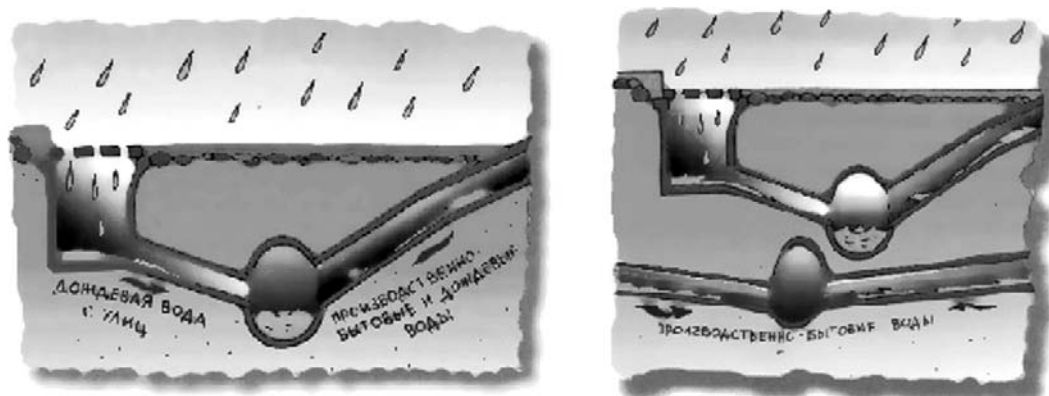
- *по виду обслуживаемых объектов* - городские; поселковые; промышленные; сельскохозяйственные; комбинированные.
- *по источнику водоснабжения* - из поверхностного источника; из подземного источника; смешанные.
- *по назначению (качеству) воды* - хозяйственно-питьевая; техническая; противопожарная; объединенная; специальная.
- *по вертикальному расположению* - одно- и многозонные.
- *по продолжительности работы* - постоянно действующие; сезонно действующие и временно действующие.
- *по конфигурации* - тупиковые; дублированные и кольцевые.
- *по способу подачи воды в сеть* - с механической подачей; самотечные и комбинированные.
- *по территориальному охвату потребителей* - централизованные, обеспечивающие водой всех потребителей, расположенных в данном населенном пункте; местные (локальные), обеспечивающие водой отдельных потребителей (группу индивидуальных домов, малые поселки, базы отдыха, небольшие предприятия и т.п.); групповые или районные, подающие воду нескольким населенным пунктам.

В свою очередь *промышленные* водопроводы по кратности использования воды в производственных процессах подразделяются на *прямоточные; с повторным использованием воды и оборотные*.

## Водоотведение

В настоящее время наиболее прогрессивным решением является создание централизованной системы канализации для населенного пункта в целом. Преимущество централизованной канализации населенных мест состоит в том, что она полностью отвечает санитарным требованиям, обеспечивая быстрый отвод с территории участков всех загрязнений, а вместе с ними возбудителей заразных болезней в закрытую подземную систему трубопроводов, по которым загрязненные воды направляются на очистные канализационные сооружения. Возможность контакта с такими загрязнениями и связанная с этим опасность заражения, вызываемая наличием в сточных водах болезнетворных микроорганизмов, полностью исключена.

Бытовые и производственные сточные воды, а во многих случаях и атмосферные (поверхностные), отводятся через домовую и дворовую канализацию. При этом различают два разных способа отвода сточных вод. Во-первых, все образующиеся сточные воды, включая и атмосферные, можно собирать в одну систему трубопроводов. Такая система канализации называется *общесплавной*. Во-вторых, сточные воды можно разделить по видам. При этом бытовые и производственные сточные воды отводятся по одной системе трубопроводов, а атмосферные - по второй. Такая система канализации называется *раздельной*.

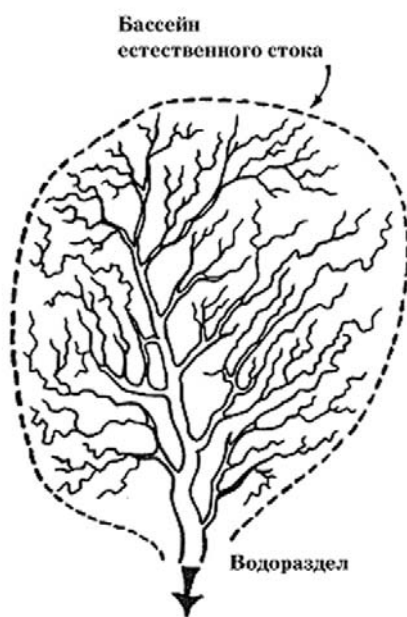


И в том, и в другом случаях имеются свои преимущества и недостатки. На первый взгляд кажется, что общесплавная система канализации значительно дешевле, так как в данном случае предусматривается прокладка только одного трубопровода, тогда как при раздельной системе канализации необходима прокладка двух, а иногда и более трубопроводов. Однако это не совсем так, ибо в случае применения общесплавной системы поверхностные (атмосферные) сточные воды проделывают до очистных сооружений канализации тот же путь, что и производственно-бытовые. Поверхностные сточные воды образуются в достаточно короткий промежуток времени, их расходы при этом могут значительно превышать расходы производственно-бытовых, в связи с чем диаметры трубопроводов общесплавной системы канализации необходимо резко увеличивать. Поскольку сильные дожди выпадают достаточно редко, в перерывах между ними трубопроводы будут значительно недогружены, а потому общесплавная канализация становится экономически невыгодной.

При раздельной системе канализации имеется полная возможность отводить поверхностные сточные воды кратчайшим путем в водоем без очистки, если это позволяют местные условия, или на локальные очистные сооружения для поверхностных сточных вод, которые значительно дешевле общегородских. При этом общегородские очистные сооружения канализации не будут подвергаться краткосрочной, но значительной перегрузке во время сильных дождей. Часто ограничиваются частичным устройством ливневой канализации или вообще переносят ее строительство на более поздние сроки - после полного завершения работ по устройству твердого покрытия на улицах города. Коллекторы дождевой канализации укладываются на небольшой глубине, что делает их более экономичными. Таким образом, раздельная канализация в большинстве случаев бывает ненамного дороже общесплавной, имеет ряд преимуществ при эксплуатации, а потому применяется значительно чаще.

Для приема сточных вод с участков жилой застройки уличные коллекторы располагают на такой глубине, чтобы вода могла стекать в них самотеком под уклон. Существуют определенные пределы глубины заложения труб самотечной канализации. Канализационную сеть, независимо от ее величины, можно представить как естественную речную систему, где поверхностные водостоки сливаются в небольшие ручейки, которые, в свою очередь, впадают в более крупные. Последние, соединяясь, образуют небольшие речушки, а затем и настоящие реки. При впадении этих рек в моря воды водостоков, ручьев и речек образуют общий сток. В зависимости от масштабов района, на территории которого образовались сточные воды, этот

район обычно называют или *бассейном естественного стока* (для поверхностных сточных вод), или *бассейном канализования* (здесь подразумевается сбор производственно-бытовых или даже и поверхностных сточных вод) в пределах определенного района застройки. В последнем случае количество стекающих вод тоже зависит от размеров территории района и от количества выпадающих осадков.



Различие между описанной речной системой и канализационной сетью состоит в том, что канализационные коллекторы в противоположность проточным водоемам скрыты под землей и проложены в основном вдоль улиц населенных пунктов. О существовании такой системы напоминают лишь крышки смотровых колодцев или уличные дождеприемники в случае отвода атмосферных вод.

Система канализации в целом помимо самотечных трубопроводов обычно включает канализационные насосные станции с напорными трубопроводами для подачи сточных вод на очистку и очистные станции. После того, как сточная вода проделает путь от участка жилой застройки по уличным канализационным коллекторам до очистных сооружений, располагаемых по возможности в низкой части территории, она подвергается обработке, конечным результатом которой является вода речного качества (по некоторым показателям).

Сначала на очистных сооружениях удаляются грубые примеси - плавающие вещества и предметы, например, кусочки древесины, текстиля, остатки овощей и фруктов, синтетических материалов и т.п. Это осуществляется с помощью решеток, устанавливаемых на пути движения сточных вод. Затем из сточных вод удаляют тяжелые минеральные примеси, главным образом песок, который перемещается вместе со сточными водами до тех пор, пока скорость течения настолько велика, что твердые песчинки могут уноситься вместе с водой. При уменьшении скорости до определенных пределов оседают сначала крупные, а затем и более мелкие песчинки. Этот процесс легко проследить на примере ручья. На тех участках, где быстрое течение, на дне ручья можно заметить исключительно крупный галечник. Далее, по мере уменьшения скорости, на дне обнаруживаются мелкие голыши, затем песок, а при очень медленном течении на дне отлагается также ил.

Очищенные от крупных отбросов и песка сточные воды содержат еще большое количество загрязнений. Необходимо иметь достаточно большие резервуары или каналы, при протекании через которые в течение 1-2 часов на дне этих сооружений отлагаются практически все способные оседать частицы взвешенных веществ. Такие процессы протекают в отстойниках различных конструкций, которые называют первичными.

Неосевшие загрязнения удаляют на последующей стадии очистки. Наилучший результат дают биологические методы очистки. Наглядное представление о них дают процессы самоочищения водоемов и разложения органических веществ в почве, населенной живыми организмами.

Находящаяся в сточной воде в большом количестве отмершая органическая материя не остается в живой природе неизменной. В результате происходящих биологических процессов она подвергается разложению. При этом органические вещества вовлекаются в процесс обмена веществ живых организмов, пищей для которых они являются. Конечным продуктом этих процессов распада являются простые органические и минеральные вещества. Водные растения превращают эти простые вещества вновь в высшие соединения. Этот синтез выполняется растениями, которые используют солнечный свет в качестве источника энергии. Таким образом, процессы распада и синтеза определяют круговорот органических веществ в природе. Биологические процессы распада имеют большое значение, так как именно они лежат в основе процессов очистки загрязненных органическими веществами сточных вод.

Если сточные воды отводятся в водоем или населенную живыми организмами почву, то происходит процесс их естественной очистки. Живые организмы, отыскивающие себе питание в загрязненных сточных водах, имеются повсеместно. С увеличением количества питательных веществ их число быстро возрастает, а при израсходовании запасов питания они отмирают. Поскольку сброс сточных вод в водоемы происходит регулярно, находящиеся в них микроорганизмы всегда обеспечены питательными веществами. Загрязнения сточных вод в водоемах в результате многообразных физических, химических и биологических процессов подвергаются разложению и расщеплению, после чего уносятся потоком вниз от места выпуска сточных вод, одновременно перемешиваясь и разбавляясь водой водоема. Перечисленные процессы обеспечивают в конечном итоге самоочищение водоема, которое представляет собой возврат воды в естественное, первоначальное состояние, которое было нарушено в результате сброса в нее сточных вод, хотя полного возврата в первоначальное состояние и не происходит. Полное восстановление не может являться целью водохозяйственных мероприятий для защиты водных источников. Задача состоит в поддержании и усилении процессов самоочищения воды в водоемах. Если не допускать загрязнения водоемов сточными водами выше определенных пределов, то часть работы по их очистке может быть заменена естественными процессами самоочищения.



Техника использует естественные процессы, совершающиеся в природе, ускоряя их с помощью определенных вспомогательных средств, повышая их эффективность или в определенной степени замедляя их.

После очистки и обеззараживания сточные воды сбрасывают в природные водоемы или балки.

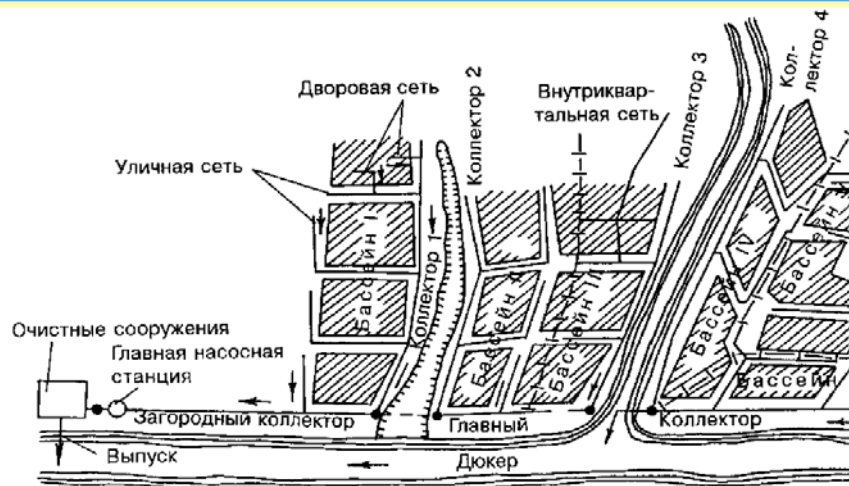


Схема канализаций населенного места

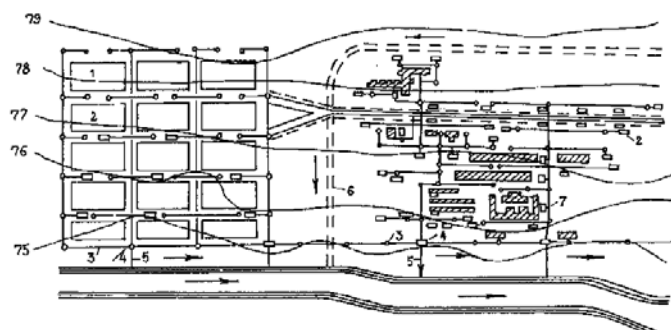
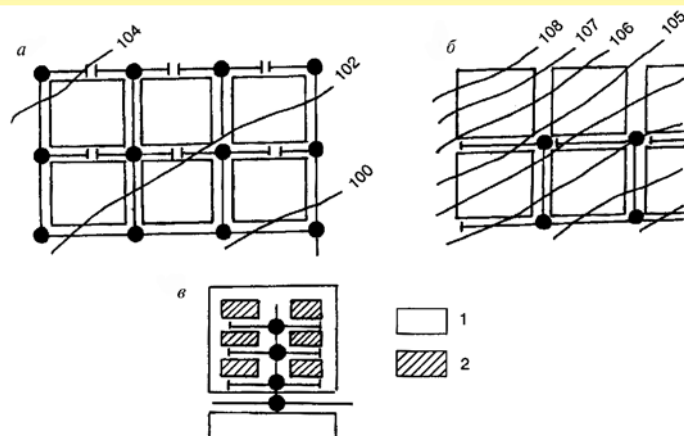


Схема общесплавной системы канализации

1 — уличная сеть; 2 — дождеприемники; 3 — главный коллектор; 4 — ливнеспуск;  
5 — ливнеотвод; 6 — нагорная канава; 7 — заводская сеть



Схемы трассирования уличных сетей

а — объемлющая;  
б — по пониженной  
стороне квартала;  
в — черезквартальная;  
1 — кварталы;  
2 — дома



Учредитель и организатор  
Российского национального конкурса  
водных проектов старшекласников –  
автономная некоммерческая организация  
«Институт консалтинга экологических проектов».

*Конкурс входит в «Перечень олимпиад и иных конкурсных мероприятий, по итогам которых присуждаются премии для поддержки талантливой молодежи» Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках приоритетного национального проекта «Образование».*



Институт консалтинга экологических проектов - автономная некоммерческая организация, реализующая природоохранные проекты и программы в целях расширения межсекторального, межрегионального и международного сотрудничества для достижения устойчивого развития.

Контакты:  
[www.eco-project.org](http://www.eco-project.org)  
[water-prize@mail.ru](mailto:water-prize@mail.ru), [eco.epci@gmail.com](mailto:eco.epci@gmail.com)  
Тел./факс: 499 245-68-33  
Телефоны: 903 144-30-19  
495 589-65-22

Издано при поддержке ГК «РОСВОДОКАНАЛ»