НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
кафедра: «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Дисциплина «Гидрогеология»

Образовательная программа 6В07201 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Лекция «Ресурсы подземных вод, их количественная оценка, охрана от загрязнения»

1 часть

Разработчики:
Пономарева Е.В., PhD, ассоциированный профессор (доцент) кафедры ГРМПИ
Пономарева М.В., профессор кафедры ГРМПИ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Ресурсы подземных вод
2. Естественные запасы подземных вод

В связи с интенсивным истощением и загрязнением поверхностных водоисточников, использование подземных вод в хозяйственно–питьевых, сельскохозяйственных и промышленных целях становится все более актуальным.

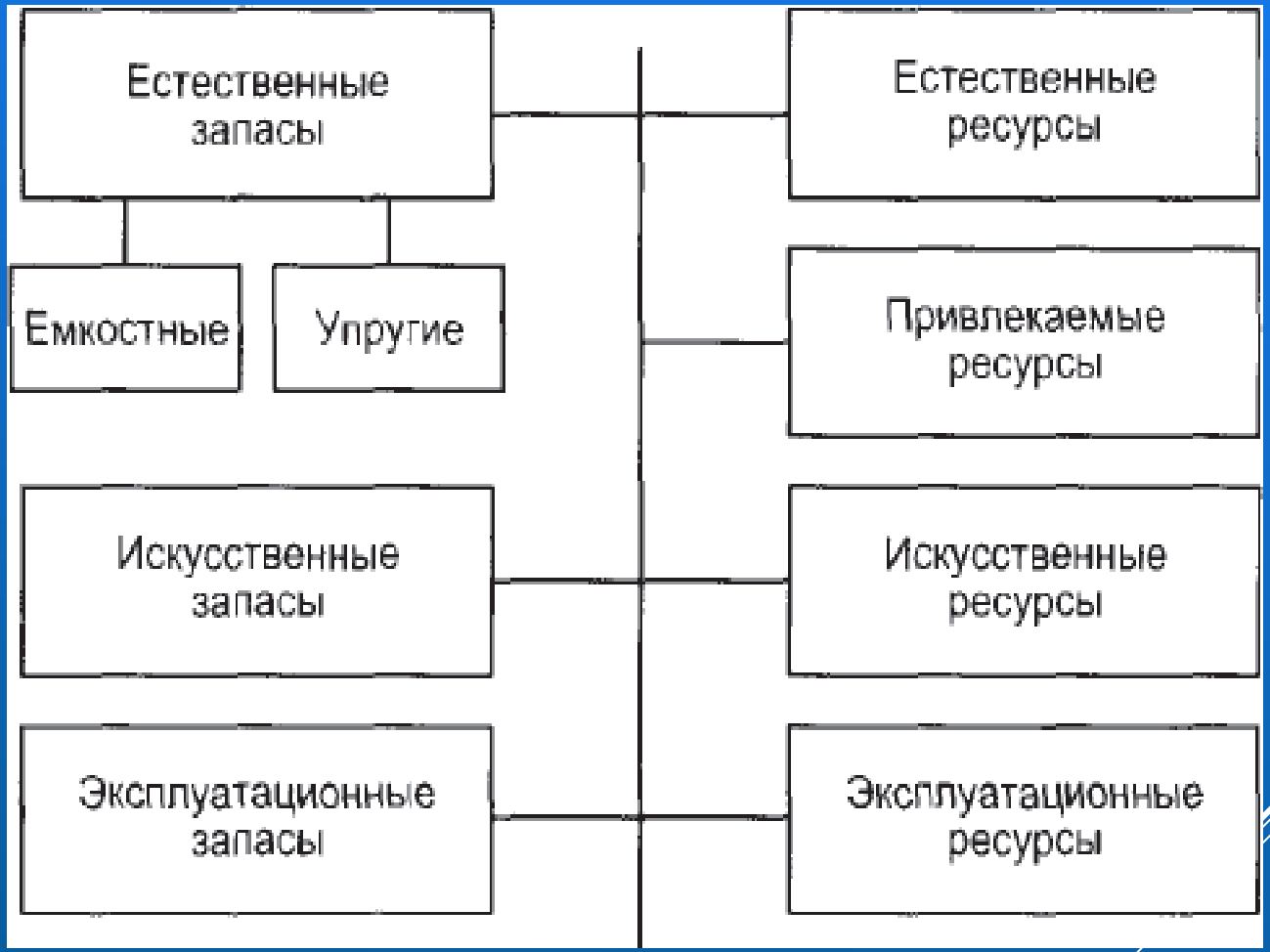
Общие прогнозные ресурсы подземных вод территории Республики Казахстан оцениваются примерно в 64 км³ в год, из них ресурсы пресных и слабосолоноватых вод составляют около 56,8 км³ в год. Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод составляют около 15–15,7 км³ в год, при этом на территории страны разведано более 4 тыс. месторождений подземных вод.

Существуют понятия *«запасы»* и *«ресурсы»* подземных вод.

Запасы – это количество воды (объем, масса), содержащаяся в рассматриваемом элементе гидросферы (водоносный горизонт, участок горизонта, месторождение).

Ресурсы – это величина их возобновления (восполнения) в естественных условиях или в условиях эксплуатации за определенный период времени (расход).

В соответствии с существующими представлениями запасы и ресурсы подземных вод подразделяются на количественные категории.



https://studref.com/302785/stroitelstvo/dvizhenie_podzemnyh

Естественные запасы подземных вод – это общее количество воды, которое содержится в определенном элементе подземной гидросферы: *водоносном пласте, его участке или группе взаимосвязанных пластов*. Эти запасы формируются в течение длительного времени и являются важнейшей характеристикой водоносной системы, поскольку определяют потенциальные возможности использования подземных вод.

По механизму накопления и отдачи воды естественные запасы подразделяются на *емкостные и упругие*.

Емкостные запасы представляют собой количество воды, которое может быть извлечено из водоносного пласта при его осушении. Они связаны с наличием в породе пор, трещин и других пустот, заполненных водой. Когда уровень грунтовых вод понижается, часть воды под действием силы тяжести высвобождается из этих пустот и может быть откачана.

Величина емкостных запасов зависит от: *объема водоносной породы; ее пористости; способности породы отдавать воду (водоотдачи)*.

Наиболее значительны емкостные запасы в безнапорных водоносных горизонтах, где снижение уровня воды приводит к непосредственному осушению части пласта.

Упругие запасы характерны главным образом для напорных (артезианских) водоносных горизонтов. В отличие от емкостных запасов, здесь извлечение воды происходит без заметного осушения пласта.

При откачке воды снижается пьезометрический уровень, то есть уменьшается давление в водоносном горизонте. В результате возникают два физических процесса:

1. Упругое расширение воды. Вода, как и большинство веществ, обладает определенной сжимаемостью. При уменьшении давления она незначительно увеличивается в объеме, высвобождая часть запасов.

2. Упругое сжатие минерального скелета пласта. Под воздействием снижения давления породы немного уплотняются, уменьшается объем порового пространства, и часть воды вытесняется из пласта.

Упругие запасы формируются не за счет осушения водоносного горизонта, а благодаря упругим свойствам воды и горных пород.

В мощных и обширных артезианских бассейнах суммарные упругие запасы могут достигать значительных величин.

Естественные ресурсы подземных вод представляют собой количество воды, которое непрерывно поступает в водоносный горизонт и восполняет его запасы за счет природных процессов.

Естественные ресурсы это объем подземных вод, который может возобновляться в течение определенного промежутка времени благодаря действию различных источников питания водоносной системы.

В условиях хозяйственного освоения территории естественные ресурсы могут изменяться под влиянием деятельности человека, поэтому нередко их рассматривают как *естественно-антропогенные ресурсы*.

В отличие от естественных запасов, которые характеризуют общее количество воды, накопленное в недрах на определенный момент времени, *естественные ресурсы отражают динамическую сторону существования подземных вод – скорость их восполнения*.

Запасы обычно измеряются в единицах объема ($м^3$, $км^3$), а *ресурсы* – в единицах расхода ($м^3$/сут, $м^3$/год, л/с).

Формирование естественных ресурсов происходит за счет нескольких основных источников питания подземных вод.

Инфильтрация атмосферных осадков.

Основным источником питания подземных вод является инфильтрация атмосферных осадков. Часть дождевых и талых вод просачивается через почву и достигает водоносного горизонта. Объем такого питания зависит от климата, количества осадков, рельефа и свойств пород.

Фильтрация из поверхностных водоемов.

Подземные воды пополняются за счет фильтрации воды из рек, озер и водохранилищ. Это происходит при просачивании воды через русловые отложения в водоносные горизонты, особенно в долинах рек.

Перетекание между водоносными горизонтами.

В сложных гидрогеологических условиях возможно поступление воды из вышележащих или нижележащих водоносных горизонтов через относительно слабопроницаемые разделяющие слои. Такое межпластовое перетекание играет важную роль в формировании ресурсов глубоких напорных водоносных систем, особенно в крупных артезианских бассейнах.

Приток со смежных территорий.

Водоносный горизонт редко является полностью изолированной системой. Под действием гидравлического градиента вода может перемещаться из соседних участков, обеспечивая дополнительное питание рассматриваемой территории. Такие подземные потоки могут распространяться на десятки и даже сотни километров, связывая отдельные части крупного гидрогеологического бассейна в единую систему.

С гидрогеологической точки зрения естественные ресурсы представляют собой сумму всех приходных составляющих водного баланса водоносного горизонта. В общем виде это можно выразить следующим образом:

$$R = I + F + P + Q$$

где R – естественные ресурсы подземных вод;

I – инфильтрация атмосферных осадков;

F – фильтрация из поверхностных водоемов;

P – перетекание из других водоносных горизонтов;

Q – подземный приток со смежных территорий.

Величина естественных ресурсов определяется суммарным объемом воды, поступающим в водоносный горизонт за единицу времени в естественных условиях.

При освоении территории человеком естественный режим формирования ресурсов может существенно изменяться.

Строительство водохранилищ увеличивает фильтрационное питание подземных вод, развитие орошения способствует дополнительной инфильтрации поливных вод, а интенсивная эксплуатация подземных вод изменяет направления и величину подземных потоков.

В результате формируются *естественно-антропогенные ресурсы*, которые отличаются от ресурсов, существовавших до хозяйственного освоения территории.

Естественные ресурсы подземных вод характеризуют не накопленный объем воды в недрах, а ее постоянное восполнение. Они определяются суммой всех приходных элементов водного баланса и показывают, какое количество воды поступает в водоносный горизонт за единицу времени за счет природных и, в ряде случаев, антропогенно-обусловленных процессов питания.

Привлекаемые ресурсы представляют собой дополнительный объем подземных вод, который начинает участвовать в формировании эксплуатационных запасов в процессе работы водозабора. Их возникновение связано с изменением естественного гидрогеологического режима под воздействием эксплуатации.

При откачке подземных вод происходит снижение уровня (напора) в водоносном горизонте, в результате чего создается дополнительный гидравлический градиент. Это вызывает усиление притока воды из различных источников питания.

В первую очередь увеличивается фильтрация поверхностных вод из рек, озер, водохранилищ и других водоемов, гидравлически связанных с водоносным горизонтом. Кроме того, возрастает перетекание воды из смежных водоносных горизонтов через слабопроницаемые разделяющие толщи, а также может происходить привлечение воды из зон естественной разгрузки подземных вод.

Привлекаемые ресурсы не являются первоначально накопленными запасами воды в пласте, а формируются непосредственно в процессе эксплуатации месторождения за счет изменения условий питания водоносной системы.

Искусственные запасы подземных вод представляют собой объем воды, специально накопленный в водоносном горизонте в результате мероприятий по искусственному пополнению подземных вод. Они создаются путем закачки или инфильтрации поверхностных либо подготовленных вод в проницаемые, но первоначально ненасыщенные или частично насыщенные горные породы.

Процесс называется *магазинированием подземных вод*. Его основная цель заключается в создании резервного объема воды, который может быть использован в периоды повышенного водопотребления, засух или дефицита природных водных ресурсов.

Искусственное пополнение осуществляется с помощью специальных инфильтрационных бассейнов, каналов, скважин или других инженерных сооружений. При этом вода накапливается в поровом пространстве горных пород, образуя дополнительный эксплуатационный ресурс, который может быть впоследствии извлечен без существенного нарушения естественного режима подземных вод.

Формирование искусственных ресурсов осуществляется путем *организации искусственного питания подземных вод*, при котором вода подается в водоносный пласт различными способами. Наиболее распространенными методами являются инфильтрация воды через специально оборудованные бассейны, каналы, траншеи и фильтрационные площадки, а также непосредственная закачка воды через нагнетательные скважины. В качестве источников пополнения могут использоваться речные воды, воды водохранилищ, очищенные сточные воды, дренажные воды или избыточные объемы воды, образующиеся в периоды паводков и высокой водности.

Использование технологий искусственного пополнения обеспечивает формирование дополнительных водных ресурсов, повышает надежность хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, а также способствует рациональному использованию и охране подземных водных объектов.

Эксплуатационные запасы (ресурсы) – количество воды (расход, $м^3$/сут), которое может быть получено на месторождении с помощью рационального в технико–экономическом отношении водозаборного сооружения при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям целевого использования в течение расчетного срока водопотребления при условии отсутствия экологически негативных последствий эксплуатации.

При решении вопросов использования подземных вод для конкретных нужд основное значение имеет оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Только величина эксплуатационных запасов позволяет судить о возможности и целесообразности использования подземных вод.

Для количественной оценки эксплуатационных запасов целесообразно использовать балансовое уравнение («дельта– баланс») эксплуатационного водоотбора:

$$Q_э = \Delta V_з/t + \Delta Q_р + \Delta Q_п \text{ , } м^3/сут,$$

где $\Delta V_з$ – используемая величина естественных запасов; t – срок эксплуатации, сут; $\Delta Q_р$ – изменение расхода дренирования потока в области влияния водоотбора (разгрузка); $\Delta Q_п$ – изменение величины питания подземных вод в той же области (восполнение).

Балансовая структура эксплуатационных запасов пресных подземных вод, пригодных для хозяйственно–питьевых целей зависит от типа месторождения подземных вод и условий связи эксплуатируемого водоносного горизонта с участками инфильтрационного питания, поверхностными водами и смежными (непосредственно неэксплуатируемыми) водоносными горизонтами.

В качестве *основных типов месторождений* в настоящее время рассматриваются месторождения:

– подземных вод в речных долинах;

– артезианских бассейнов платформенного типа;

– артезианских бассейнов межгорных впадин и конусов выноса;

– ограниченных по площади структур и массивов трещиноватых или закарстованных пород и потоков трещинно–жильных вод зон тектонических нарушений;

– грунтовых вод песчаных массивов;

– межморенных отложений;

– подземных вод области распространения многолетнемерзлых пород.

Истощение подземных вод представляет собой процесс уменьшения их запасов вследствие того, что объем изъятия воды превышает объем ее естественного пополнения. Это одна из наиболее серьезных экологических проблем современности, поскольку подземные воды являются важнейшим источником питьевого и хозяйственного водоснабжения. Восстановление запасов подземных вод происходит очень медленно – от нескольких лет до сотен и даже тысяч лет, в зависимости от гидрогеологических условий.

Основными причинами истощения подземных вод являются следующие:

– чрезмерный водоотбор;

– рост численности населения;

– развитие промышленности;

– интенсивное сельское хозяйство;

– изменение климата;

– урбанизация и застройка территорий;

– осушительные мероприятия;

– вырубка лесов;

– нерациональное водопользование.

Чрезмерный водоотбор.

Главной причиной истощения подземных вод является чрезмерная эксплуатация водоносных горизонтов. Вода извлекается из недр при помощи скважин и колодцев для обеспечения населения, промышленности и сельского хозяйства.

Особенно интенсивный водоотбор наблюдается в крупных городах, промышленных районах и сельскохозяйственных регионах с развитым орошением.

В результате вокруг крупных водозаборов формируются так называемые *депрессионные воронки* – участки значительного понижения уровня подземных вод.

Последствия чрезмерной эксплуатации включают:

– уменьшение дебита скважин и родников;

– пересыхание колодцев;

– увеличение затрат на добычу воды;

– необходимость бурения более глубоких скважин;

– ухудшение качества воды вследствие подтягивания минерализованных вод из нижележащих горизонтов.

Рост численности населения.

Постоянный рост населения сопровождается увеличением потребности в пресной воде. Вода необходима для питьевых нужд, приготовления пищи, санитарно-гигиенических целей, коммунального хозяйства, работы учреждений и предприятий.

Развитие промышленности.

Современная промышленность относится к числу крупнейших потребителей водных ресурсов. Подземные воды используются:

– для охлаждения оборудования;

– производства продукции;

– приготовления технологических растворов;

– энергетических процессов;

– мойки оборудования;

– хозяйственно-бытового обеспечения предприятий.

Многие производства требуют больших объемов воды высокого качества. В результате интенсивная эксплуатация водоносных горизонтов приводит к постепенному снижению их запасов.

Интенсивное сельское хозяйство.

Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем пресной воды. Значительные объемы расходуются на орошение земель.

При использовании оросительных систем ежедневно расходуются тысячи кубических метров воды, большая часть которой добывается из подземных источников. Кроме орошения, подземные воды используются: *в животноводстве; птицеводстве; тепличном хозяйстве; переработке сельскохозяйственной продукции.* Во многих засушливых районах интенсивный водозабор продолжается десятилетиями, вследствие чего уровень грунтовых вод ежегодно снижается.

Изменение климата.

Основными проявлениями климатических изменений являются: *сокращение количества атмосферных осадков; увеличение продолжительности засух; повышение температуры воздуха; усиление испарения; уменьшение снежного покрова.*

Эти факторы приводят к снижению инфильтрации атмосферных осадков в почву, вследствие чего уменьшается естественное пополнение водоносных горизонтов.

Даже при неизменном объеме водозабора недостаток естественного питания постепенно приводит к истощению запасов подземных вод.

Урбанизация и застройка территорий.

Активное строительство городов существенно изменяет естественный водный баланс территории.

При строительстве дорог, парковок, зданий и промышленных объектов поверхность земли покрывается асфальтом, бетоном и другими водонепроницаемыми материалами.

В результате:

– уменьшается площадь естественного впитывания осадков;

– увеличивается поверхностный сток;

– снижается инфильтрация воды в грунт;

– уменьшается питание водоносных горизонтов.

При строительстве часто нарушаются естественные пути движения подземных вод.

Осушительные мероприятия.

Осушение болот, строительство дренажных систем и мелиорация земель также способствуют снижению уровня подземных вод.

Дренажные сооружения предназначены для отвода избыточной влаги, однако одновременно они уменьшают запасы грунтовых вод. При длительной эксплуатации дренажных систем происходит постепенное осушение территорий и сокращение водных ресурсов.

Вырубка лесов.

Лесные экосистемы играют важную роль в регулировании водного режима.

Корневая система деревьев способствует: *накоплению влаги в почве; замедлению поверхностного стока; увеличению проникновения воды в грунт; поддержанию естественного питания подземных вод.*

После вырубки лесов резко возрастает поверхностный сток, усиливается эрозия почв и уменьшается инфильтрация атмосферных осадков, что приводит к сокращению запасов подземных вод.

Нерациональное водопользование.

Во многих регионах значительная часть добываемой воды расходуется неэффективно.

Основные причины потерь: *изношенные водопроводные сети; утечки из трубопроводов; отсутствие приборов учета; неэкономное использование воды; устаревшие технологии производства; неэффективные способы орошения.*

В некоторых случаях потери воды в коммунальных сетях достигают 20–40 % от общего объема водозабора, что значительно увеличивает нагрузку на подземные источники.

Объемы использования подземных вод должны соотноситься с объемами их возобновления в естественных и нарушенных условиях, то есть не должны превышать их.

В результате истощения запасов подземных вод происходит снижение уровней до глубин, превышающих расчетные значения «допустимых понижений», при которых их эксплуатация становится экономически невыгодной.

Истощение подземных вод может привести к серьезным экологическим проблемам, таким как сокращение поверхностного (речного) стока, изменение водного режима и баланса природных ландшафтов и, как следствие, к изменению водного режима почвенного слоя, гибели или угнетению растительности и т. д.

Основными общими мерами по предотвращению истощения подземных вод являются:

– организация строгого контроля за использованием подземных вод,

– сокращение отбора воды на участках с перепонижением уровня относительно расчетных значений,

– переоценка запасов подземных вод с учетом опыта эксплуатации и др.

В качестве специальных мер используют специальные инженерные мероприятия по созданию источников дополнительного искусственного восполнения запасов подземных вод *(искусственные ресурсы)*.

Под термином *загрязнение подземных вод* понимают изменение их качества, приводящие к превышению допустимых концентраций отдельных загрязняющих компонентов (ПДК), изменению общей минерализации, физических и органолептических свойств воды, делающие ее непригодной для использования.

Различают следующие виды загрязнения подземных вод:

– *химическое* – может быть органическим (фенолы, ядохимикаты) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соли цинка, ртути, свинца) и нетоксичным. Химическое загрязнение может распространятся на значительную площадь (более 10 км), особенно в условиях хорошего оттока грунтовых вод;

– *бактериальное загрязнение* – это появление в подземных водах патогенных бактерий, как правило, имеющее временный характер; Бактериальное загрязнение подземных вод возникает при попадании в водоносные горизонты болезнетворных микроорганизмов, главным образом из бытовых сточных вод, выгребных ям, септиков, животноводческих ферм и сельскохозяйственных угодий. Использование загрязненной воды может вызвать кишечные инфекции, дизентерию, сальмонеллез и другие заболевания.

– *радиоактивное загрязнение подземных вод* связано с попаданием в водоносные горизонты радиоактивных веществ.

Основными источниками являются добыча и переработка урановых руд, захоронение радиоактивных отходов, аварии на ядерных объектах, а также естественное содержание радионуклидов в горных породах.

Наиболее опасными загрязнителями являются уран, радий, радон, цезий и стронций.

Длительное употребление загрязненной воды может привести к накоплению радионуклидов в организме, повышению риска онкологических заболеваний и нарушению работы внутренних органов.

Для предотвращения загрязнения необходимы постоянный радиационный контроль качества подземных вод, надежная изоляция радиоактивных отходов и соблюдение экологических требований при эксплуатации объектов атомной промышленности.

– *механическое загрязнение* – попадание в подземные воды механических примесей, содержащихся в сточных водах преимущественно по крупным трещинам и пустотам. Механическое загрязнение, в первую очередь, ухудшает физические (цвет, прозрачность) и органолептические (вкус, запах) свойства воды.

– *термическое (тепловое) загрязнение* возникает в следствии перемешивания подземных вод с более теплыми природными поверхностными или техногенными сточными водами, инфильтрующимися как с поверхности, так и закачиваемыми через поглощающие скважины.

При эксплуатации сооружений и систем водохозяйственного комплекса (водоснабжения, канализации и оросительных систем) чаще всего встречается химическое и бактериальное загрязнение.

Загрязняющие вещества, как правило, попадают в подземные воды с поверхности земли, поэтому загрязнению наиболее подвержены верховодка и грунтовые воды, так как ближе всего расположены к поверхности и не защищены сверху водонепроницаемыми грунтовыми слоями.

Для предупреждения загрязнения подземных вод определяющее значение имеет выбор места расположения их водозаборов.

При выборе должны соблюдаться следующие правила:

– расположение водозаборов выше по току подземных вод, чем очаги загрязнения;

– водозабор подземных вод, по возможности, не должен размещаться в непосредственной близости от поверхностных водоисточников и морей, во избежание попадания загрязненных и соленых вод, а также вблизи сельскохозяйственных и промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды;

– запрещено устраивать водозаборы вблизи скотомогильников, ферм, птицефабрик и кладбищ.

Инженерные мероприятия, предотвращающие проникновение загрязняющих веществ в водоносные горизонты

Очистка сточных вод. Перед сбросом в окружающую среду сточные воды должны проходить механическую, химическую, физико-химическую и биологическую очистку. Это позволяет удалить взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы, органические соединения, патогенные микроорганизмы и другие загрязнители.

Создание безотходных и малоотходных производств. Замкнутые системы водоснабжения, переработка отходов и повторное использование сырья позволяют значительно сократить объем сточных вод и снизить риск загрязнения водоносных горизонтов.

Экранирование искусственных водоемов и накопителей отходов. Для предотвращения фильтрации загрязненных вод в грунт искусственные водоемы, шламонакопители, хвостохранилища, полигоны твердых бытовых и промышленных отходов оборудуются специальными защитными экранами. В качестве экранов применяются глинистые слои, бетонные покрытия, асфальтобетон или современные геосинтетические материалы (геомембраны), обладающие высокой водонепроницаемостью.

Дренаж и перехватывание профильтровавшихся стоков. Если часть загрязненной жидкости все же просачивается через защитные сооружения, используются специальные дренажные системы. Они состоят из сети труб, колодцев и водосборников, которые перехватывают фильтрат до его попадания в водоносные горизонты.

Герметизация резервуаров, трубопроводов и емкостей. Для предотвращения аварийных утечек все сооружения, в которых хранятся или транспортируются опасные вещества, должны иметь надежную гидроизоляцию, антикоррозионную защиту и регулярно проходить технический контроль.

Создание санитарно-защитных зон и систем мониторинга. Вокруг потенциальных источников загрязнения организуются санитарно-защитные зоны, ограничивающие хозяйственную деятельность. Одновременно проводится постоянный мониторинг качества подземных вод с помощью наблюдательных скважин.

Важнейшей мерой по предотвращению загрязнения является устройство вокруг водозаборов подземных вод *зон (поясов) санитарной охраны* – территорий с особым режимом, исключающим возможность загрязнения и ухудшения качества воды.

Каждый водозабор подземных вод, используемый для хозяйственно–питьевого водоснабжения, должен иметь два пояса санитарной охраны.

Первый пояс – *зона строгого режима* – имеет радиус не менее 30 м при эксплуатации артезианских вод и не менее 50 м при эксплуатации грунтовых. Радиус второго пояса, называемый *зоной ограничений*, зависит от гидрогеологических условий и характера водозабора. Проект зон санитарной охраны разрабатывается как составная часть проекта водозабора и согласовывается с органами санитарного надзора.