**Искусственное пополнение эксплуатационных запасов подземных** вод

Вынужденная мера, если эксплуатационный водоотбор не обеспечивается естественными источниками формирования ЭЗ, т.е. в процессе эксплуатации происходит перепонижение уровней в водозаборных скважинах. Возможны два выхода:

1) расширить действующий водозабор на флангах - однако, это далеко не всегда можно сделать (дорогая земля, сложность организации зоны санитарной охраны, взаимодействие с соседними водозаборами и т.п.);

2) применить искусственное пополнение запасов (ИПЗ).

Однако, ИПЗ может применяться и на вполне "благополучных" водозаборах с целью повышения их производительности для покрытия возрастающей потребности.

В тех или иных формах ИПЗ применяется еще с середины XIX века. В России ИПЗ применяется с конца XIX века (водозаборы г.г. Арзамаса, Винницы, Симферополя). В настоящее время во многих странах с дефицитом подземных вод с помощью систем ИПЗ обеспечивается до 25-50% общего хозяйственно-питьевого водопотребления (США - 30%, ФРГ, Нидерланды, Швеция...).

Специфические проблемы при осуществлении ИПЗ:

- техника сооружения и технология эксплуатации специальных устройств для пополнения,

- источник и качество "сырой" воды.

Наиболее сложным всегда является вопрос об источнике "сырой" воды. Основные требования к нему: достаточное количество и удовлетворительное качество - существуют нормативные требования к качеству воды, подаваемой на пополнение. Из физических показателей наиболее важный - мутность. Химические ограничения могут быть разнообразными в зависимости от состава пород зоны аэрации и водовмещающей толщи, состава пластовой воды, климатических особенностей. ИПЗ сопровождается рядом физических, физико-химических и биологических процессов - механическое осаждение взвешенных частиц, физическая и химическая сорбция, ионный обмен, коагуляция, микробиологические процессы и др.

Обычно для ИПЗ используют поверхностные воды, реже дренажные воды, очищенные стоки, воды смежных горизонтов.

Методы предварительной водоподготовки:

отстаивание (снижение мутности)

предварительные фильтры (часто в комплексе с коагулянтами)

микрофильтрация (задержка механической взвеси, планктона)

аэрация (насыщение кислородом с уничтожением анаэробных бактерий и разложением органических соединений)

хлорирование (обеззараживание и окисление органических соединений).

Балансово-гидродинамические особенности ИПЗ

Искусственно подаваемое в водоносный горизонт количество воды может входить в балансовую структуру ЭЗ как искусственные запасы или как искусственные ресурсы.

Создание искусственных запасов (применяется также термин "магазинирование") производится один или несколько раз в году путем единовременного затопления больших площадей вблизи водозаборного сооружения (естественные понижения, специально обвалованные участки пойм, террас...); обычно предварительно производится зачистка слабопроницаемого почвенно-растительного слоя. Полное насыщение пород в зоне аэрации над депрессионной воронкой (рис.6.7) происходит достаточно быстро:

При коэффициенте фильтрации пород в зоне аэрации K = 1 м/сут (глинистый песок), недостатке насыщения = 0.1, z ≈ 10 м, ≈ 0.5 - 1 м для полного насыщения зоны аэрации потребуется менее 1 суток.

Этот механизм ИПЗ достаточно прост в осуществлении, но и эффективность его не очень высока. Балансовое уравнение водоотбора в таких условиях приобретает общий вид:

где - период времени между циклами магазинирования, - объем воды, поступивший в пласт (не всегда используется полностью за счет бокового растекания).

В подавляющем большинстве случаев источником "сырой" воды в этой схеме служат поверхностные воды ближайших водотоков в периоды половодья; реже - снеготалые воды.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 6.7. Пополнение эксплуатационных запасов за счет создания искусственных запасов (магазинирование) |

 Более широко применяются приемы создания искусственных ресурсов, т.е. некоторого расхода , непрерывно поступающего в эксплуатируемый водоносный горизонт из специальных инфильтрационных сооружений капитального типа. Уравнение баланса имеет вид:



В принципе возможно стационарное балансово-гидродинамическое состояние.

Технологически подача "сырой" воды в пласт возможна нагнетанием (наливом) через скважины или путем инфильтрации из специальных бассейнов.

Через нагнетательные скважины - дорого и технически сложно: большой проблемой является кольматация фильтров скважин даже при небольшой мутности "сырой" воды (допустимые значения 1-2 мг/л), выделение воздуха из "сырой" воды и возникновение в пласте воздушных пробок вокруг скважин. Поэтому ИПЗ через скважины применяется редко, только при отсутствии альтернативы - в скальных водоносных горизонтах или при большой мощности и низкой проницаемости пород в зоне аэрации.

Наиболее распространенная технология - инфильтрационные бассейны прямоугольной формы, 200-400 м на 20-50 м; площадь дна 5 - 10 тыс. кв.м; глубина 2 - 3 м (рис.6.8). В бассейне поддерживается постоянный уровень; для этого через систему затворов подается такой расход "сырой" воды, чтобы компенсировать расход инфильтрации через дно бассейна. Зная подаваемый объем воды за время можно рассчитать интенсивность инфильтрации из бассейна:

где - площадь дна бассейна.

В зависимости от состава пород в зоне аэрации величина инфильтрации может составлять 0.2 - 3 м/сут, т.е. при площади дна бассейна 5 тыс. кв.м расход инфильтрации может составлять 1 - 15 тыс. куб.м/сут.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.6.8. Принципиальная схема системы искусственного пополнения с помощью инфильтрационных бассейнов |

 Основная проблема эксплуатации инфильтрационных бассейнов - неизбежная кольматация отложений в дне бассейна, несмотря на специальную водоподготовку (снижение мутности до 5-20 мг/л). Выделяют три механизма кольматации:

механическая - образование поверхностного наилка на дне бассейна и задержка взвешенных частиц в порах придонного слоя (0.1 - 0.5 м) отложений зоны аэрации;

физико-химическая - за счет выпадения осадка в виде карбонатов и сульфатов кальция, гидроокислов железа и марганца и др.;

биологическая - за счет деятельности бактерий, развития планктона (сине-зеленых водорослей).

В связи с развитием процессов кольматации скорость инфильтрации из бассейна довольно быстро снижается (рис.6.9) и через некоторое время работа бассейна становится малоэффективной. Длительность так называемого фильтроцикла составляет в разных условиях 3 - 6 месяцев (иногда более), после чего производится чистка бассейна путем механического удаления закольматированных донных отложений с последующей подсыпкой фильтрующей гравийно-песчаной смеси. На период чистки в работу запускается резервный бассейн.

С целью более длительного сохранения фильтрующей способности донных отложений производится высадка в бассейнах водной растительности (камыш, рагоз и др.). При этом дополнительно улучшается очистка воды; так, например, камыш не только разрыхляет грунт дна, повышая его фильтрационные свойства, но и поглощает фенолы, хлор и др.

|  |
| --- |
|   |
| Рис.6.9. Изменение скорости инфильтрации из бассейнов во времени |

 В связи с существованием слабопроницаемой пленки инфильтрация из бассейнов почти всегда имеет характер "дождевания" (аналогично фильтрации из несовершенной реки при отрыве уровня от подошвы экрана). Поэтому в расчетных схемах инфильтрационные бассейны следует рассматривать как граничные элементы с условием 2-го рода (заданный расход инфильтрации - с реальной динамикой во времени, либо в осредненных по времени величинах).

Интересный и практически важный вопрос - оценка эффективности ИПЗ, которую логично оценивать с помощью специального коэффициента:

,

где - соответственно дебит водозабора без пополнения и при наличии пополнения; - расход воды, поступающий из бассейнов в пласт.

Характерная схема водозаборного сооружения - линейный ряд скважин вдоль реки с параллельной системой инфильтрационных бассейнов. Если рассматривать линейную структуру потока (по ленте тока шириной 1 м - рис.6.8), то

где - погонный водоотбор из эквивалентной траншеи с уровнем ; - погонный расход инфильтрации из бассейнов.

Балансовая структура стационарного водоотбора без пополнения (рис.6.10, 11).

Два варианта взаиморасположения водозабора и инфильтрационных бассейнов

1 вариант - инфильтрационные бассейны расположены за линией водозаборного ряда (рис.6.10).

Можно уверенно считать, что при подъеме уровней под бассейном величина естественного расхода практически не изменится, так как область питания находится достаточно далеко и относительно небольшое повышение уровней не повлияет на величину инфильтрационного питания. Величина привлечения из реки тоже не изменится (), так как сохраняются отметки Hг и Hс (Hл). Поэтому при наличии ИПЗ:



|  |
| --- |
|  |
| Рис.6.10. Вариант 1 |

 2 вариант - инфильтрационные бассейны размещены между рекой и водозаборным рядом.

На рис.6.11 видно, что в этих условиях расход также не меняется, но величина привлечения из реки совершенно очевидно изменится в связи с подъемом уровней между рекой и водозабором ().



|  |
| --- |
|  |
| Рис.6.11. Вариант 2 |

Поэтому уравнение баланса будет иметь вид . Чтобы оценить реальные значения χ в этих условиях, сделаем некоторые преобразования.

Во-первых, на разрезе видно, что .

Во-вторых, запишем выражения для всех расходов по формулам для линейной структуры потока (при этом используем схему с независимой проводимостью, хотя реально это, скорее всего, не так; однако, для студентов не должно составить затруднения переписать нижеследующие построения для схемы однородного по вертикали потока).

Экстремальные значения: при .

Для несовершенных рек в величины следует добавить эквивалентную длину .

Вывод из рассмотренных вариантов очевиден: при проектировании систем ИПЗ следует стремиться расположить инфильтрационные сооружения так, чтобы их действие (сопровождающееся подъемом уровней под ними) минимально отражалось на уже сложившихся, действующих естественных источниках балансового обеспечения водоотбора.