

Литература

1. Григорьев В.М. О влиянии заиления речных русел на производительность береговых инфильтрационных водозаборов. М.: «Водоснабжение и сантехника», 1957. №6
2. Григорьев В.М. из опыта эксплуатации инфильтрационных водозаборов. М.:Тр. ВНИИ ВОДГЕО, 1958.
3. Григорьев В.М. Теоретические основы расчета инфильтрационных водозаборов с учетом заиления речных русел. М.: «Водоснабжение и сантехника», 1960. №6
4. Куделин Б.И. Подземный сток и методы его исследований. Сборник статей. М.: «Наука», 1972.
5. Курбанов М.К. Северо-Дагестанский артезианский бассейн. Махачкала, Дагиздат, 1969.
6. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога. Издание 3-е, переработанное и дополнительное в 2-х томах. Л.: Недра, 1979.
7. Минкин Е.Л. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач. М., «Стройиздат», 1973.
8. Самедов Ш.Г. Отчет о предварительной разведке пресных подземных вод для водоснабжения населенных пунктов Магарамкентского и Сулейман-Стальского районов ДАССР в 1989-1991 гг. Махачкала, 1992.

Постоянно действующая гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна.

М.К. Курбанов¹, С.А. Мамаев¹, Ж.Г. Ибаев^{1,2}

¹ИГ ДНЦ РАН, ²Кавказский светский институт

Решение проблемы охраны окружающей среды привело к расширению природоохранных задач в гидрогеологии и становлению нового геоинформационного направления эколого-гидрогеологических исследований и картографирования.

Прогресс в области компьютерной техники и программных продуктов показал, что в настоящее время сложились реальные возможности перехода к автоматизации решения задач мониторинга в гидрогеологии.

В данной работе нами рассматриваются вопросы, связанные с разработкой гидрогеолого-математической модели формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ).

ТКАБ это уникальное месторождение пресных подземных вод на Северном Кавказе которое в результате стихийно-бесхозной эксплуатации в течение XX века подвержен крайне негативным и угрожающим последствиям

Поэтому особенно актуальным является задача по оценке и переоценке эксплуатационных запасов подземных вод и в определении максимально возможной величины водоотбора на весь период эксплуатации. При этом прогнозные понижения в скважинах водозабора на расчетный срок не должен превышать допустимых. Для решения данной задачи в первой ее постановке можно воспользоваться методом моделирования.

На первом этапе моделирования необходимо решать так называемую обратную задачу для оценки степени достоверности гидрогеологических данных полученных при разведке месторождения о параметрах водоносного горизонта, условиях питания и разгрузки подземных вод (граничные условия) сущность которой состоит в уточнении расчетных значений коэффициентов проводимости пород и в проверке правильности принятой расчетно-фильтрационной схемы.

Считая наиболее достоверной информацию о положениях уровней подземных вод, дебите водозабора и общей величине меженного и паводкового питания необходимо уточнить параметры пласта, граничных условий, гидрогеологических окон и распределения инфильтрационного питания по площади бассейна.

Граничные условия где происходит равномерное питание бассейна моделируются с помощью условий второго рода $Q_r = q_r \cdot S = \text{const}$ (1)

q_r - поток воды, S – площадь области питания. На границах где водоносные породы граничат с непроницаемыми $q_r = 0$

На гидрогеологических окнах где происходит отток воды из бассейна $Q_o = \frac{H-H_o}{\Phi}$ - граничные условия III – рода.

H – уровень поверхности подземных вод на «окне»

H_o – уровень поверхности порога непроницаемых пород на линии окна; Φ – фильтрационное сопротивление пород в сечении окна.

Уравнение баланса подземных вод на территории бассейна можно представить в следующем виде

$$Q_{\text{сумм}} = Q_o + Q_b + Q_n$$

$Q_{\text{сумм}}$ – суммарное питание на площади бассейна – инфильтрация речных вод и атмосферных осадков

Q_o – расход воды через гидрогеологические окна

Q_v - дебит водозабора; Q_n – расход подземных вод на испарение.

Таким образом, уравнение баланса определяет, что суммарная величина расхода подземных вод равна суммарной величине питания. Водозабор моделируется в виде линейной системы взаимодействующих современных скважин, эквивалентных траншее с равномерно распределяемым постоянным расходом. Питание водоносного горизонта за счет потерь речных вод задается как равномерно распределенная по площади инфильтрация.

При заданных граничных условиях для решения данной задачи необходимо на модели подобрать соответствующую проводимость водоносных пород и распределение инфильтрационного питания, которые бы удовлетворяли фактическому распределению уровней подземных вод по карте гидроизогипс. При этом принимается одно допущение однородности проводимости пласта. Инфильтрационное питание задается равномерно распределенным по всей площади и путем постепенных приближений на модели подбирается проводимость пласта.

Решение задачи таким способом позволит вычислить коэффициент проводимости пласта K_m , которая принимается как расчетная для решения основной задачи по оценке эксплуатационных запасов подземных вод.

Для оценки емкостных и упругих запасов подземных вод можно воспользоваться по следующими формулами:

$$V_{em} = V_0 \times n_{эф} = S \times m \times n_{эф}$$

$$V_{упр} = S \times \mu \times \Delta h$$

где S - площадь продуктивного пласта; V_0 -объем продуктивного пласта; m – мощность продуктивного пласта; $n_{эф}$ - коэффициент активной пористости; μ -коэффициент упругой водоотдачи, $1/m$; Δh – уровень сработки, м.

Коэффициент упругой водоотдачи определяется по общеизвестной формуле:

$$\mu = Km / a, \text{ где } a\text{-коэффициент пьезопроводимости.}$$

Окончательное воспроизведение напоров на модели по контрольным скважинам достигается путем перераспределения интенсивности инфильтрационного питания. Перераспределение инфильтрационного питания водоносного горизонта осуществляется с учетом закономерностей изменения амплитуд колебаний уровней грунтовых вод установленных режимными исследованиями в наблюдательных скважинах.

Результаты решения обратной задачи в дальнейшем используются для решения нестационарных задач о прогнозе развития понижений уровней подземных вод на заданный 25 летний период эксплуатации с учетом нового проектного дебита водозабора.

Ниже рассмотрим методику решения задачи по оценке эксплуатационных запасов подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна.

Поскольку начальная мощность водоносного горизонта относительно велика по сравнению с величиной понижения уровня на водозаборе при решении этой задачи на модели принята схема напорного потока.

Движение напорного потока подземных вод описывается следующим уравнением: $\frac{d^2 S}{dx^2} + \frac{d^2 S}{dy^2} = \frac{dS}{dt}$

где S – понижение; x, y – координаты; t – время. Коэффициенты фильтрации K_f [м/сут], водоотдачи m , а также мощность водоносного пласта в этом расчете принимались постоянными.

Общее питание водоносного горизонта и общий расход водозабора считаются известными. На контуре водозабора задается приращение расхода ΔQ_g и на гидрогеологических окнах условия III – рода:

$$\Delta Q_{ot} = \frac{S_t}{\Phi},$$

где $\Delta Q_{ot} = Q|_{t=0} - Q_t$ – положительное приращение расхода; $S_t = H|_{t=0} - H_t$ – понижение Φ – фильтрационное сопротивление каждого окна.

Полученные результаты решения позволят установить основные закономерности развития понижений в исследуемом районе.

Следующим вопросом исследования динамики понижений уровней подземных вод на площади бассейна является учет безнапорного характера движения потока подземных вод, который в предыдущих расчетах был схематизирован напорным пластом.

При решении этого вопроса поток подземных вод в пределах исследуемой области схематизируется как безнапорный, однородный по вертикали и в плане водоносный пласт, залегающий на горизонтальном водоупоре. Проводимость пласта определяется выражением RH , где $H(x, y, z)$ – напор над плоскостью сравнения совпадающий с уровнем поверхности водоупора.

В этом случае уравнение безнапорной двухмерной фильтрации приобретает вид

$$\frac{\partial^2 H}{\partial^2 x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial^2 y^2} = \frac{\mu}{kH} \frac{\partial H^2}{\partial t}.$$

Производя замену переменной в этом уравнении $\bar{I} = 0,5H^2$ получим линейное уравнение:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial^2 x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial^2 y^2} = \frac{\mu}{kH} \frac{\partial I^2}{\partial t}.$$

Применяя метод суперпозиции, запишем выражение для приращения напора

$$I(x_i, y_i, t) = I_0(x_i, y_i, 0) - I_0(x_i, y_i, 0) = 0,5[H_0^2(x_i, y_i, 0) - H^2(x_i, y_i, t)],$$

где $I(x_i, y_i, t)$ – текущее превращение значений функций напора; $I_0(x_i, y_i, 0)$ – начальные значения; $\bar{I}(x_i, y_i, t)$ – текущее значение функции $H_0(x_i, y_i, 0)$ – начальное распределение уровней грунтовых вод в пределах исследуемой области. Из преобразованного уравнения безнапорной фильтрации получим уравнение для приращения значений функции в виде уравнения Фурье:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial^2 x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial^2 y^2} = \frac{\mu}{kH_{cp}} \frac{\partial I^2}{\partial t}.$$

Принимая что в момент $t = 0$ $\bar{I}(x_i, y_i, 0)$ и $I(x_i, y_i, 0)$ совпадают начальное условие приобретают вид:

$$I(x_i, y_i, 0) = I_0(x_i, y_i, 0) - \bar{I}(x_i, y_i, 0) = 0.$$

Граничные условия на окнах в этом случае записываются в виде:

$$\Delta Q_t = \frac{0,5[H_{t=0}^2 - H_t^2]}{\Phi}.$$

Значение фильтрационного сопротивления окна определяются с учетом величины расхода через «окно» в начальный момент времени по формуле:

$$\Phi = \frac{0,5[H_{t=0}^2 - H_{пор}^2]}{Q_{t=0}}.$$

Здесь ΔQ_t – суммарное уменьшение расхода потока по контуру окна за заданный период работы водозабора $H_{t=0}$ – распределение уровней по контуру «окна» в начальный момент времени работы водозабора H_t – текущее распределение уровней по контуру окна; H_t – уровень водозабора на «окне»

Φ – фильтрационное сопротивление окна. Отток воды через окна за пределы бассейна прекращается в момент когда $H_t = H_{коф}$. Таким образом результаты такого моделирования гидрогеологических условий ТКАБ можно оценить эксплуатационные запасы подземных вод по площади бассейна с максимально возможным учетом особенностей его природной обстановки.

Решение же задачи во второй постановке (когда задается дебит водозабора) особенно если водоотбор осуществляется из системы взаимодействующих водозаборов должно привести к такому распределению дебитов между водозаборами. Когда суммарный водоотбор становится максимальным, а понижение уровней подземных вод в скважинах каждого водозабора не превышает допустимого.

Наилучшим распределением дебитов будет очевидно, такое, когда расчетные понижения уровня максимально близки к допустимым а в предельном случае равны им. $S_p = S_d$. Такого рода задачи наиболее эффективно решаются используя симплекс – метод линейного программирования.

Сущность метода заключается в следующем. Составляется система неравенств описывающих величину понижения уровня подземных вод на каждом из взаимодействующих водозаборов с допустимыми понижениями.

Далее по специальной методике подбирают дебит каждого из водозаборов таким образом, чтобы неравенства были наиболее близки к равенствам или стали ими. Рассмотрим систему неравенств, называемую системой ограничений. Расчетное понижение в скважинах водозабора можно представить как

$$S_{ip} = \sum_{j=1}^n S_{ij}, \text{ где } \sum_{j=1}^n S_{ij} \text{ представляет собой сумму понижений уровня от работы самого водоза-}$$

бора (при $i = j$) и от работы остальных взаимодействующих водозаборов с индексом j (при $i \neq j$); n – число водозаборов в группе.

Основным условием, как отмечалось выше должно быть $S_{ep} \leq S_{ed}$. т.е. расчетное понижение не должно превышать допустимого;

$$S_{ed} \geq \sum_{j=1}^n S_{ij}.$$

Правая часть этой системы представляет собой матрицу понижений. При этом строки матрицы описывают влияние каждого водозабора на данный, а столбцы – данного водозабора на остальные водозаборы-группы, т.е. индекс i обозначает водозабор, на который оказывают влияние другие водозаборы,

а индекс j – влияющий водозабор, т.е. величины с индексами 11, 22... показывают понижение на водозаборе вызванное его собственной работой с учетом взаимодействия скважины внутри водозабора.

Принимая во внимание, что величина понижения уровня зависит от дебитов водозаборов, взаимного расположения и продолжительности их работы, а также от свойств водоносного пласта последнее

выражение можно записать в следующем виде
$$S_{ed} \leq \sum_{j=1}^n Q_j \bar{S}_{ij}.$$

Где Q_i – дебит водозабора j , а \bar{S}_{ij} – коэффициент взаимовлияния водозаборов

Последнее неравенство представляет собой систему ограничений для дебитов водозаборов.

В полном виде она имеет вид:

$$\begin{aligned} Q_1 \bar{S}_{11} + Q_1 \bar{S}_{12} + \dots + Q_n \bar{S}_{1n} &\sum S_{1d} \\ Q_1 \bar{S}_{21} + Q_2 \bar{S}_{22} + \dots + Q_n \bar{S}_{2n} &\sum S_{2d} \\ Q_1 \bar{S}_{n1} + Q_1 \bar{S}_{n2} + \dots + Q_n \bar{S}_{nn} &\sum S_{nd}. \end{aligned}$$

Дополнительная система ограничений будет состоять из условия положительности всех дебитов, т.е. $Q_j \geq 0$. Решение системы неравенств заключается в нахождении максимального значения линейной

формы, представляющей собой сумму дебитов: $F = \sum_{j=1}^n Q_j$

Таким образом, решение задачи состоит в поисках такого сочетания Q_j когда линейная форма будет иметь наибольшее значение при заданной системе ограничений. С гидрогеологических позиций это означает решение задачи распределения дебитов по взаимодействующим водозаборами для получения максимального суммарного дебита при условии, что понижение уровня подземных вод на каждом водозаборе не превысит допустимое.

С вычислительной точки зрения выгоднее перейти к решению задачи на минимизацию линейной формы. Для этого систему неравенств необходимо привести к канонической форме (к равенствам) путем введения базисных неизвестных в каждую строку: $S_{n+1} S_{n+2} \dots S_{n+n}$ эти неизвестные представляют собой разницу между расчетным и допустимым понижениями:

$$S_{n+i} = S_{id} - S_{ip}.$$

Очевидно, что система ограничений будет решена наилучшим образом, если сумма базисных неизвестных окажется наименьшей. В предельном случае система неравенств переходит в систему уравнений. Выразив базисные неизвестные S_{n+i} через свободные Q_j можно перейти к минимизации новой

линейной формы $F = \sum_{\delta=1}^n S_{id} - \sum_{j=1}^n Q_j \bar{S}_{\delta j} = \sum_{i=1}^n S_{n+i}$

для следующей системы ограничений

$$\begin{aligned} Q_1 \bar{S}_{11} + \dots + Q_n \bar{S}_{1n} + S_{n+1} &= S_{1d}, \\ Q_1 \bar{S}_{n1} + \dots + Q_n \bar{S}_{nn} + S_{n+n} &= S_{nd}. \end{aligned}$$

Коэффициенты взаимовлияния могут определяться как для установившейся, так и не установившейся фильтрации. В первом случае эти коэффициенты представляют собой срезки при единичном дебите. В частности для их нахождения можно воспользоваться кривыми зависимости срезок от расстояния, построенные по материалам эксплуатации хотя бы одного из взаимодействующих водозаборов, т.е. для установившейся фильтрации коэффициенты взаимовлияния определяются гидравлическим путем. Для не установившейся фильтрации величины срезок для единичного дебита можно определить гидродинамическими расчетами на конец периода эксплуатации $\bar{S}_{ig} = \frac{1}{4\pi km} \ell n \frac{2.25 a l_j}{r_{ij}^2}.$

где \bar{S}_{ig} – срезка в водозаборе i при единичном дебите водозабора j , находящегося на расстоянии r_{ij} ; km – проводимость; a – коэффициент пьезопроводимости водоносного горизонта.

Величины понижения уровня в скважинах от работы самого водозабора можно учесть двояким способом. Во-первых, путем приведения водозабора к «большому колодцу», радиус которого определяется с учетом взаимодействия скважин внутри водозабора. Во-вторых, способом определения радиуса «большого колодца» по площади расположения скважин, приравнивая ее к площади равновеликого круга. В этом случае следует дополнительно учесть взаимодействие скважин внутри водозабора, в частности:

$$S_{ii} = \frac{1}{4\pi km} \left(\ell n \frac{2.25 a t_i}{r_{ni}^2} + \frac{2}{k} \ell n \frac{r_{inp}}{r_0} \right).$$

где t_i – время эксплуатации водозабора ij r_{ni} – радиус «большого колодца» водозабора i r_{inp} – приведенный радиус условной области влияния данной скважины, принимаемый равным δ/π для ли-

нейной системы (при расстоянии между скважинами $2r$) и $Q_{147} \sqrt{F/\pi}$ для площадной системы (F – площадь условной области, ограниченной линиями, проходящими посередине между соседними скважинами) k – количество скважин в водозаборе; r_0 – радиус водоприемной части скважины.

Коэффициенты взаимовлияния также могут быть найдены для водозаборов размещенных в неоднородных по фильтрационным свойствам водоносных горизонтах. Для этого на все взаимодействующие водозаборы последовательно задается одинаковый дебит, а значения коэффициентов замеряются в точках расположения действующих или проектируемых водозаборов как величины понижения уровня на мощь расчетного срока эксплуатации $S_{ij} = \frac{1}{4\pi km} \ln \frac{2.25at_i}{r_{ij}}$.

И при известных значениях проводимости коэффициенте пьезопроводимости, времени фактической или проектируемой эксплуатации, типе и конструкции водозабора и характере их размещения по площади находят значения коэффициентов влияния водозаборов и решают последнюю систему уравнений относительно Q_i .

Прогноз снижения уровней можно сделать на этой же модели, рассчитав предварительно оптимальное распределение дебитов по предлагаемой методике.

Литература

1. Н.И. Плотников. Экспериментальная разведка подземных вод. М. 1973, Изд. «Недра», гл. 9,10.
2. Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии, М. 1988, Изд. «Недра»
3. Создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий, М. 2001, Изд. Н. Бочкаревой.
4. В.М. Кондаков, М.К. Курбанов, Ш.Г. Самедов. Ресурсы пресных подземных вод Дагестана и оценка их загрязнения., Труды института геологии ДНЦ РАН выпуск №49, Махачкала 2003, С. 12.

Исследования качества питьевой воды в г. Кизилюрте и Кизилюртовском районе РД за 2003-2005 гг.

К.Д. Магомедова, Р.М. Гусейнов, А.Р. Гасанов
Даггоспедуниверситет

Вода – одно из самых распространенных на земле и необычных по своим свойствам химических соединений. Без воды невозможно существование самой жизни. Вода – носитель механической и тепловой энергии, играет важную роль в обмене веществом и энергией между геосферами и географическими районами земли. Этому во многом способствуют и ее аномальные физические и химические свойства. Один из основоположников геохимии, В.И.Вернадский писал:

«Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало.

Все земное вещество - под влиянием свойственных воде частных сил, ее парообразного состояния, ее вездесущности в верхней части планеты - ею проникнуто и охвачено?!»

Целью настоящей статьи является анализ качества питьевой воды в г. Кизилюрте и Кизилюртовском районе РД за 2003-2005г.г.

Вода является естественной средой обитания многих микроорганизмов. Характер микрофлоры воды зависит от разных причин. Чем больше вода загрязнена органическими соединениями, тем больше микробов она содержит. Особенно много микроорганизмов в открытых водоемах и реках вблизи от населенных пунктов, где вода загрязняется стоками хозяйственных и фекальных нечистот.

В открытых водоемах условно различают три зоны:

- 1) зона сильного загрязнения, вода которой содержит значительное количество органических веществ и бедна кислородом - полисапробная зона;
- 2) зона умеренного загрязнения – мезосапробная, где происходит интенсивная минерализация органических веществ;
- 3) зона чистой воды – мегосапробная, в которой органических соединений почти нет и где процессы минерализации закончены.

Для предупреждения передачи патогенных микробов через воду применяют меры санитарной охраны водоемов и источников водоснабжения, а также очистку и обезвреживание питьевых и хозяйственных вод.

Санитарное состояние водных объектов, источников водоснабжения, организация поясов, зон санитарной защиты. В 2004г. в г. Кизилюрте по улучшению водоснабжения проводилась определенная работа. В соответствии с Постановлением Правительства РД за №146 от 18.08.1994г. осуществляются работы по дальнейшему развитию систем централизованного водоснабжения, для чего проложены водопроводные линии по городу протяженностью около 4000 метров. В поселке Новый Сулак источником водоснабжения являются 4 артезианские скважины, вокруг трех из которых не создана зона санитарной охраны. В поселке артезианские скважины работают в принудительном режиме работы. На них установлены более производительные глубинные водяные насосы и к тому же установлены промежуточные насосы для поддержания необходимого давления в сетях, за счет чего питьевая вода поступает на верх-