АНАЛИЗ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ГОРНО-АЛТАЙСКА

Е. А. Кротова, А. В. Васильев
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

Водоснабжение города Горно-Алтайска осуществляется за счет совместной эксплуатации подземных вод (п.в.) зоны трещиноватости баратальской свиты ($R_{2-3}br$) и верхнечетвертичных аллювиальных отложений (aQ_{III}), а также массы неучтенных родников и колодцев. Потребность города в воде питьевого качества составляет около 35 тыс. м^3/сутки. Существующий централизованный водоотбор подземных вод составляет порядка 10 тыс. м^3/сутки (хозпитьевое – 9, производственно-техническое – 1).

В 1967 и 1985 годах для водоснабжения г. Горно-Алтайска и с. Маймы были утверждены Территориальной комиссией по запасам (ТКЗ) эксплуатационные запасы подземных вод по трем месторождениям в объеме 191,271 тыс. м^3/сутки, из них для Горно-Алтайска - 182,67 тыс. м^3/сутки. Использование утвержденных запасов по городу в настоящее время составляет около 8 % от общего количества утвержденных запасов, как видно из нижеследующей таблицы.

Данные по утвержденным запасам подземных вод для г. Горно-Алтайска и с. Маймы

Месторождение	Утвержденные запасы, тыс. м^3/сутки					Примечание
	Всего	по категориям				
		А	В	C_1	C_2	
Майминское	67.994	9.600	6.508	3.456	48.430	Работает
Улалинское	16.177	5.356	4.796	6.025	-	Работает
Катунское	107.100	45.900	30.600	30.600	-	Не работает

Приведем краткую характеристику эксплуатации разведанных месторождений.

МАЙМИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Расположено на юго-восточной окраине г. Горно-Алтайска, в долине р. Маймы. Режим работы водозабора круглогодичный. В 1967г. разведаны запасы подземных вод водоносного комплекса верхнечетвертично-современных аллювиально-делювиальных отложений и зоны трещиноватости средне-верхнерифейских отложений баратальской свиты. По месторождению утверждены запасы п.в. в количестве 67,994 тыс. м^3/сутки, в том числе по категориям: А - 9,6 тыс. м^3/сутки, В - 6,508 тыс. м^3/сутки (протокол ТКЗ N349 от 19.12.67г., г. Новокузнецк).

Оценка эксплуатационных запасов проводилась гидравлическим методом. Расчетный проектный водозабор представлял собою ряд из 7 скважин вдоль долины по обоим берегам реки, восполнение запасов за счет инфильтрации поверхностных вод реки Маймы. Как представляется нам, оцененные гидравлическим методом запасы подземных вод явно завышены. Нельзя рассматривать расходы скважин, полученные в результате разновременных и непродолжительных по времени откачек, без учета их взаимодействия, тем более, что при проведении откачек повсеместно наблюдался отрыв уровня подземных вод от дна реки. Необходимо было для контроля оценить запасы подземных вод гидродинамическим способом, тем более, что схематизация месторождения не вызывает особых затруднений.

Анализ эксплуатации водозабора. Эксплуатация водозабора начата в 1974 г. 3 скважинами. В 1974 г. водоотбор составил 3,3 тыс. м^3/сутки и постепенно к 1978 году был доведен до 5,0 тыс. м^3/сутки. К 1980 году постепенно произошло ухудшение инфильтрационного питания водоносного комплекса. В 1980-85 гг. водоотбор уменьшился до 1,4 - 1,6 тыс. м^3/сутки. В 1985 г. была пробурена еще одна скважина и водоотбор доведен до 3,1-3,2 тыс. м^3/сутки, но и он постепенно снизился к 1991 г. до 2,7 тыс. м^3/сутки. В 1992-93 гг. были пробурены 3 эксплуатационные скважины и водоотбор составил 3,0 тыс. м^3/сутки. К 2000 году водоотбор понизился до 2,2 тыс. м^3/сутки.

Как известно, эксплуатация инфильтрационных водозаборов существенно меняет гидравлическую картину в прирусловой зоне. Понижение уровня воды вызывает возникновение обратных градиентов (т.е. инфильтрацию поверхностных вод в горизонт) тем больших, чем больше понижение воды в скважинах водозабора. Фильтрационная неоднородность аллювиальных отложений, связанная с условиями их накопления, усугубляется в прирусловой зоне процессами кольматации. Все реки, и особенно горные, характеризуются наличием паводков, в эти периоды паводковые воды, несущие большое количество взвешенных глинистых частиц, усиленно фильтруются в борта и днища русел. Привлечение речных вод, содержащих взвешенные частицы, вызывает усиление процессов кольматации речного русла на участке водозабора. При этом происходит проникновение тонких илистых частиц в поры аллювиальных отложений, слагающих русло. В процессе эксплуатации ухудшение фильтрационных свойств аллювия приводит к тому, что депрессионная поверхность эксплуатируемого горизонта опускается ниже слабопроницаемого слоя в русле, происходит отрыв уровня от дна реки. При отрыве уровня от дна реки на участке отрыва река оказывается «подвешенной» и речные воды поступают к подземным посредством дождевания (см., например, [1]).

Как правило [1], при оценке эксплуатационных запасов подземных вод в районах береговых водозаборов первостепенное значение приобретает изучение вопроса о возможных изменениях условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод вследствие заиления русловых отложений, вызванных эксплуатацией водозабора. Данный вопрос в процессе проведения разведочных работ не рассматривался, хотя при проведении опытных работ (откачки из скважин) происходил отрыв зеркала подземных вод от поверхностных, т.е. река оказывалась «подвешенной». Заметное ухудшение питания водоносного комплекса, повлекло, в свою очередь, развитие депрессии в сторону коренных бортов долины и общее распространение её вверх и вниз по долине. Как следствие, произошло увеличение в питании доли атмосферных осадков с застроенных территорий, стимулировшее, в свою очередь, ухудшение качества подземных вод: существенное увеличение коли-титра до 1-2 и увеличение содержания нитратов до 12 мг/дм^3. Необходимо отметить, что строительство водозабора проводилось с грубым нарушением расчетной схемы эксплуатации. Все эксплуатационные скважины расположены на небольшом участке протяженностью около 170 метров, находятся в зоне усиленного влияния друг на друга. Сосредоточенный водоотбор на небольшом участке привел к значительному ухудшению питания подземных вод на участке водозабора.

Проведем, в первом приближении, подсчет запасов подземных вод гидродинамическим методом на основе расчетной схемы, предложенной авторами. Месторождение схематизируется нами как «пласт полоса» с непроницаемыми в плане границами, по поверхности которого протекает река, имеющая затрудненную гидравлическую связь с подземными водами. В данном случае при расположении скважин в виде продольного ряда вдоль долины реки можно принять допущение, что каждая скважина будет срабатывать естественные запасы в закрытом блоке, ограниченном непроницаемыми границами и линиями равного удаления между скважинами.

При расчете водозаборов, схематизированных в виде больших колодцев, общее понижение уровня определяется по формуле

$$S = S_{BH} + S_{CK}$$

где S_{BH} - понижение уровня, вызванное работой системы скважин и зависящее от вида системы скважин и граничных условий водоносного горизонта, S_{CK} - дополнительное понижение в скважине, зависящее от расположения скважин внутри системы, их несовершенства и расхода каждой скважины.

где Q_{CYM} - суммарный дебет скважин, м^3/сут ; m - мощность напорного горизонта, м; k - коэффициент фильтрации

$$S_{вн} = \frac{Q_{сум}}{2\pi kmn}(\ln\frac{R_k}{R_0} + \frac{2at}{R_k^2} - 0.75), \qquad (1)$$

$$R_k = \sqrt{\frac{z\delta}{\pi}},$$

пород водоносного горизонта, м/сут.; n - число скважин в ряду; R_0 - радиус большого колодца, м, для линейного ряда скважин $R_0 = 0,2l$; R_k - радиус кругового контура блока, м.; d - расстояние между скважинами, м.; z - ширина полосы, м; a - пъезопроводимость зоны, в которой расположены водозаборные скважины м/сут.; t - расчетный период эксплуатации, сут.; l - длина ряда при линейной системе, м.

$$S_{ск} = \frac{Q}{2\pi km}\left[\ln\frac{r_n}{r_c} + 0.5\xi\right], \qquad (2)$$

$$r_n = \frac{\delta}{2\pi},$$

где Q- дебит скважины, м^3/сут.; r_n - приведенный радиус условной области влияния данной скважины, м; r_c - радиус скважины, м; z– величина фильтрационного сопротивления, учитывающая несовершенство скважины, в данном случае не учитывается, так как она не рассчитана.

Преобразуем формулы 1 и 2 в вид для безнапорного горизонта через известное (см., например, [1,2,4]) соотношение $2mS = H^2 - h^2$ (где H –мощность горизонта, h – остаточная мощность горизонта) и объединим их в одну.

Проведем подсчет запасов на два периода: период разведки и период начала эксплуатации.

$$Q_{сум} = \frac{\pi kn\left(H^2 - h^2\right)}{\ln\frac{R_k}{R_0} + \ln\frac{r_n}{r_c} + \frac{2at}{R_k^2} - 0.75}$$

Период разведки. По данным результатов разведки Майминского месторождения подземных вод нами приняты следующие расчетные гидрогеологические параметры: m = 20 м; k = 62 м/сут; n = 7; r_n = 15м; l = 360 м; R_0 = 72 м; R_k = 129 м; δ = 93 м; z = 560 м; a = 10^3 м/сут; t = 365сут. В результате расчетов нами получены следующие приблизительные результаты: суммарный дебит водозабора составляет $Q_{сум}$ = 8547 м^3/сут.; расход одной скважины Q = 1221 м^3/сут., т. е. подтверждаются запасы подземных вод, утвержденные по категории А, правда, с учетом их взаимодействия.

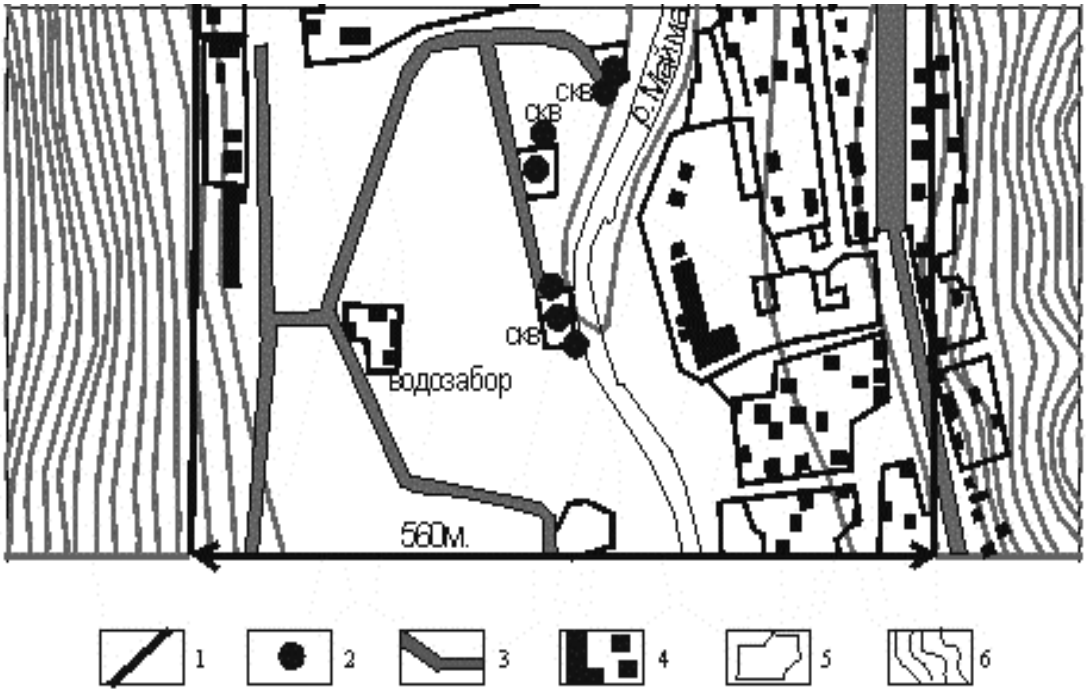

Рис. 1. Схема подсчета запасов на период эксплуатации майминского водозабора.

1 – непроницаемая граница водоносного горизонта «пласт-полоса», 2 – скважины, 3 – дороги, 4 – здания, 5 – кварталы, 6 – рельеф.

Период эксплуатации. При подсчете эксплуатационных запасов по данным эксплуатации Майминского месторождения подземных вод расчетные параметры приняты (m = 20 м; k = 62 м/сут; n = 7; R_0 = 72м; R_k = 34 м; z = 560 м; $a = 10^3$ м/сут; t = 365сут; δ = 34 м; l = 170 м) получены следующие результаты: суммарный дебит семи действующих скважин $Q_{сум}$ = 3285 м^3/сут, что в принципе подтверждает производительность водозабора на период начала эксплуатации без учета усиления кольматации русловых отложений, дебит одной скважины составляет порядка Q = 469 м^3/сут.

В связи с тем, что в 1999 году закончился амортизационный срок эксплуатации водозабора, желательно, по опыту эксплуатации, проведение комплекса преимущественно камеральных работ для переоценки эксплуатационных запасов подземных вод, выработки рекомендаций по рациональной схеме водозабора, увеличения его производительности и, соответственно, увеличению питания водоносного горизонта. Нами предлагается, как вариант, увеличения производительности водозабора искусственное восполнение запасов подземных вод.

УЛАЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Расположено месторождение на северо-восточной окраине г. Горно-Алтайска, в долине р. Улала, правом притоке р. Маймы. Разведаны запасы подземных вод водоносного горизонта зоны трещиноватости средне-верхнерифейских отложений баратальской свиты, находящиеся в затрудненной связи с поверхностными водами р. Улалы. Утвержденные запасы по месторождению составляют 16,177 тыс. м^3/сут, в том числе по категориям: А+В-10,152 тыс. м^3/сут (протокол ТКЗ N 349 от 19.12.67г., г. Новокузнецк).

Анализ эксплуатации водозабора. Эксплуатация месторождения начата в 1979г. Была пробурена одна эксплуатационная скважина, водоотбор составил 3,8 тыс. м^3/сут, в 1981г. в эксплуатацию введена еще одна эксплуатационная скважина, производительность водозабора возросла до 4.3 тыс. м^3/сут. С 1981г. водоотбор на Улалинском водозаборе увеличивается ежегодно и к 1986г. доведен до 7,6-7,7 тыс. м^3/сут. Согласно режимным наблюдениям, проведенным Катунской гидрогеологической партией и Водоканалом, с 1986г. в связи с увеличением водоотбора до 7,6-7,7 тыс. м^3/сут начинается интенсивная сработка емкостных запасов. Рациональная работа водозабора возможна на неограниченный срок при водоотборе около 5,4-5,5 тыс. м^3/сут, запасы будут обеспечены восполнением за счет питания водоносного горизонта. Единственное, что необходимо отметить, на Улалинском месторождении подземных вод в результате эксплуатации сформировалась значительная депрессионная воронка и, как следствие, произошло осушение заболоченной долины р. Улалы. Этим, к сожалению, незамедлительно воспользовались городские власти и разрешили застройку поверхности месторождения вплотную к поясу строгого санитарного режима.

КАТУНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Как сказано выше, водоснабжение г. Горно-Алтайска производится за счет централизованных водозаборов, кроме того используется масса ведомственных водозаборов, каптажей родников и шахтных колодцев. Нормативное водопотребление, исходя из численности 50 тыс. человек, составляет на настоящее время 35 тыс. м^3/сут. Следовательно, дефицит в водах хозпитьевого качества составляет порядка 25 тыс. м^3/сут. Для покрытия дефицита в воде был разработан проект «Водоснабжение г. Горно-Алтайска и села Маймы» (Гипрокоммунводоканал, Новосибирск, 1989 г.). Этому проекту предшествовала «Предварительная разведка подземных вод для водоснабжения г. Горно-Алтайска, с. Маймы и Катунского промрайона» [6]. По результатам этих работ утверждены запасы подземных вод в количестве 107?1 тыс. м^3/сут (протокол ТКЗ N560 от 23.10.1987г., г. Новокузнецк).

К настоящему времени на о. Пихтовый (Катунское месторождение) пробурено 8 эксплуатационных скважин (авг. 1992 – февр. 1993 гг.) глубиной до 40м. Скважины пройдены ударно-канатным способом. Начато строительство водовода, которое продвигается крайне медленно из-за отсутствия собственных средств, а надежды на федеральное финансирование крайне малы.

ВЫВОДЫ

Необходимо отметить, что, начиная с 1992 года, в городе намечается тенденция увеличения количества ведомственных водозаборов, происходит децентрализация водоснабжения.

Результаты анализа показывают необходимость проведения переоценки запасов подземных вод на основании опыта эксплуатации и материалов проведенных ранее разведочных работ. Для выполнения поставленной задачи необходимо проведение следующего комплекса работ:

1. На основании материалов проведенных ранее разведочных работ для подтверждения, уточнения и определения недостающих расчетных гидрогеологических параметров месторождения, положенных в основу оценки эксплуатационных запасов, провести методами математического моделирования решение прямой и обратной задач;
2. На основании опыта эксплуатации месторождения с помощью методов математического моделирования оценить изменения гидрогеологических параметров, произошедшие в процессе эксплуатации водозабора;
3. С использованием методов математического моделирования разработать рекомендации по рационализации системы эксплуатации подземных вод и предотвращению ее негативных последствий. Оценить состояния месторождения подземных вод, влияние водоотбора на другие компоненты природной среды, спрогнозировать воз-

можных изменений состояния месторождения, разработать мероприятия по рационализации водоотбора и охране подземных вод от загрязнения и истощения которые включают: 1) установление закономерностей изменения гидродинамического режима подземных вод в процессе их эксплуатации; 2) количественную оценку балансовых составляющих (источников формирования) эксплуатационных запасов подземных вод и прогноз их изменения в процессе эксплуатации; 3) уточнение граничных условий и расчетных гидрогеологических параметров, включая их изменчивость во времени; 4) уточнение причин изменения качества подземных вод и источников этого изменения; 5) установление закономерностей взаимодействия подземных и поверхностных вод и их изменения в процессе эксплуатации; 6) переоценку эксплуатационных запасов подземных вод, включая прогноз возможных дальнейших изменений их качества и влияния водоотбора на окружающую среду; 7) оптимизацию величины и режима водоотбора; 8) выработку рекомендаций по увеличению питания подземных вод.

Литература

1. Минкин Е. Л. Взаимосвязь подземных поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач. М., Стройиздат, 1973.
2. Плотников Н. И., Плотников Н. А., Сычев К. И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод. М., Недра, 1978.
3. Попов О. В. Подземное питание рек. Л., Гидрометеоиздат, 1968.
4. Методическое руководство по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. п. Зеленый, ВСЕГИНГЕО, 1979. Авт. Л. С. Язвин, Б. В. Боревский, В. Д. Гродзенский, М. П. Полканов.
5. Васильев А. В., Попов С. А. и др. Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Республика Алтай, II этап), г. Горно-Алтайск, 2000.
6. Крестовоздвиженский Ю.М. Предварительная разведка подземных вод для водоснабжения г. Горно-Алтайска, с. Маймы и Катунского промрайона // Отчет Катунской гидрогеологической партии за 1982-85гг.. Новокузнецк, 1985.
7. Крестовоздвиженский Ю.М. Заключение по прогнозным эксплуатационным запасам для Горно-Алтайска. Новокузнецк, 1965.
8. Крестовоздвиженский Ю.М. Предварительный отчет по гидрогеологическим исследованиям в Чуйской степи 1963-65гг. Новокузнецк, 1965.
9. Крестовоздвиженский Ю.М., Виноградова М.А. Отчет по работам водоснабжения г. Горно-Алтайска Горно-Алтайской автономной области. Новокузнецк, 1968.