

Таблица 1. Микроэлементы Воронежского водохранилища [1]

Место отбора проб воды	№ п/п	Pb	Cd	Zn	Cu	Mn	Cr	Fe	Нефтепродукты, мг/кг
ПДК		0,03	0,001	5	1	0,1	0,005	0,3	0,1
Верхняя зона	1	3,0	0,4	7,9	3,7	32	1,1	1091	60,0
Зона северного моста	2	11,0	0,4	12,4	2,1	53	0,2	619	66,6
Центральный участок	3	42,2	2,6	66,4	21,0	415,5	0,4	1480,0	350,0
Нижняя зона, южнее Вогрэсовского моста	4	248	29	925	391	317	121	1538	2700

#### Литература:

1. Джувеликян Х.А. Экологическое состояние природных и антропогенных ландшафтов центрального Черноземья / Х.А.Джувеликян – автореф. ученой степени доктора наук, Петрозаводск, 2007. 40 с.
2. Курдов А.Г. Проблемы Воронежского водохранилища. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1998. 168 с.
3. Смирнова А.Я. Бородкин А.И. Экология подземных вод бассейна верхнего Дона, 2-е изд., доп. / Смирнова А.Я. Бородкин А.И. / Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2007. 180 с.

### ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СИСТЕМ В ПЛАСТОВЫХ ВОДОНОСНЫХ ТОЛЩАХ

Балденков Михаил Геннадьевич, Филимонова Елена Александровна

*Геологического ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, [dveac@yandex.ru](mailto:dveac@yandex.ru)*

История жизни и развития человечества тесно связана с использованием природных ресурсов. Важнейшим видом природных ресурсов, без которого невозможно существования человека являются природные воды.

Для устойчивого развития общества необходимо гарантированное удовлетворение потребностей в качественной питьевой воде. Надежное водообеспечение осложняется пространственной и временной неравномерностью распределения водных ресурсов, а также их уязвимостью к промышленному и бытовому загрязнению, последствиям техногенных катастроф и террористических актов.

В качестве источников водообеспечения используются поверхностные и подземные водные объекты. Поверхностные и подземные воды представляют единую балансово-гидродинамическую систему, но в водохозяйственной

практике, как правило, они рассматриваются как альтернативные источники водоснабжения. Разделение природных вод вызывает ряд сложностей и проблем.

При эксплуатации поверхностных вод основной проблемой является резкая неравномерность распределения их ресурсов по территории и в течении года. Для решения этой проблемы традиционно создаются водохранилища или специальные каналы для переброса вод из других рек. Другая проблема – загрязнение поверхностных вод. В промышленно развитых районах высока вероятность техногенного загрязнения поверхностных вод, что делает их не пригодными для питьевого водоснабжения.

Подземные воды по сравнению с поверхностными характеризуют лучшей защищенностью от загрязнения и в меньшей степени подвержены внутригодовым изменениям. Около 60-70 % месторождений подземных вод являются приречными [1], т.е. эксплуатационный баланс полностью обеспечивается сокращением речного стока, что негативно сказывается на водных и наземных экосистемах.

Повышение величины располагаемых водных ресурсов, т.е. доступных для водохозяйственного использования, может быть достигнуто применением техники комбинированного использования водных ресурсов.

Наиболее типичный вариант реализации комбинированного использования поверхностных и подземных вод предусматривает создание двух отдельных водозаборов: основного (ОВ) и компенсационного (КВ) [2]. Основной водозабор ориентирован на поверхностный сток, водоотбор может быть либо непосредственно из русла либо через скважины вблизи русла. Основной водозабор работает в течение многоводных периодов года с сокращением водоотбора в маловодные периоды. Компенсационный подземный водозабор включается в маловодные периоды поверхностного стока, когда продолжение прямого отбора поверхностных вод с прежней производительностью приводит к недопустимому сокращению речного стока. Основным условием работы компенсационного водозабора является отсутствие ущерба речному стоку в период его включения.

Существует несколько способов расположения компенсационного подземного водозабора:

1. Компенсационный водозабор располагается в грунтовом водоносном горизонте, который связан с рекой в зоне основного водозабора. В этом случае депрессионная воронка от действия компенсационного водозабора при достаточно длительной эксплуатации в принципе может достичь реки и нанести ей дополнительный ущерб. Поэтому компенсационный водозабор должен быть отнесен на расстояние, обеспечивающее минимизацию ущерба расчетной реке за период его функционирования. Существует несколько схем удаления компенсационного водозабора:

а) Схема «физического» удаления. Компенсационный водозабор располагается в водоносном горизонте с высокой степенью гидравлической

связи с рекой. Минимизация ущерба речному стоку достигается за счет удаления водозабора от реки.

б) Схема «виртуального» отдаления. Компенсационный водозабор эксплуатирует водоносный горизонт, гидравлически слабо связанный с рекой за счет высоких фильтрационных сопротивлений ложа реки и подрусловых отложений. В этом случае скважины могут располагаться в непосредственной близости от реки.

2. Компенсационный водозабор располагается в межпластовом напорном водоносном горизонте, не имеющий непосредственной связи с рекой. Взаимосвязь с рекой осуществляется опосредованно, через перекрывающий разделяющий слой и вышележащий грунтовый водоносный горизонт. Формирование ущерба стоку реки может происходить только в результате развития понижений в вышележащем грунтовом водоносном горизонте, непосредственно связанном с рекой. Поэтому основным (но не единственным) гидрогеодинамическим параметром, определяющим величину и время нанесения ущерба стоку реки, в данной схеме является параметр перетекания через разделяющий слой  $c_0 = \frac{K_0}{m_0}$ .

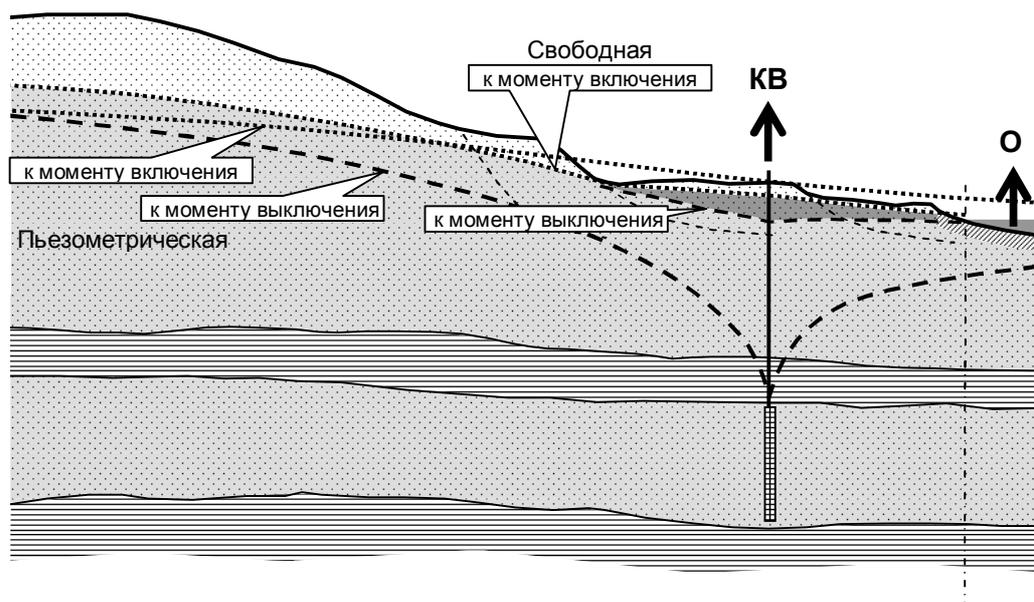


Рис. 1. Схема расположения компенсационного водозабора (КВ) в межпластовом водоносном горизонте.

В данной работе рассматривается схема расположения компенсационного водозабора в межпластовом водоносном горизонте. Водозабор использует первый от поверхности межпластовый горизонт. Это связано с тем, что при эксплуатации водозабора процессы взаимодействия в пластовой толще (в том числе – и с нижележающими межпластовыми горизонтами) происходят более интенсивно, что потенциально может привести к ухудшению качества воды.

Целью данной работы является оценка влияния параметров водоносных горизонтов на формирование воронки депрессии и величину ущерба речному стоку при работе компенсационного водозабора, расположенного в межпластовом напорном водоносном горизонте.

Действующими природными параметрами в этой схеме являются:

- проводимость межпластового горизонта  $T$ ,
- коэффициент фильтрации грунтового горизонта,  $k$
- гравитационная водоотдача грунтового горизонта,  $\mu$
- упругая водоотдача межпластового водоносного горизонта  $\mu^*$
- коэффициент перетекания через разделяющий слой,  $\chi_0$
- коэффициент перетекания через ложе реки  $\chi_p$

В предыдущих исследованиях было показано, что величина упругой водоотдачи незначительно влияет на формирование ущерба речному стоку, поэтому в эксперименте упругая водоотдача принята постоянной и равной  $10^{-5}$ . Несомненно, длительность работы компенсационного водозабора ( $t$ ) оказывает существенное влияние на формирование воронки депрессии и является необходимым фактором для анализа. Расстояние между водозабором и рекой не играет определяющей роли, и, как правило, компенсационный водозабор располагается в непосредственной близости от реки.

В проводимом модельном эксперименте для каждого из выделенных параметров и факторов и рассматривается широкий диапазон изменений:

- проводимость межпластового горизонта  $T = 100 - 3000$  м<sup>2</sup>/сутки,
- коэффициент фильтрации грунтового горизонта,  $k = 2 - 50$  м/сутки
- гравитационная водоотдача грунтового горизонта,  $\mu = 0,01 - 0,2$
- коэффициент перетекания через разделяющий слой,  $\chi_0 = 10^{-2} - 10^{-6}$  сутки<sup>-1</sup>
- коэффициент перетекания через ложе реки  $\chi_p = 0,3 - 0,003$  сутки<sup>-1</sup>
- продолжительность работы компенсационного водозабора  $t = 30 - 150$  суток

Изучение влияния каждого из выделенных факторов требует рассмотрения как минимум пяти значений из предложенного диапазона изменчивости для каждого фактора. Для шести факторов при пяти вариантах значений каждого из них число сочетаний составляет 15625. Для наиболее полного охвата возможных сочетаний параметров в диапазоне их изменчивости использовалась методика рационального планирования эксперимента, которая позволяет уменьшить количество модельных экспериментов до 25 [3].

Полученные результаты показывают, что величина ущерба речному стоку главным образом определяется соотношением параметров разделяющего горизонта и несовершенством реки. При значениях коэффициента перетекания через разделяющий слой  $\chi_0 < 10^{-5}$  сутки<sup>-1</sup> и коэффициента перетекания через ложе реки  $\chi_p < 0,01$  сутки<sup>-1</sup> значения остальных параметров не оказывают влияния на сокращение расхода реки. В этом случае ущерб речному стоку не

превышает 5 %, следовательно, выполняется условие отсутствия ущерба речному стоку в период функционирования компенсационного водозабора. При высоких значениях коэффициента перетекания через ложе реки  $\chi_p > 0,1$  сутки<sup>-1</sup> наблюдается значительное уменьшение поверхностного стока даже при низких значениях коэффициента перетекания через разделяющий слой ( $\chi_0 < 10^{-5}$  сутки<sup>-1</sup>).

В диапазоне  $\chi_0 = 10^{-4} - 10^{-3}$  сутки<sup>-1</sup> и  $\chi_p = 0,01 - 0,003$  сутки<sup>-1</sup> происходит сокращение стока реки до 20 %, при этом низкие значения коэффициента фильтрации грунтового водоносного горизонта ( $k < 10$  м/сутки) и проводимости межпластового водоносного горизонта ( $T < 500$  м<sup>2</sup>/сутки) уменьшают воздействие компенсационного водозабора на сток реки.

При высоких значениях коэффициента перетекания через разделяющий горизонт  $\chi_0 > 10^{-3}$  сутки<sup>-1</sup> ущерб речному стоку составляет 30-60 %.

Наименьшее влияние из всех анализируемых факторов оказывает гравитационная емкость.

Результаты численных экспериментов показывают, что благоприятными условиями для создания компенсационных водозаборов в межпластовых водоносных горизонтах, являются низкие фильтрационные параметры грунтового и межпластового водоносных горизонтов. Критерием эффективности можно считать сочетание значений коэффициента перетекания через разделяющий слой  $\chi_0 < 10^{-5}$  сутки<sup>-1</sup> и коэффициента перетекания через ложе реки  $\chi_p < 0,01$  сутки<sup>-1</sup>.

#### Литература:

1. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. Киев: Выща школа, 1989. Изд.2-е. 406 с.
2. Ковалевский В.С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. М., Научный мир, 2001. 332 с.
3. Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. М.: Наука, 1970. 76 с.

### **К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ СТРОНЦИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ПЕРВОГО ОТ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ОНГКМ (ОРЕНБУРГСКОЕ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ)**

Барановская Екатерина Ивановна

*Геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,*

*baranovskaya\_kat@mail.ru*

Стронций, являясь двухзарядным катионом, относится к подгруппе щелочно-земельных металлов второй группы периодической системы Д.И. Менделеева.