

Ю.К.ИВАНОВ, А.И.КОВАЛЬЧУК

СХЕМАТИЗАЦИЯ БАЛАНСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВЫХ БАССЕЙНОВ
ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Гидрогеологический объект и его модель принято рассматривать как сложную, многокомпонентную систему, которая постоянно усложняется по мере получения дополнительной информации /1/. В соответствии с этим речные бассейны, сопряженные с грунтовыми водами, рассматриваются как открытые системы в соответствии с теорией Бергаланфи. Данный анализ позволяет выйти на этап управления системой и в том числе на этап управления загрязнением подземных вод.

С 1991 по 1993 г. в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии и геохимии УрО РАН проводятся работы по численному моделированию грунтового бассейна р.Течи для решения ряда задач по реабилитации территорий, загрязненных радионуклидами. В число первоочередных задач входит определение основных путей миграции радионуклидов в пределах всего бассейна. Понятно, что такую проблему повышенной сложности региональной гидрогеодинамики невозможно решить без привлечения численного моделирования /2, 4/.

Одна из основных проблем при численном моделировании бассейнов грунтовых вод – схематизация граничных условий, в том числе определение условий на верхней границе системы – количества инфильтрующихся и испаряющихся осадков /4-6/. Существующие подходы к решению указанной задачи содержат ряд неопределенностей и недостатков:

- оценки инфильтрации и испарения полевыми методами дают точечные значения, которые практически невозможно экстраполировать на всю территорию;
- данные региональные оценки баланса территорий крайне затруднены из-за низкого информационного обеспечения и носят приближенный характер, что в итоге приводит к большим неточностям при создании региональных моделей;
- для горноскладчатых областей практически невозможно выделить области питания и разгрузки, что вносит дополнительные погрешности при численном моделировании.

При описании геогидродинамического процесса в подземных водах основным исходным элементом является уравнение фильтрации:

$$\operatorname{div} (T \operatorname{grad} H) = S \cdot dH/dt + Q / 5/;$$

где T – водопроводимость, S – коэффициент водоотдачи, H – напоры, Q – интенсивность привносимой воды (испарение, инфильтрация, техногенная деятельность). Основные трудности при задании исходных условий для модели возникли при оценке Q составляющей уравнения фильтрации и ее знака, т.е. величины, определяющей баланс территории. Поэтому нами был выбран путь определения Q составляющей через оценку баланса по площади (в отличие от временного отслеживания).

Система определялась как целенаправленная, самоорганизующаяся и обладающая гомеостазом, т.е. находящаяся в состоянии динамического равновесия. Обмен с внешней средой осуществляется через процессы инфильтрации, стока и испарения и ряда других факторов, направленных на сохранение состояния равновесия. Следовательно, необходимо определить плоскость равновесия, около которой происходят колебания системы в ту или иную сторону. Такая нулевая поверхность может быть определена на основе уравнения баланса и описана как уровень, где противоположные по знаку процессы равны.

Данный уровень динамического равновесия в гидрогеологических системах расположен на глубинах, где величина инфильтрации равна величине испарения, и может быть определен с помощью характеристических кривых Ковача /3/, которые базируются на оценке формы зеркала грунтовых вод с учетом соотношения величин инфильтрации и испарения на разных глубинах, определяют зону равновесия как точку перегиба уровня подземных вод при переходе кривой спада к кривой подпора.

Кривая спада определяет условия, когда уровень подземных вод залегает ниже уровня динамического равновесия и отток перекрывается дополнительной инфильтрацией; кривая подпора соответствует обстановке, где испарение и дренаж превышают инфильтрацию, а уровень грунтовых вод залегает выше уровня динамического равновесия. Как указывает Ковач, имеется двойная связь между уклоном и расходом и формирование водного баланса в грунтовых бассейнах является саморегулируемым процессом.

Величина колебания системы около уровня динамического равновесия в общем виде - величина динамических запасов бассейна грунтовых вод и легко может быть определена после анализа территории через кривые Ковача. Так, если в области питания требуется постоянное восполнение оттока инфильтрацией, то величина расхода данной области и является среднесуточной величиной инфильтрации, идущей на покрытие оттока в направлении дна долины. Следовательно, в области питания отток постоянно превышает приток, уровень подземных вод залегает глубже уровня динамического равновесия и общий расход по данной области имеет отрицательный знак. При техногенно не измененной области дренирования общий расход подземного стока должен равняться расходу области питания, взятому с обратным знаком. В бассейне р.Течи проверка данного баланса показала наличие техногенных изменений за счет искусственного подпора подземных вод водохранилищами.

Использование характеристических кривых при анализе бассейна р.Теча позволило выделить область питания и область разгрузки грунтовых вод, а расходы по данным областям, полученные численным моделированием, позволили оценить величины инфильтрации, испарения и стока в масштабе всего бассейна.

Исходя из этого, при задании Q -параметра уравнения фильтрации мы смогли определить его величину и знак. Так, для области питания с отметками уровней выше 290 м знак Q будет положительным, а для всей области ниже 290 м, можно задавать усредненный параметр Q с отрицательным знаком. Причем эта величина для области разгрузки соответствует стоку рек и испарению с поверхности грунтовых вод.

В результате проведенных расчетов величина инфильтрации в области питания оказалась равна 20 мм, или 5% от общего количества осадков, что характерно для областей питания, расположенных на водоразделах. Проверка же области питания указала на наличие техногенных изменений режима подземных вод.

Использование характеристических кривых Ковача и системный подход позволили также определить величины модуля стока области, исключенной из общего водосбора бассейна в результате создания водоемов. Аналогично можно определить и модуль стока пород, слагающих область питания. В нашем случае эта величина равна 0,7 л/секунд·км², что соответствует данным, полученным на основе анализа минимального зимнего стока рек 95% обеспеченности.

Включение в численную модель грунтового бассейна реки результатов анализа системы с использованием характеристических кривых Ковача позволило оценить значения Q-параметра, используя поле напоров, что нашло отражение в снижении погрешностей моделирования и получении более реальной модели. По результатам модельных оценок, в разрезе до глубин 150–200 м не происходит оттока подземных вод за линию, ограничивающую систему водоразделов, и весь объем вод местной речной сети области питания разгружается в р.Течу. Следовательно, радионуклидное загрязнение по подземному потоку не поступает в смежные бассейны рек Миасс и Синара.

Данные, полученные описанным методом, хорошо согласуются с результатами балансовых оценок по режимным наблюдениям, данным расчленения гидрографа, но менее затратны и трудоемки, легко алгоритмизируются и, как один из элементов, включаются в численную модель.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Г а в и ч И.К., Ш е с т а к о в В.М. Вопросы методологии изучения региональной гидрогеологии // Актуальные проблемы гидрогеологии. М., 1989.
2. Л у к н е р Л., Ш е с т а к о в В.М. Моделирование миграции подземных вод. М.: Недра, 1986.
3. Р е т х а т и Л. Грунтовые воды в строительстве / Пер. с англ. В.З. Махлина и Н.А.Ярцева; Под ред. В.А.Кирюхина. М.: Стройиздат. 1989.
4. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях / Г.Н.Гензель, Н.Ф.Караченцев, П.К.Коносавский и др.; Под ред. В.А.Мироненко. М.: Недра, 1992.
5. Ф р и д Ж. Загрязнение подземных вод. М.: Недра, 1981.
6. Site Characterization Progress Report; Yucca Mountain, Nevada - Number 7 (DOE/RW-0/07P-7).