



АЛГОРИТМ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ В СЛОЖНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Е.В. Леонтьева

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет
Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

Изложен алгоритм системного анализа для оптимизации эксплуатации водозаборов в сложных геоэкологических условиях, который позволяет выработать решение по режиму эксплуатации водозабора на прогнозируемый период с учетом направленности процессов для обеспечения подачи воды водозабором, соответствующей санитарным нормам.

Ключевые слова: качество воды, метод Марковица, прогнозное изменение концентрации, эффективное множество, оптимальное соотношение долей.

Введение

Большинство источников водоснабжения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения, расположенных в пределах жилой и промышленной застройки испытывают интенсивное техногенное и антропогенное воздействие. Это выражается в превышении фоновых, нормативных показателей качества воды, например по сухому остатку, хлоридам, нитратам и др., как по отдельным скважинам, так и в целом по водозабору.

Для того чтобы качество воды в целом по водозабору соответствовало нормативным требованиям, необходимо регулировать соотношение долей эксплуатирующихся скважин с различным, в том числе повышенным содержанием загрязняющих веществ.

Для осуществления регулирования режимов добычи подземных вод, обычно используют компьютерные модели численного моделирования массопереноса в зоне влияния водозаборов. Построение и эксплуатация достоверных таких моделей обходится обычно в несколько миллионов рублей. При этом все равно не удается учесть в должной мере изменчивость внутренних и внешних граничных условий фильтрации подземных вод, источников и режимов поступления загрязняющих веществ в используемый водоносный горизонт их параметров.

Автором, для снижения затрат на выработку управленческого решения, повышения его достоверности, в данной статье рассматривается методика регулирования режимов добычи подземных вод, основанная на моделях системного анализа.

В системной экологии существует множество моделей, которые связаны с определением взаимосвязей и взаимовлияния между показателями, прогнозирования, которые основаны на методах корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализах.

Алгоритм системного анализа

Основная цель исследований разработать методику, которая позволила бы выявить направленность и интенсивность протекающих процессов во времени, дать прогноз развития изменения качества в извлекаемой из скважин воде на определенный период и выработать стратегию эксплуатации водозабора (оптимальное соотношение долей используемых скважин) на прогнозируемый период с учетом направленности процессов для обеспечения подачи воды водозабором, соответствующей санитарным нормам.

1. Проработка методов и моделей системного анализа показала, что для достижения данной цели наиболее подходит метод Марковица [1, 2, 3]. Системный анализ данных по методу Марковица основывается на использовании прогнозного изменения исследуемых данных во времени и оценки риска (стандартного отклонения) по отдельному объекту и их группе.

Методика Марковица, также позволяет выявить тенденцию изменения выбранного параметра за прошедший период времени, определить направленность тренда в прогнозируемый период и на основе полученных данных выработать оптимальную стратегию функционирования модели.

Для реализации данной методики исходными данными служат данные показателей качества воды, по нескольким скважинам, а так же временной фактор (квартал, месяц, год), причем для более достоверных результатов необходимо использовать равные промежутки времени между исходными данными. Алгоритм выработки решения по режиму эксплуатации водозабора отображен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм выработки решения по режиму эксплуатации водозабора

Согласно рисунку 1 алгоритм системного анализа состоит из девяти этапов:

Этап 1: Оценка представительности и достоверности используемых протоколов анализов осуществляется путем их сопоставления с перечнем показателей из рабочей программы производственного контроля источника водоснабжения на участке



добычи, выполненной в соответствии с «Правилами» СанПиН 2.1.4.1074-01 [5]. Классификация исходных данных осуществляется на основе критериев районирования подземных источников водоснабжения по степени выраженности влияния техногенных факторов.

Этап 2: На данном этапе производится расчет фактических направленностей, интенсивностей изменений показателей качества воды путем определения прироста за выбранный период времени (например, ежеквартальные приросты) по скважинам. На основе полученных данных в процентах, а так же частоты повторения и вероятности определяется прогнозное изменение по каждой скважине. *Прогнозное изменение* указывает на то, что в будущем прогнозном периоде "теоретически" можно ожидать от изменений.

Этап 3: Расчет риска совершения события осуществляется с помощью дисперсии и стандартного отклонения. Дисперсия показывает меру разброса возможных исходов относительно ожидаемого значения. Следовательно, чем выше дисперсия, тем больше разброс, а значит и риск. Расчет взаимосвязей изменения показателей качества воды между скважинами основывается на расчете и построении матриц ковариации и корреляции.

Этап 4: Расчет прогнозного изменения и стандартного отклонения общей концентрации по водозабору базируется на рассчитанных ранее показателях прогнозного изменения, ковариации по скважинам, а так же на текущем режиме работы скважин (доли в процентах).

Этап 5: Поиск эффективных соотношений долей скважин относительно изменения общей концентрации по водозабору осуществляется при помощи Microsoft Excel, а точнее при помощи встроенного в него компонента Solver, который позволяет при изменении значения общей концентрации с определенным шагом получить эффективное множество соотношения долей по скважинам.

2. Этап 6: Построение минимально-дисперсионной границы основывается на соотношении «риск-прогноз» эффективного множества. Это граница, на которой лежит определенный набор режимов эксплуатации скважин в долях с минимальным риском при заданном изменении общей концентрации по водозабору, данная граница позволяет определить минимально - дисперсионное изменение общей концентрации.

Этап 7: На данном этапе проводится сравнительный анализ с графическим отображением результатов между работой скважин минимально-дисперсионным соотношением долей с текущим соотношением долей, равномерным соотношением долей и др. Принятие решения по изменению стратегии эксплуатации водозабора заключается в выборе стратегии, которая позволит снизить значения показателей качества воды, при наиболее вероятностном исходе события.

Этап 8: Эксплуатация водозабора с принятым соотношением долей.

Этап 9: Контроль показателей качества на конец прогнозного периода позволяет сравнить фактические данные с прогнозными значениями.

Заключение

Приведенный алгоритм системного анализа положен в основу методики оптимизации эксплуатации водозабора в сложных геоэкологических условиях.

Преимущества данной методики состоит в том, что она позволяет:

1. Выявить направленности и интенсивности изменения показателей качества воды по скважинам;

2. Дать прогноз развития процессов на определенный период времени (квартал, месяц, год и т.д.);

3. Определить силу взаимосвязи между анализируемыми показателями;

4. Выработать стратегию эксплуатации водозабора на прогнозируемый период с учетом направленности процессов и заданном риске событий.

5. Провести сравнительный анализ решений;

6. Выбрать оптимальное решение.

Список литературы

1. Дулепов В.И., Лескова О.А, Майоров И.С. Системная экология. – М., 2007.
2. Квачев В.Н., Леонтьева Е.В. Методические аспекты зонирования источников водоснабжения по степени выраженности влияния техногенных факторов // М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 391-396.
3. Harry M. Markowitz Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", John Wiley & Sons, 1959 г.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2002.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01 Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001.

ALGORITHM OF THE SYSTEM ANALYSIS FOR OPTIMIZATION OF OPERATION OF WATER INTAKES IN DIFFICULT GEOECOLOGICAL CONDITIONS

E.V. Leontyeva

*Belgorod State National Research University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

The algorithm of the system analysis for optimization of operation of water intakes in difficult geoeological conditions which allows to work out a solution for mode of operation of water intake for the predicted period taking into account an orientation of processes for maintenance of water delivery with a water intake corresponding to the sanitary code is stated.

Key words: quality of water, Markovitz method, predicted change of concentration, effective set, the optimal ratio of shares.