

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ

Рассмотрена возможность использования статистических методов для решения краткосрочных прогнозных задач. Были использованы данные 45-летних наблюдений за водоотбором и уровнем подземных вод на Куюлусском месторождении природных вод (Южный Манышлак). За основу приняты степенные полиномы зависимости анализируемых показателей от времени эксплуатации. Установлено, что для данного месторождения временные ряды наилучшим образом описываются полиномами пятого порядка (ошибка менее 5 %).

The possibility to use the statistical methods for short-term forecasting was examined. Historical data of 45 years of water intake and water table observation at the Kuyulussk Natural Water Deposit (South Mangyshlak) were used. The power polynomials of dependencies between the indexes analyzed and time of exploitation were taken as the basis for calculation. It was established that, as applied for the given deposit, the temporary rows are better described by the polynomials of the fifth order (the error rate is less than 5 %).

Настоящая работа посвящена оценке возможности использования стохастических моделей для гидродинамического анализа эксплуатации водозабора на примере Куюлусского месторождения природных вод, расположенного на Южном Манышлаке. В большинстве случаев для обработки режимных наблюдений на водозаборах используют аналитические методы. Однако при составлении краткосрочных прогнозов имеет смысл применять и статистические методы, особенно когда основным фактором, определяющим формирование режима подземных вод, является неравномерный во времени и по площади водоотбор.

Учитывая, что изменение водоотбора из отдельных скважин трудно предсказуемо даже на ближайшую перспективу (1-2 года), представляется возможным прибегнуть к использованию вероятностно-статистических подходов к анализу временных рядов с тем, чтобы установить объективно существующие закономерности в анализируемых последовательностях значений расходов и уровней, и, отразив эти закономерности в соответствующих моделях, применять их для решения прогнозных задач.

В качестве исходных данных использованы временные ряды наблюдений за суммарным водоотбором из первого альбского горизонта и понижением уровня в наблюдательных скважинах за период с 1962 по 2007 гг. Для обоснования правомерности приложения стохастических подходов к анализу временных рядов были получены статистические оценки выборки, состоящей из членов временного ряда анализируемого показателя, включая построение гистограммы распределения, определения среднего значения, стандартного отклонения и т.п.

Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки выполнена на основе использования критерия Пирсона. Изменение суммарного водоотбора из скважин отвечает гипотезе нормального распределения, т.е. связано со значительным элементом случайности во временном распределении этих расходов. Изменение понижения уровней подземных вод не отвечает гипотезе о нормальном законе распределения. Гистограммы распределения понижений по всем скважинам характеризуются смещением максимума в область более высоких значений показателя. Это обусловлено сущест-

вованием положительного тренда во временному ряду понижений.

Автокорреляционным анализом установлено отсутствие статистически значимых периодических колебаний во временных рядах изменения суммарного расхода и понижения уровня. При анализе графика автокорреляционной функции обращают на себя внимание достаточно высокие ее значения при сдвиге, равном одному-пяти годам. Это дает основание сделать вывод о наличии определенных связей между значениями уровней соседних лет и, стало быть, о зависимости (унаследованности) расхода и уровня текущего года от предыдущих.

В качестве основной стохастической модели были приняты степенные полиномы зависимости анализируемого показателя режима от времени эксплуатации вида

$$y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_k x^k,$$

где  $x$  – время от начала эксплуатации водоизaborа,  $a_i$  – параметры полинома, получаемые в результате регрессионного анализа,  $i = 0, 1, 2 \dots k$ .

Кроме того, подбор полиномов  $k$ -й степени заключался в получении математической модели, не противоречащей реальному изменению расхода или уровня подземных вод на 45-летний период их эксплуатации, а также на ближайшую перспективу (2-3 года). Количество сходимость математической модели с фактическими данными оценивалась по среднеквадратическому отклонению, а к изменению прогнозного уровня на модели предъявлялось требование соответствия линейному (или близкому к нему) закону во времени с учетом последних 4-5 лет реальной эксплуатации (2002-2006 гг.). Практически отбраковывались модели с су-

щественной сменой темпа изменения расхода или уровня во времени на ближайшую перспективу по сравнению с существующим в 2002-2006 гг.

Временные ряды суммарного водоотбора из первого альбского горизонта и изменения уровней практически по всем анализируемым скважинам наилучшим образом описываются полиномами пятого порядка. Среднеквадратическое отклонение по этим стохастическим моделям составляет от 1 до 5 м или 4 % от максимального значения показателя режима. Изменение уровня на ближайшую перспективу (до 2010 г.) практически соответствует темпам, наблюдаемым в 2004-06 гг.

На основании анализа коэффициентов полиномов по разным скважинам были выделены группы скважин, характеризующие разные участки Куюлусского месторождения, что подтверждает влияние строения пласта на размер понижения уровня.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Подтвержден случайный характер распределения водоотбора во времени.

2. Хронологические ряды изменения уровня подземных вод в скважине и суммарного водоотбора наилучшим образом аппроксимируются полиномами пятого порядка от времени эксплуатации. При этом коэффициенты полинома для разных скважин позволяют выполнить районирование месторождения по особенностям гидродинамического режима подземных вод.

Полученные результаты подтверждают принципиальную возможность использования стохастических моделей для гидродинамического анализа эксплуатации водозаборов подземных вод.

Научный руководитель проф. Н.Н.Ленченко