

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ К ЗАДАЧАМ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Научные исследования в области геоинформационного анализа приобретают все большее признание в качестве основного фактора создания автоматизированных систем. В данное время разработана геоинформационная система (ГИС), обеспечивающая хранение, доступ, анализ и картографическое представление географической информации в виде интерактивных электронных карт [1]. Геоинформационные технологии возникли как база географических пространственных данных: одна из первых ГИС – разработанная в 1965 г. Канадская географическая информационная система [2]. С бурным ростом быстродействия, расширением возможностей памяти и средств визуализации компьютерных технологий, развивался и ГИС. Сегодня созданы тысячи версий ГИС, применяющиеся во всех видах научной деятельности.

В данной работе рассмотрена возможность применения ГИС к описанию фильтрационного движения жидкости в деформируемой пористой среде. Для представления результатов этого процесса применено прогнозирование уровня грунтовых вод в пористой среде.

Задачи пространственного прогноза свойств геологической среды возникают при прогнозе напряженнодеформируемого состояния неоднородного (трансверсально-изотропного) пласта при фильтрации в нем жидкости. Необходимость получения данных об уровне подземных вод возникает в процессе решения задач качественного водоснабжения населения.

Жидкость, фильтрующаяся через упругодеформируемый анизотропный пласт, вместе с ним составляет сложную многофазную систему, макроскопическое поведение которой под действием нагрузок определяется протеканием многих параллельных процессов разной механической природы. Задача определения напряженно-деформируемого состояния массива с учетом фильтрации в ней жидкости представляется достаточно сложной. Для ее постановки и решения требуется рациональная схематизация основных процессов, протекающих в пласте.

В данное время не рассмотрены вопросы изучения пространственного фильтрационного движения жидкости в изотропных, трансверсально-изотропных и анизотропных упругодеформируемых пористых средах со сложной геометрией. Появляется необходимость в исследовании напряженно-деформируемого состояния вертикальных или горизонтальных скважин и их групп с помощью которых осуществляется отбор жидкости в упругих трансверсально-изотропных пластах с наклонной плоскостью изотропии, т. е. в наклонных слоистых пористых средах.

Введем прямоугольную декартовую систему координат $Oxyz$ таким образом, что ось Oz была направлена вертикально вверх, а горизонтальные оси Ox и Oy совпали с линиями соответственно вкрест и вдоль простира-ния плоскости изотропии.

Упругое состояние трансверсально-изотропного массива описывается уравнением обобщенного закона Гука в системе координат $Ox'y'z'$, полученной путем поворота $Oxyz$ на угол φ вокруг вертикальной оси Oz [3].

При этом полное напряжение [4] трансверсально-изотропного пласта может быть выражено через эффективные напряжение и давление, полученные при соответствующих решениях задач теории фильтрации и упругости в виде

$$\begin{aligned}\sigma_x^{\Pi} &= \sigma_x + P, & \tau_{xy}^{\Pi} &= \tau_{xy}, & \tau_{xz}^{\Pi} &= \tau_{xz}, \\ \sigma_y^{\Pi} &= \sigma_y + P, & \tau_{yz}^{\Pi} &= \tau_{yz}, \\ \sigma_z^{\Pi} &= \sigma_z + P.\end{aligned}$$

Характерная особенность модели – предположение о том, что пористая матрица деформируется совершенно свободно до некоторого жесткого предела ε_0 . Таким образом фильтрация жидкости в деформируемой неоднородной (трансверсально-изотропной) пористой среде может быть смоделирована на основе уравнений теории фильтрации и теории упругости.

При построении информационной модели пространственного прогноза использована схема, состоящая из 5 основных этапов (рис. 1).

1-й этап. Определение необходимых данных. На этом этапе применяются экспериментально полученные данные о геомеханических свойствах рассматриваемой среды – коэффициенте фильтрации, пористости, упругости, коэффициенте Пуассона для отобранного керна и др.

Для учета времени организуется цикл по годам.

2-й этап. Напряженно-деформируемое состояние при отборе жидкости в деформируемой неоднородной (трансверсально-изотропной) пористой среде определяют при помощи уравнения состояния с учетом влияния напора подземной жидкости [3].

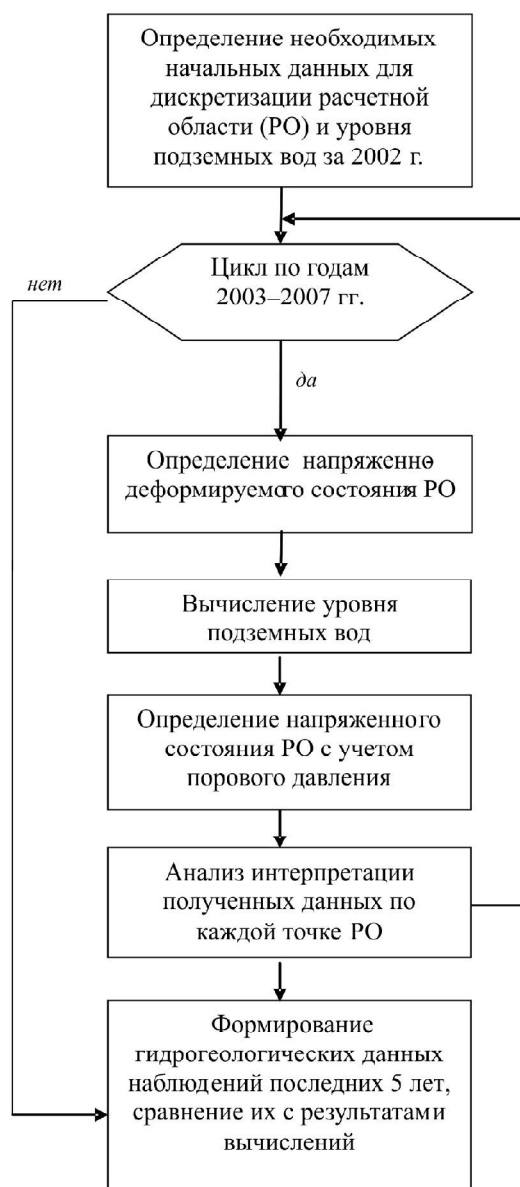


Рис. 1. Схема создания ГИС

3-й этап. Уровень подземной жидкости определяется с помощью уравнения фильтрации с учетом граничных условий и упругой деформируемости неоднородно пористой среды [5].

4-й этап. Анализ полученных данных. Полученные данные интерпретируются для каждой расчетной точки области, районированы и представляются в виде графиков уровня подземных вод.

5-й этап. Формализация дополнительных данных. Полученные от инженеров-гидрогеологов данные вводятся в базу данных. Проводится их сравнительный анализ с математической моделью для дальнейшего прогнозирования гидромеханических процессов, т. е. формируется ГИС.

Созданный нами ГИС апробирован на материале территории Туркестанского района Южно-Казахстанской области Республики Казахстан (рис. 2). Для каждого населенного пункта возможно определение уровня подземных вод на период с 2002 по 2007 гг.

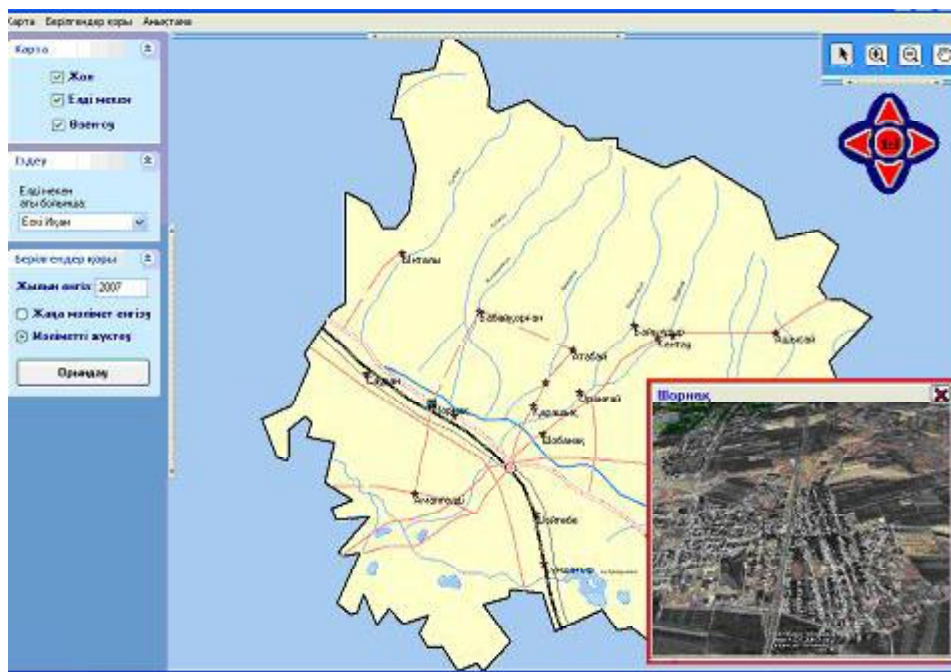


Рис. 2. Вид пакета, созданного на основе языка Delphi 7

Таким образом созданная ГИС применяет методы математического моделирования при описании процессов фильтрации подземных вод с учетом упругой деформируемости пласта.

1. Гитис В.Г., Ермаков Б.В. Основы пространственного и временного прогнозирования в геоинформатике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
2. Frank A.U., Raubal M., Vlugh M. A guide to GE and GIS // European Communities, 2000. – р. 141.
3. Масанов Ж.К., Омаров А.Д., Махметова Н.М. Статическое и сейсмонапряженное состояние транспортных подземных сооружений в анизотропном геометрически нелинейном массиве. – Алматы: Бастау, 2002. – 244 с.
4. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.