

УДК 004

## **АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Игуминов Е.В., студент гр. ПИБ-191, IV курс  
Научный руководитель: Гиниятуллина О.Л., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время в мире существует несколько инструментов для моделирования гидрогеологических систем, позволяющих создавать трехмерные модели подземных вод для анализа гидрофильтрационных процессов. Такие программные обеспечения позволяют увидеть различные слои грунта и подземных вод и получить более полное представление о процессах, происходящих там.

Трехмерная визуализация также позволяет проводить анализ различных сценариев, например, изменение уровня подземных вод при изменении климатических условий или строительство новых объектов на поверхности земли. Это помогает принимать более обоснованные решения по управлению подземными водами и предотвращению возможных проблем, связанных с их использованием, таких как оползни и обрушения, возникающие в бортах карьеров и отвалов, внезапные прорывы подземных вод в горные выработки, оседание дневной поверхности [1].

Кроме того, трехмерная визуализация может быть полезна для обучения и общения с заинтересованными сторонами, такими как правительственные организации, инженеры и население. Она позволяет легко объяснить сложные концепции и показать возможные последствия различных действий.

Для примера таких инструментов приведем следующие программы:

1. ModFlow – популярное программное обеспечение с открытым исходным кодом, распространяемая Геологической службой США [2];
2. Groundwater Vistas – гибкая программа, поставляемая компанией ESI (Environmental Simulations Incorporated) [3];
3. FEFLOW – инструмент для моделирования гидрогеологических систем, разработанная компанией DHI-WASY [4].

Этими программами пользуются такие компании, как Golder Associates, Schlumberger Water Services, Tetra Tech и AECOM.

Программное обеспечение для моделирования гидрогеологических систем работает на основе математических моделей, которые описывают поведение системы. Для создания модели необходимо собрать данные о геологии, топографии, климате и гидрологии, а также определить параметры модели.

После того как модель создана, она может быть использована для прогнозирования поведения системы в различных условиях. Например, модель

может использоваться для определения влияния изменения климата на уровень грунтовых вод или для оценки эффективности различных методов управления гидрогеологической системой.

Программное обеспечение для моделирования гидрогеологических систем может также использоваться для проведения различных сценарных анализов и определения оптимальных стратегий управления системой. В процессе работы программного обеспечения могут возникать ошибки, поэтому необходимо тщательно проверять и верифицировать данные и результаты моделирования.

Однако такие инструменты имеют ряд проблем:

1. Недостаточность данных: для создания точной модели гидрогеологической системы необходимо иметь большое количество данных, таких как данные о геологии, топографии, климате и гидрологии. Однако, в некоторых случаях, данные могут быть недоступны или недостаточны.

2. Неопределенность: моделирование гидрогеологических систем связано с определенной степенью неопределенности, так как реальные системы очень сложны и содержат множество переменных. Кроме того, некоторые параметры могут быть неизвестны или изменяться со временем.

3. Сложность моделирования: моделирование гидрогеологических систем может быть очень сложным и требовать больших вычислительных мощностей. Кроме того, для создания точной модели может потребоваться много времени и экспертных знаний.

4. Ошибки в данных: ошибки в данных могут привести к неточным результатам моделирования. Поэтому необходимо тщательно проверять и верифицировать данные перед использованием их в модели.

5. Неверные предположения: моделирование гидрогеологических систем основано на определенных предположениях о поведении системы. Если эти предположения неверны, то результаты моделирования могут быть неточными.

Таким образом, моделирование гидрогеологических систем является сложным и требует большого количества данных, экспертных знаний и вычислительных мощностей. Ошибки в данных и неверные предположения могут привести к неточным результатам.

На практике при исследовании водопритоков на угольных предприятиях, которые разрабатывают шахты на угольных месторождениях, существует проблема с моделированием подземных вод, хотя это очень важно – правильно отводить воду и обеспечивать технологические процессы добычи полезных ископаемых. В настоящее время на территории Российской Федерации работы по моделированию водопритоков практически не производятся, так как используемые программы для моделирования зарубежные, и они, как правило, не могут учитывать климатические условия и особенности ландшафта на нашей территории. Связано это с размерами нашей страны, например: Германия – маленькая страна по сравнению с Россией, и вся ее территория подробно описана и оттого моделирование водопритоков не представляет особой сложности.

Все интерфейсы, которые сейчас существуют, не подходят для решения проблем угольной отрасли в России, и поэтому предприятиям приходится донастраивать действующие модели под наши геологию и технологию разработки шахт. Так, если в Америке пологие пласты, на территории Российской Федерации угольные месторождения, как правило, находятся на завернутых пластах, где в разных местах свои особенности ландшафта: синклинали, антиклинали, в общем, формировать складчатые структуры. Особенно сложные формы пластов существуют и в Кузбассе, и модели, находящиеся в данный момент в ядре ModFlow, используемый для моделирования водопритоков, не учитывает это, и требуется постоянная донстройка, графическая составляющая, перерабатывающая модель, которая могла бы отразить нашу геологическую информацию.

### Список литературы:

1. Гидрогеология и инженерная геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, В. М. Мосейкин, С. А. Пуневский. — Москва : МИСИС, 2019. — 424 с. — ISBN 978-5-907061-48-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129005> (дата обращения: 30.03.2023);
2. Hughes, J.D., Langevin, C.D., and Banta, E.R., 2017, Documentation for the MODFLOW 6 framework [Electronic resource]. — URL; <https://doi.org/10.3133/tm6A57> (дата обращения: 30.03.2023);
3. Rumbaugh, J.O, Rumbaugh, D.B., 2020, Guide to Using Groundwater Vistas [Electronic resource]. — URL: <http://28b33ef1bb46d9004e36-002e5e9dce8f581dd16904a14c20d32c.r80.cf1.rackcdn.com/gv8manual.pdf?refresh=20230330095813> (дата обращения: 30.03.2023);
4. Diersch, H.-J.G., FEFLOW – Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media // Springer Berlin, Heidelberg, 2014. — 996 p. — ISBN 978-3-642-38738-8.