

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОЛИГОНА УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ

Багутдинов Р.А., Завьялов Д.А.  
Томский политехнический университет  
E-mail: [zda@tpu.ru](mailto:zda@tpu.ru)

### Аннотация

В статье предлагается комплексный подход к моделированию, который заключается в дополнении геологических моделей пластов технологическими моделями объектов наземной инфраструктуры, а также метод обмена данными между обозначенными моделями на примере полигона захоронения жидких нефтяных отходов.

### Введение

Высокий уровень развития средств обработки и моделирования технологических процессов позволяет использовать комплексный подход при моделировании разработки месторождений, утилизации нефтяных отходов. При таком подходе комплексная 3D-модель месторождения включает в себя детальную геологическую модель продуктивного пласта и динамическую модель прогноза его разработки, а также модель наземной инфраструктуры месторождения.

Комплексный подход при создании 3D-моделей месторождений и геолого-технологических объектов позволяет применять эти модели не только в маркетинговых и презентационных целях, но и в процессе оперативного управления и принятия решений в концепции интеллектуального месторождения [3]. Такой подход позволяет минимизировать риски на каждом этапе жизненного цикла месторождения.

Актуальность задачи применения комплексного подхода в сфере проектирования месторождений, прежде всего, связана с широким классом подзадач (от сбора данных в скважинах до анализа их состояния) [4]. В настоящее время 3D-моделирование коллекторов применяется повсеместно, однако для выполнения целого ряда задач необходимо дополнить геологические модели пластов технологическими моделями объектов наземной инфраструктуры, для чего необходим метод обмена данными между этими моделями.

### Комплексный подход к моделированию

В общем случае, комплексный подход может рассматриваться, как система взаимодополняющих моделей, связанных на уровне исходных данных. Комплексную модель месторождения или полигона захоронения отходов составляют иерархически связанные (рис. 1) геологические, гидродинамические и технологические модели.

Главной причиной возникновения нештатных ситуаций является несвоевременное реагирование на негативные факторы и предпосылки при

управлении промыслом. Технологическая модель должна облегчить восприятие информации и сократить время реакции, минимизируя риски разработки.

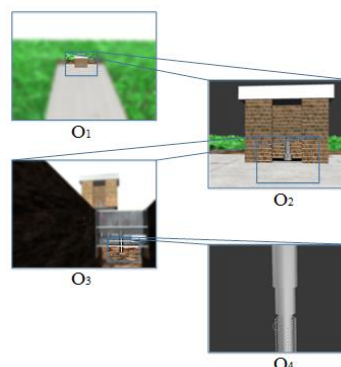


Рис 1. Различные уровни агрегации субмоделей объектов инфраструктуры

Для решения многих задач необходимы разные уровни детализации объектов и агрегации данных, поэтому технологическая модель месторождения предполагает создание не только общей 3D-визуализации [1], но и различных уровней детализации.

Построение визуальных 3D-моделей данных и использование их в качестве когнитивного инструмента при решении задач сокращает время выработки решений [5]. Исходным данным сопоставляется визуальная модель, основанная на метафоре визуального представления [6], использующей принципы, знакомые исследователю.

Комплексная модель месторождения или полигона захоронения отходов предполагает агрегацию взаимосвязанных субмоделей разного порядка для решения различных задач. Вложенные субмодели представляют собой более детальное представление объектов для моделирования локальных эффектов.

Комплексную модель можно описать следующим выражением:

$$M_{\text{компл}} = \langle M_{\text{г}}, M_{\text{гд}}, M_{\text{т}} \rangle \quad (1)$$

где  $M_{\text{компл}}$  – комплексная модель,  $M_{\text{г}}$  – геологическая модель,  $M_{\text{гд}}$  – гидродинамическая модель,  $M_{\text{т}}$  – технологическая модель (массив объектов) инфраструктуры, которые в свою очередь описываются выражениями:

$$M_{\text{г}} = \langle M_{\text{гр}}, Sm_{\text{гп}}, Sm_{\text{с}} \rangle \quad (2)$$

$$M_{\text{гд}} = \langle Sm_{\text{гдп}}, Sm_{\text{с}} \rangle \quad (3)$$

$$M_{\text{т}} = (O_i, i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

где  $M_{\text{гр}}$  – геологическая модель региона,  $Sm_{\text{гп}}$  –

геологическая субмодель полигона,  $Sm_c$  – множество скважин,  $Sm_{гдп}$  – гидродинамическая субмодель полигона,  $O_i$  –  $i$ -й субобъект инфраструктуры. Множество скважин  $Sm_c$  характеризуется выражением:

$$Sm_c = (W_i, i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

где  $W_i$  –  $i$ -я скважина из числа пробуренного фонда скважин.

Предлагаемый подход использован при моделировании полигона захоронения жидких нефтяных отходов. Целью работы являлись: создание 3D-моделей полигона захоронения и объектов наземной инфраструктуры, построение геологической 3D-модели полигона, моделирование фактического и прогнозного фронтов закачки, выявление вероятности негативного влияния на среду.

В состав исходных данных вошли данные по 815 скважинам, 15 гридов для модели региона, 159 гридов для модели полигона, картографические данные, фактические объемы закачки жидких отходов за период с 1963 г. по настоящее время, а также данные об объектах инфраструктуры полигона: фото-, видеоматериалы, чертежи, схемы, текстовое описание.

Для выполнения геологического моделирования использован Petrel Schlumberger. Построение технологической модели полигона реализовано в Autodesk 3Ds Max.

При выполнении проекта разработан метод перевода геологической модели в технологическую с помощью карт глубины (рис. 2). Данный метод используется для обмена данными между различными типами моделей для реализации комплексного подхода и позволяет актуализировать технологическую модель.

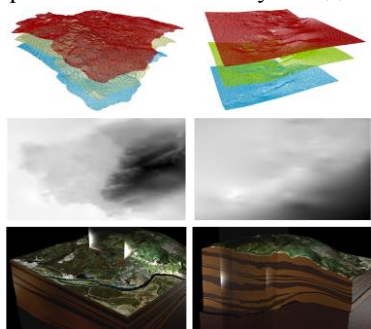
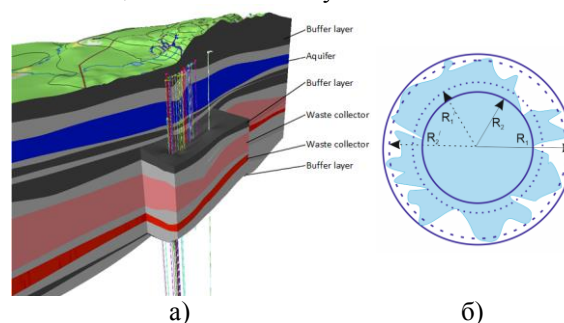


Рис. 2. Переход от геологической модели к технологической модели

В процессе выполнения проекта получены укрупненная геологическая модель региона, детальная геологическая модель полигона захоронения (рис. 3, а), воспроизведена история закачки жидких отходов, рассчитано прогнозное распространение отходов, получены детальные 3D-модели объектов инфраструктуры полигона.

Результаты моделирования закачки отходов в пласт показывают, что максимальный радиус контура распространения закачки от скважин (контур одной из скважин представлен на рис. 3, б)

не превышает 665 м, это позволяет утверждать, что в обозримом будущем выход отходов за границы полигона и попадание посторонних веществ в грунтовые воды маловероятны, а угрозы близлежащим населенным пунктам нет.



[1] Рис. 3. Результат: а) общий вид комплексной модели; б) контур распространения закачки

Дальнейшая детализация и наполнение комплексной модели позволят решать более широкий спектр задач, в том числе задачи оперативного управления в интерактивном режиме. В перспективе технологическая модель должна предоставлять доступную визуализацию не только объектов инфраструктуры, но и текущего состояния разработки на основе поступающих с объектов данных, а также служить интерфейсом пользователя для управления промыслом.

### Заключение

Предлагаемый комплексный подход к моделированию месторождений, полигонов захоронения отходов и управлению промыслом реализует принцип многоуровневой иерархии моделей объектов разной степени детализации. Разработанный метод обмена данными между моделями позволяет дополнить геологические модели пластов технологическими моделями объектов наземной инфраструктуры, выполнив таким образом сопряжение моделей разного типа для создания комплексной модели.

Применение такого подхода позволяет более качественно оценивать полный комплекс рисков разработки, нежели отдельное моделирование процессов.

### Список использованных источников

- [2] Bagutdinov R A 2016 Cybernetics and programming **5** 10-15.
- [3] Bagutdinov R A 2015 Modern scientific research and innovation **10** 1-3
- [4] Zavyalov D A, Zakharova A A 2016 Cybernetics and programming **5** 1-9.
- [5] Silich VA, Komarov VP Saveliev AO 2013 Bulletin of the Tomsk Polytechnic University **5** 94-100
- [6] Zakharova A A, Shkliar A V 2014 Scientific Visualization **2** 62-73.
- [7] Zakharova A A 2010 Bulletin of the CDC Rosnedra **2** 22-34