

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Завьялов Д.А.

Томский политехнический университет

E-mail: zda@tpu.ru

Аннотация

В современных условиях для получения оптимального проектного решения на разработку месторождения углеводородов возникает необходимость использования всех возможных источников данных, однако это порождает избыточность. Концепция комплексной модели месторождения предполагает вовлечение всей доступной информации, механизмы хранения и обработки разнородных по структуре и содержанию данных, а также использование подмоделей разных уровней и размерностей в зависимости от решаемых задач.

Введение

В процессе проектирования разработки месторождений углеводородов возникает 3 класса задач (по признаку оперирования данными):

- анализ и оценка;
- прогноз разработки;
- принятие решений и оперативное управление промыслом.

В настоящее время разработано большое число программных средств для моделирования с целью решения этих задач, однако основное их достоинство – высокая точность – порождает ряд недостатков:

- высокие требования к вычислительным ресурсам;
- обязательная полнота исходных данных;
- избыточность при выполнении ряда задач.

Комплексная модель месторождения нефти и газа

Для снижения ресурсоемкости трехмерных моделей месторождений обычно применяется процедура «загрубления» [1], которая позволяет уменьшить размерность модели в рамках допустимой погрешности, однако в ряде случаев именно уровень модели оказывается избыточным. Например, если речь идет об экспресс-оценке, оперативном управлении или предварительном анализе для выбора стратегии дальнейшего поведения, достаточно двухмерной модели.

Для решения предлагается использование комплексных моделей месторождений. В их основе лежат взаимосвязанные подмодели различных уровней, каждая из которых имеет расчетное и визуальное представление. Можно выделить следующие типы подмоделей комплексной модели месторождения (рис. 1):

- pD (point data) – точечные данные $M_p = \{K_p, K_{NTG}, S_w, \dots\}$ (в случае исходных данных, например, исследования в скважине в конкретной точке или

пробы флюидов), элементарная единица подмоделей более высоких уровней, также это может быть и обобщение подмодели более высокого уровня (например, средние значение свойств по всему месторождению);

- 1D-модель – функция $M_1 = M_p(z)$, зависимость между параметрами (например, зависимость значений результатов исследований в скважине от глубины – кривая параметров скважины вдоль ее ствола);

- 2D-модель – распределение $M_2 = M_p(x, y)$ точечных данных по площади (например, карты распределения давления по площади месторождения);

- 3D-модель – распределение $M_3 = M_p(x, y, z)$ точечных данных в объеме месторождения;

- 3Ddyn (динамическая 3D-модель) – изменение состояния и свойств $M_3 = M_p(x, y, z, t)$ 3D-модели во времени (прогноз разработки месторождения). Динамическая 3D-модель является самой ресурсоемкой, т.к. предполагает решение сложных систем уравнений для расчета фильтрации жидкости в пласте [2, 3]. По сути такая модель представляет собой множество более детальных реализаций 3D-модели (добавляются свойства флюидов и породы, модели скважин и др.) с определенным шагом по времени t .

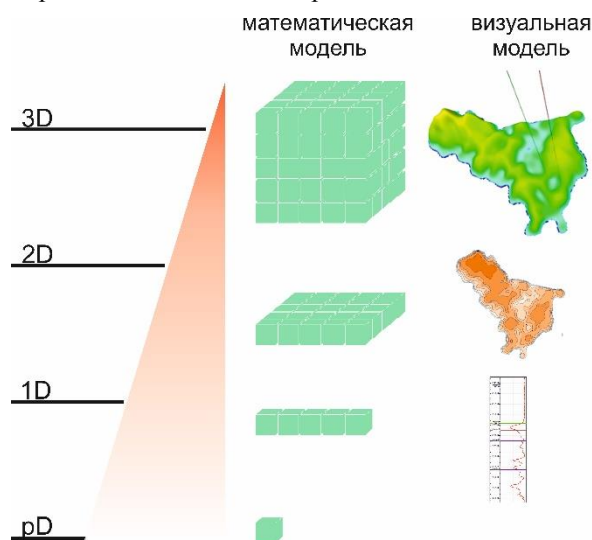


Рис 1. Подмодели разных уровней в составе комплексной модели месторождения

Подмодель более высокого уровня (уровень повышается от pD до 3D) образуется добавлением нового измерения за счет расширения набора данных и применения различных алгоритмов их распределения.

Расчетная подмодель служит для вычисления

показателей, в то время как визуальная – для анализа, оценки и принятия решений. В некоторых случаях (нет строгой формализации, решение неоднозначно, субъективно или не найдено, например, при решении задачи поиска аналогий в случае отсутствия части необходимых для моделирования данных [4]) расчетные подмодели заменяются визуальными.

Комплексность реализуется за счет:

- структурированного хранения подмоделей разных уровней;
- взаимосвязанности подмоделей на уровне данных;
- использования визуальных моделей данных для анализа и принятия решений.

Переход к подмодели более высокого уровня представляет собой ее наполнение новыми данными, что позволяет получать новые знания об объекте моделирования. Однако при выполнении ряда задач (например, задач оперативного управления, онлайн-обработки) более важна скорость обработки, нежели точность (в рамках допуска), что приводит к необходимости использования подмодели как можно более низкого уровня. Комплексный подход предполагает возможность перехода как к подмоделям более высокого уровня, так и к подмоделям более низкого уровня (рис. 2).

	pD	1D	2D	3D	3Ddyn	
pD	X			X	X	повышение уровня модели
1D		X			X	
2D			X		X	
3D				X		
3Ddyn					X	
						понижение уровня модели

Рис 2. Матрица возможных переходов между подмоделями различных уровней

При этом важной задачей становится нахождение оптимального соотношения точность-достаточность (точность получаемого решения в зависимости от достаточного уровня подмодели). Определение этого соотношения предлагается выполнять на основе оценки коэффициента изученности [5], который был рассчитан для 7 месторождений Томской области, отличающихся степенью изученности и сроками разработки, и находящихся на разных стадиях разработки (в т.ч.

в ретроспективе).

На 3D-моделях месторождений и полученных обратным переходом 2D-моделях выполнена оценка запасов. Сравнение результатов показало, что при значении коэффициента изученности более 0,6 потеря точности незначительна, а погрешность в оценке запасов составляет не более 5 %, что не превышает допустимых значений [5, 6].

Комплексная модель месторождения позволяет обращаться напрямую к подмоделям разных уровней без необходимости пересчета 3D моделей, получая необходимые срезы информации в зависимости от поставленных задач. Кроме того, комплексная модель позволяет реализовать хранение фактических показателей разработки, а также различных модификаций подмоделей, что особенно важно при анализе истории разработки месторождений.

Заключение

Предложенная комплексная модель месторождения позволяет ускорить процесс обработки и анализа подмоделей различных уровней, что критично при решении задач оперативного управления и онлайн анализа. Кроме того, такой подход позволяет решать задачи верификации данных и оценки корректности подмоделей.

Список использованных источников

1. Christie M-A. Upscaling for reservoir simulation // J. Petrol. Technol. – 1996. – V. 48. – № 11. – P. 1004-1010.
2. Eclipse Technical Description. – Schlumberger, 2015. – 1142 с.
3. Eclipse Reference Manual. – Schlumberger, 2015. – 2760 с.
4. Zakharova A., Vekhter E., Shklyar A., Zavyalov D. (2017) Visual Detection of Internal Patterns in the Empirical Data. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 754. Springer, Cham
5. Захарова А. А. Тенденции развития программных средств для 3D-геологического и 3D-гидродинамического моделирования // Вестник ЦКР Роснедра. № 2. 2010.
6. Методические рекомендации по подготовке технических проектов разработки месторождений углеводородного сырья. – Москва: Минприроды России, 2016. – 179.