

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ  
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Г. Я. Язмурадова**

*Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель В. Н. Яхно, канд. филос. наук, доц.

Научно-исследовательская деятельность, рассматриваемая в широком культурно-историческом контексте, включает в себя процесс взаимодействия содержательных (эмпирических) и формально-логических средств и методов научного познания.

Очевидна ценность метода моделирования для конкретных наук и технических приложений, так как построение модели, наполнение ее конкретно-физическим или каким-либо другим предметным содержанием может быть применено к реальности в качестве средства получения информации.

Моделирование – исследование каких-либо объектов (конкретных и абстрактных) на моделях, т. е. на условных образцах, схемах или физических конструкциях, аналогичных исследуемому объекту, с применением методов аналогии и теории подобия при проведении и обработке данных экспериментов [1, с. 360]. Моделирование применяется тогда, когда по каким-либо причинам трудно или невозможно изучать объект в естественных условиях, или тогда, когда необходимо облегчить процесс исследования объекта. Под моделью понимают искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т. п. Таковы, в частности, представления Анаксимандра о Земле как плоском цилиндре, вокруг которого вращаются наполненные огнем полые трубки с отверстиями. Модель в этом смысле выступает как некоторая идеализация, упрощение действительности, хотя сам характер и степень упрощения, вносимые моделью, могут со временем меняться. В более узком смысле термин «модель» применяют тогда, когда хотят изобразить некоторую область явлений с помощью другой, более изученной, легче понимаемой. Так, физики XVIII в. пытались изобразить оптические и электрические явления посредством механических («планетарная модель атома» – строение атома изображалось как строение солнечной системы). Таким образом, в этих двух случаях под моделью понимается либо конкретный образ изучаемого объекта, в котором отображаются реальные или предполагаемые свойства, либо другой объект, реально существующий наряду с изучаемым и сходный с ним в отношении некоторых определенных свойств или структурных особенностей.

Моделирование может быть предметным, физическим, математическим, логическим знаковым и т. д. Так, физическое моделирование осуществляется на моделях, которые вещественно адекватны исследуемому объекту и отличаются, как правило, лишь масштабом (например, модель плотины – это плотина небольшого размера). Математическое же моделирование осуществляется на моделях, физическая природа которых отлична от физической природы изучаемого объекта, но сходна с ним в математических соотношениях процессов функционирования компонентов. Такая форма моделирования используется в геолого-гидродинамических исследованиях.

Геолого-гидродинамическое моделирование является неотъемлемой частью при анализе и проектировании разработки месторождений нефти. Использование моделирования и его роль определяются особенностями геологического строения и состоянием разработки эксплуатационных объектов. В последние годы в связи с бурным развитием вычислительной техники и математических методов решения сложных задач геолого-гидродинамическое моделирование стало одним из эффективных инструментов анализа и проектирования разработки нефтяных месторождений. Современные средства геолого-гидродинамического моделирования позволяют обработать и интегрировать обобщить большой объем разнородной информации и представить месторождение в виде трехмерной, цифровой, физически содержательной модели.

В соответствии с действующим регламентом к проектным технологическим документам относятся: проекты пробной эксплуатации; технологические схемы разработки; проекты разработки; технологические схемы опытно-промышленных работ; авторские надзоры за реализацией технологических проектных документов. К каж-

дому виду документа предъявляются различные требования по решаемым задачам, содержанию проектного документа и исходным данным, на основе которых должен составляться документ [2]. Следовательно, различаются и требования, и подходы к геолого-гидродинамическим моделям. Область использования моделей заключается, в первую очередь, в диагностике состояния разработки месторождения, распределения текущих запасов нефти, гидродинамического режима пласта и определении оптимального сценария дальнейшей разработки месторождения на основе многовариантных прогнозных расчетов.

Объекты моделирования (месторождения, эксплуатационные объекты, залежи, участки) обладают особенностями, связанными с размерами, геологическим строением, стадией разработки и другими свойствами. Для получения достоверных моделей необходимо учитывать все факторы, влияющие на процессы при разработке объектов. Гидродинамическое моделирование является одним из важнейших этапов проектирования разработки месторождений и состоит из двух стадий: адаптации модели по истории разработки и прогнозных гидродинамических расчетов.

На стадии адаптации модели, при наличии достаточного количества исследований, с хорошей точностью можно определить трехмерное распределение флюидов в пласте, текущий гидродинамический режим залежи, выявить осложнения геологического и технологического характера. При адаптации уточняются фильтрационные характеристики пластов, методы измерения которых на современном этапе являются несовершенными (например, проницаемость), или они имеют высокую степень изменчивости в межскважинном пространстве. Таким образом, корректируются параметры геологической модели, выявляются особенности строения пластов, не вскрытых при бурении скважин, и в целом повышается достоверность представлений о геологическом строении залежей. Важнейшим фактором при адаптации является физическая содержательность модели. Ввиду того, что адаптация является многопараметрической обратной задачей, она не имеет единственного решения. Поэтому искусство исследователя заключается в управлении корректируемыми параметрами (модификаторами) для достижения приемлемого совпадения расчетных и фактических значений целевых параметров, оставаясь при этом в диапазоне реальных значений модификаторов и соотношения между ними [3].

Существует опасность недопустимого отклонения от реального объекта при стремлении к максимальному приближению к фактическим величинам целевых параметров. Закладываемые в модель характеристики в большинстве имеют погрешность 15–20 % и более. При этом измерения производятся только в скважинах, которые охватывают ничтожную долю объекта разработки, а параметры в межскважинном пространстве определяются путем интерполяции различными методами. Требования к приближению расчетного значения целевых параметров (как правило, текущей и накопленной добычи нефти по объекту и скважинам) с точностью 5–10 %, которые содержатся в корпоративных регламентах по созданию моделей, в этих условиях являются нецелесообразными. Безусловно, при определенных навыках исследователя такая точность может быть достигнута, так как модель имеет большую степень свободы в виде множества изменяемых параметров. Но при этом физическое наполнение модели в большинстве случаев будет далеко от реальности, а модель не выполняет свои функции диагностики состояния разработки и малоприспособна для достоверного прогнозирования показателей [3].

Опыт показывает, что процесс адаптации нередко позволяет обнаружить и явления технологического характера. Например, неоднократно встречаются случаи, когда высокую обводненность скважин не удавалось адаптировать при помощи физически

содержательных корректировок модели. При дополнительных исследованиях выявлялись наличие заколонных перетоков или нарушения эксплуатационной колонны. Другие ситуации связаны с недостоверностью учета добычи нефти по скважинам и отдельным пластам при их совместной эксплуатации. Результаты адаптации являются основой для выбора технологий и объектов их применения на ближайший период, выбора вариантов дальнейшей разработки эксплуатационных объектов. Адаптированная фильтрационная модель используется для прогнозных гидродинамических расчетов вариантов разработки.

Возможности моделирования как метода познания были использованы автором при подготовке диссертационного исследования. Оценка влияния процессов растворения катагенетического галита и увеличения проницаемости пород-коллекторов на КИН семилукской залежи нефти Золотухинского месторождения выполнена нами на основе численной гидродинамической модели, созданной в отделе моделирования БелНИПИнефть [4]. Для этого моделирование истории разработки залежи за период с 1.09.1984 г. по 1.09.2015 г. произведено с использованием двух моделей проницаемости пласта. В первом варианте коэффициенты проницаемости расчетных слоев семилукской залежи нефти заданы по результатам адаптации гидродинамической модели на январь 1990 г. (до закачки пресной воды в залежь); во втором варианте – по состоянию на сентябрь 2015 г. (после закачки пресной воды в залежь). Во втором варианте коэффициенты проницаемости зон трещиноватости на гидродинамической модели значительно увеличены в связи с растворением рассеянного в породах катагенетического галита.

Таким образом, использование моделей при проектировании разработки, при глубоком знании возможностей и недостатков программных средств моделирования, заложенных в них математических моделей позволяет существенно увеличить знания о строении и процессах выработки запасов и повысить как технологическую, так и экономическую эффективность добычи нефти.

#### Л и т е р а т у р а

1. Кондаков, Н. И. Логический словарь-справочник / Н. И. Кондаков. – М., 2012. – 721 с.
2. Муслимов, Р. Х. Современные методы управления разработкой нефтяных месторождений с применением заводнения / Р. Х. Муслимов. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2003. – 596 с.
3. Закиров, Р. Х. Разработка и внедрение методов воздействия на пласты на основе компьютерного моделирования / Р. Х. Закиров // Нефтяное хоз-во. – 2000. – № 11 – С. 54–55.
4. О влиянии галитовой минерализации на структуру фильтрационного потока и эффективность разработки семилукской залежи Золотухинского месторождения нефти в Припятском прогибе / В. Г. Жогло [и др.] // Электрон. журн. «Георесурсы, геознергетика, геополитика». – Вып. № 2 (12). – 21 с. – Режим доступа: <http://www.oilgasjournal.ru>. – Дата доступа: 30.12.2015.