

## ОЦЕНКА РИСКОВ РАЗРАБОТКИ И ДОСТОВЕРНОСТИ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Д.А.Завьялов

Томский политехнический университет

[zda@tpu.ru](mailto:zda@tpu.ru)

Выполнение лицензионных требований к разработке месторождений углеводородов контролируется на уровне государства. В случае невыполнения этих требований, недропользователь лишается лицензии и права на разработку. Большая доля ответственности лежит на проектировщике, выполняющем моделирование месторождения с целью подсчета и утверждения запасов углеводородов или проекта на разработку.

Владельцем лицензионного участка недр и лицензии на его разработку может быть небольшая компания, однако только крупные компании (Роснефть, Газпром) могут позволить себе вести разработку месторождения собственными силами. Причина этого – большой объем инвестиций, требуемых для освоения и разработки месторождения, особенно на начальной стадии, поэтому, в большинстве случаев, при разработке месторождения необходимо интегрировать интересы трех сторон-участников: недропользователя, инвестора и государства.

Упрощенно, взаимоотношение указанных участников можно представить в виде схемы (рис. 1). Каждая сторона выполняет собственные и общие функции, баланс которых необходимо соблюдать при подготовке проектной, сметной документации, при подсчете запасов, технико-экономическом обосновании инвестиций и т.п.



Рис. 1. Схема взаимоотношения основных участников разработки месторождения

Рассмотрим основные цели участников:

- недропользователь:
  - получение максимальной прибыли от разработки месторождения с учетом всех нормативно-правовых документов,
  - снижение технологических рисков;
- государство:
  - соответствие деятельности компании законодательству (в т.ч. экологическому),
  - своевременная и в полном объеме уплата налогов и сборов,

- выработка извлекаемых запасов;
- инвестор:
  - максимальная прибыль,
  - минимизация инвестиций.

Система взаимоотношений между государством и недропользователем создает некоторые противоречия при проектировании месторождений. Так, при выполнении подсчета запасов и моделировании месторождения часто основной целью недропользователя является повышение своей инвестиционной привлекательности перед потенциальными инвесторами, поэтому прорабатывается и принимается, как правило, самый оптимистичный вариант модели и подсчета запасов, в урон их достоверности и объективности. Стремление проектировщика сделать "защищаемый" проект под давлением регламентов и стандартов вкуче с нежеланием недропользователя лишиться лицензии само по себе идет вразрез с достоверностью моделей.

Помимо низкой достоверности моделей существуют различные риски при разработке месторождений. В качестве примера на рис. 2 показан график фактической добычи нефти на одном из месторождений Томской области в сравнении с планом добычи, утвержденным государственной комиссией по разработке.

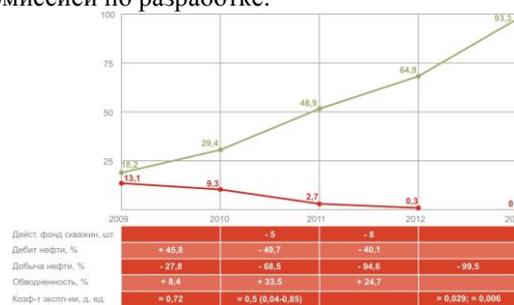


Рис. 2. Отклонение фактических показателей от проектных по годам разработки месторождения

Как видно на графике отставание в объемах добычи очень существенно, а в 2013 году разработка месторождения остановлена. Общий объем недополученной нефти в период с 2009 по 2013 гг. составляет 90% от запланированного. Ниже представлены основные причины этого.

В 2009 г. проектный уровень добычи нефти не достигнут из-за низкого коэффициента эксплуатации скважин. В 2010 г. добывающие скважины простаивали из-за плохого технического состояния, геологическое строение месторождения не подтвердилось, бурение скважин остановлено. В 2011 г. наблюдаются частые остановки скважин

из-за их аварийности. 2012 г. – периодичность работы добывающих скважины. В 2013 г. добыча нефти на месторождении остановлена.

Как видно на представленном примере, при разработке месторождения существует большое число рисков, которые могут существенно снизить показатели и рентабельность разработки вплоть до ее остановки.

Для того, чтобы оценить степень влияния каждого риска на разработку месторождения, необходимо проанализировать историю разработки группы месторождений. Самым простым способом оценки будет классификация рисков и назначение каждому из них определенного веса, в зависимости от степени его влияния на разработку. Кроме того, необходимо оценить вероятность возникновения каждого риска в заданных условиях и взаимосвязи между рисками и группами рисков.

Основные группы **рисков**:

- экономические – неблагоприятные изменения в экономике мира, страны, предприятия, которые формируют цены на внешнем и внутреннем рынках;
- политические – изменение политической обстановки и объемов экспорта/импорта;
- геологические связаны с особенностями геологического строения залежей и неверной интерпретацией исходной геолого-технологической информации;
- технологические – вероятность нарушения технологических процессов при бурении и обслуживании скважин, добыче углеводородов;
- риски, связанные с наличием, полнотой и качеством данных.

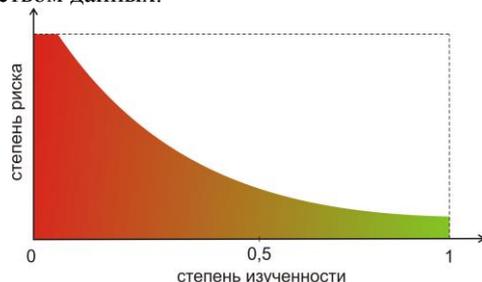


Рис. 3. Общий вид зависимости степени риска моделирования от степени изученности

Кроме того, существуют **благоприятные и осложняющие факторы**:

- свойства флюидов (плотность, вязкость и др.);
- количество фаз (нефть, вода, газ, конденсат).

Степень риска разработки месторождения можно выразить следующей функцией:

$$r = f(r_{\text{э}}, r_{\text{п}}, r_{\text{г}}, r_{\text{т}}, r_{\text{д}}, r_{\text{ф}}),$$

где  $r_{\text{э}}$  – коэффициент, характеризующий величину экономических рисков разработки месторождения,

$r_{\text{п}}$  – величина политических рисков,

$r_{\text{г}}$  – величина геологических рисков,

$r_{\text{т}}$  – величина технологических рисков,

$r_{\text{д}}$  – коэффициент, характеризующий величину рисков, связанных с полнотой и качеством данных о месторождении. Коэффициент  $r_{\text{д}}$  является величиной, обратной от степени изученности месторождения  $k$  (рис. 3).

$r_{\text{ф}}$  – коэффициент, характеризующий благоприятные и осложняющие факторы разработки месторождения.

Степень изученности является основной характеристикой достоверности моделей месторождений, характеризует полноту и качество имеющейся информации и позволяет оценить вероятность возникновения рисков, связанных с моделированием месторождения.

Степень изученности месторождения  $k$  – это функция от следующих параметров [1]:

$$k = f(k_{\text{с}}, k_{\text{ГИС}}, k_{\text{ф}}, k_{\text{ГДИ}}, k_{\text{к}}, k_{\text{МЭР}}, k_{\text{Г}}),$$

где  $k_{\text{с}}$  характеризует влияние сейсмических исследований на точность модели,

$k_{\text{ГИС}}$  определяет качество и объем геофизических исследований скважин,

$k_{\text{ф}}$  – количество фаз, составляющих пластовый флюид,

$k_{\text{ГДИ}}$  – коэффициент, характеризующий полноту и характер ГДИ,

$k_{\text{к}}$  – оценка исследований на образцах керна,

$k_{\text{МЭР}}$  – коэффициент, характеризующий срок разработки и объемы эксплуатации месторождения,

$k_{\text{Г}}$  характеризует геологические условия.

Таким образом, степень риска разработки месторождения можно определить как среднеарифметическое значение вышеперечисленных коэффициентов, пронормированное вектором коэффициентов  $C = \{c_1, \dots, c_6\}$ , определяющим вес параметров:

$$r = \sum (r_{\text{э}}, r_{\text{п}}, r_{\text{г}}, r_{\text{т}}, r_{\text{д}}, r_{\text{ф}}) / 6 \times C$$

Степень риска позволяет оценить величину риска разработки на данном этапе жизненного цикла месторождения при наличии имеющихся данных в сложившихся политических и экономических условиях.

В комплексной динамической модели промысла оценка рисков должна происходить не только на основе результатов моделирования месторождения, но и на основе динамических данных, поступающих непосредственно с месторождения и объектов инфраструктуры, внешних экономических и политических данных, что позволит принимать оперативные решения и корректировать параметры разработки месторождения в режиме реального времени.

#### Литература

1. Захарова А.А. Тенденции развития программных средств для 3D-геологического и 3D-гидродинамического моделирования // Вестник ЦКР Роснедра. №2. 2010.