

На правах рукописи

ЛАПО АННА ВЛАДИМИРОВНА

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКИ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА
РАННИХ СТАДИЯХ ИЗУЧЕНИЯ**

Специальность: 25.00.18 – Технология освоения морских
месторождений полезных ископаемых

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва — 2011

Работа выполнена в Обществе с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор Ю.П. Ампилов

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Л.Г. Кульпин

доктор физико-математических наук,
профессор Б.Е. Лухминский

Ведущее предприятие: ООО «Газфлот»

Защита состоится «_____» мая 2011 г. в 13 час. 30 мин.
на заседании диссертационного совета Д 511.001.01, созданного при
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
по адресу: 142717, Московская область, Ленинский район, пос. Развилка,
ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Автореферат разослан «_____» апреля 2011г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук



Н.Н. Соловьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В настоящее время, когда основные разрабатываемые месторождения и даже отдельные нефтегазовые провинции на суше находятся на этапе снижения добычи, важной проблемой становится восполнение минерально-сырьевой базы. Одним из основных объектов для поисков перспективных площадей и проведения геолого-геофизических исследований является Арктический шельф.

Любая добывающая компания до приобретения права пользования участком недр ставит перед собой задачу получения обоснованных оценок целесообразности участия в таких работах. Для этого проводят исследования на основе традиционных детерминированных оценок ожидаемых запасов, объемов добычи, прогноза затрат на освоение и ожидаемой выручки от реализации продукции на десятилетия вперед — точно так же, как это делается при выборе вариантов разработки уже открытых и изученных месторождений. Однако опыт показывает, что такие детальные расчеты оказываются крайне субъективными и впоследствии практически никогда не подтверждаются.

В связи с этим необходимо усовершенствовать методы технико-экономических оценок морских месторождений на ранних стадиях изучения с учетом высокой степени неопределенности исходной информации. Вышесказанное и определяет актуальность темы диссертации.

Целью работы является усовершенствование методов оценки морских месторождений газа на ранних стадиях изучения в условиях высокой степени неопределенностей геолого–технических параметров для обоснованного принятия управленческих решений при выборе перспективных участков недр для проведения поисково–разведочных работ.

Основные задачи исследований

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) анализ применяемых в настоящее время методов технико-экономических расчетов для оценки целесообразности приобретения лицензий на право пользования участками недр в малоизученных регионах;
- 2) совершенствование методики технико-экономической оценки, включающее разработку алгоритмов:

- а) реализации вероятностного подхода к оценке величины ресурсов;
 - б) оценки технологических показателей разработки на основе вероятностного распределения ресурсов;
 - в) прогнозирования возможных схем обустройства на основе добычных возможностей;
 - г) определения удельных стоимостных показателей затрат и расчет показателей экономической эффективности;
- 3) исследование влияния неопределенности величины ресурсов на экономическую эффективность при освоении перспективной площади;
- 4) обоснование критерия выбора предпочтительных объектов при проведении геологоразведочных работ.

Научная новизна

В диссертационной работе разработан и реализован алгоритм вероятностной оценки ресурсов и запасов углеводородов для прогнозируемых морских месторождений на ранней стадии изучения (с учетом погрешностей в определении подсчетных параметров). На его основе предложен способ расчета параметров разработки с учетом особенностей морского промысла.

Автором разработан алгоритм сравнительной экспресс-оценки альтернативных схем обустройства перспективных участков недр в условиях неопределенности исходных данных (применительно к объектам Арктического шельфа). Разработана методика вероятностных оценок параметров экономической эффективности разведки и освоения перспективных участков акваторий при низкой достоверности прогнозных базовых показателей.

В диссертационной работе разработан и обоснован критерий оценки эффективности геологоразведочных работ. На его основе предложен способ ранжирования лицензионных участков недр по параметрам экономической привлекательности с целью выбора приоритетных направлений дальнейших исследований по разведке.

Защищаемые положения

1. Способы и алгоритмы оценки ресурсов, прогнозируемых объемов и параметров добычи, учитывающие неопределенность в исходных данных.
2. Усовершенствованная методика технико-экономической оценки, позволяющая генерировать альтернативные варианты схем обустройства морского промысла, проводить оперативный расчет

экономической эффективности и на этой основе принимать управленческие решения.

3. Обоснован критерий оценки эффективности геологоразведочных работ для выбора наиболее предпочтительных перспективных участков недр при планировании геолого-геофизических исследований.

Практическая ценность

Результаты работы использованы при разработке:

- «Технико-экономических предложений по изучению и освоению участков недр континентального шельфа Российской Федерации, представляющих приоритетный интерес для восполнения запасов углеводородов ОАО «Газпром» (Карское и Баренцево моря);
- «Технико-экономические предложения по освоению Восточно-Тамбейского и Северо-Обского участков недр Обской губы, представляющих приоритетный интерес для восполнения сырьевой базы ОАО «Газпром»;
- «Технико-экономических предложений по освоению Блока Урумако I Боливарианской Республики Венесуэла».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы обсуждались на научно-практической конференции «Теория и практика оценки природных ресурсов (минеральных, водных, лесных, земельных и др.)» (Москва, 2007); IX международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2009); 11-й международной научно-практической конференции «ГЕОМОДЕЛЬ-2009» (Геленджик, 2009); научно-практической конференции «Проблемы развития газовой промышленности в Сибири 2010» (Тюмень, 2010); 12-й международной научно-практической конференции «ГЕОМОДЕЛЬ-2010» (Геленджик, 2010).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 2 в изданиях, включенных в «Перечень...» ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Текст работы изложен на 107 страницах и включает 37 рисунков и 8 таблиц. Список использованной литературы состоит из 54 наименований.

Благодарности

Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору физико-математических наук, профессору Ю.П. Ампилову за внимание и руководство при подготовке диссертационной работы. Автор признателен всему коллективу Лаборатории геолого-геофизического моделирования на шельфе за помощь и поддержку при подготовке данной работы. Также автор благодарит за ценные советы и консультации доктора экономических наук, профессора П.Б. Никитина, доктора технических наук, профессора М.Н. Мансурова, кандидата физико-математических наук П.П. Никитина, кандидата технических наук О.А. Корниенко.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** приводится общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследований, изложена научная новизна и практическая значимость работы, представлены защищаемые положения.

В **первой главе** рассматриваются результаты основных исследований, проводимых при технико-экономической оценке морских месторождений углеводородов.

Основным этапом при проведении таких работ является оценка запасов и ресурсов. На этапах поиска, разведки и эксплуатации могут применяться различные подходы к подсчету эффективного объема, занимаемого углеводородами. При рассмотрении месторождений на ранних стадиях изучения многими исследователями предлагается использовать метод вероятностной оценки запасов и ресурсов — метод Монте-Карло. Среди значимых исследований, посвященных этой теме, следует отметить работы Ю.П. Ампилова, А.А. Герта, Б.Е. Лухминского, В.И. Пороскуна, Г.И. Шепелова, P.R. Rose.

Следующим этапом при проведении технико-экономической оценки является прогнозирование показателей разработки. Автором выполнен анализ развития методов проектирования разработки. Большой вклад в изучение этого вопроса внесли такие ученые, как З.С. Алиев, К.С. Басниев, С.Н. Бузинов, Р.И. Вяхирев, А.И. Гриценко, С.Н. Закиров, Ю.П. Коротаев, А.П. Крылов, Л.Г. Кульпин. В настоящее время для решения задачи проектирования разработки широко используются компьютерные программные комплексы гидродинамического моделирования, а основой для использования этих пакетов служит детальная геологическая модель, построить которую на этапе поисково-оценочных работ не представляется возможным. Поэтому в условиях

слабой изученности для прогнозирования параметров разработки приходится возвращаться к классическим приближенным методам решения уравнений фильтрации.

В первой главе автором также рассмотрены характерные особенности и проблемы освоения углеводородных месторождений в суровых природно-климатических условиях. Ведь совместно с задачей по прогнозированию показателей разработки обосновываются схемы обустройства промысла. Среди значимых исследований по этому направлению — работы В.М. Глonti, С.А. Вершинина, А.Б. Золотухина, Д.А. Мирзоева, Б.А. Никитина.

Следует отметить, что на сегодняшний день разработка месторождений с запасами высоких категорий регулируется Регламентом на составление проектных документов по разработке морских нефтяных, газовых и нефтегазоконденсатных месторождений (СТО Газпром 2-3.7-320-2009). В то же время методические указания, относящиеся к оценке перспективных площадей, отсутствуют. Тем не менее, определяющим фактором при принятии решения о приобретении участка недр для разведки, а в дальнейшем разработки и освоения является экономическая эффективность, расчет которой обычными методами не учитывает высокую неопределенность в объемах ресурсов, параметров разработки и обустройства. Поэтому создание методик по оценке технико-технологических параметров, основанных на неопределенности ресурсов, является важной научно-технической проблемой, требующей комплексного решения.

Вторая глава посвящена созданию технологии прогнозирования показателей разработки на основе вероятностной оценки ресурсов газа.

В настоящее время все нефтегазовые компании стоят на пороге перехода на новую государственную классификацию запасов. В проекте этого документа предусмотрено определение величины запасов и ресурсов, в том числе, вероятностными методами. Такой подход в настоящее время уже применяется для определения величины запасов по классификациям SEC и PRMS, SPE. Это и явилось одной из основных причин выбора метода статистических испытаний Монте-Карло для решения задачи оценки ресурсов в рамках данной работы [4].

Основными преимуществами метода Монте-Карло, позволяющего моделировать процесс, на который влияют случайные факторы, являются:

- возможность учета неопределенностей входных параметров;
- в результате расчета можно получить не одно значение величины ресурсов, а ее распределение как случайного параметра;
- простая структура вычислительного алгоритма.

Один из подходов к вероятностной оценке геологических ресурсов полезных ископаемых предполагает использование в качестве входных параметров коэффициента перевода запасов в более высокие категории, коэффициента успешности геологоразведочных работ и коэффициента подтверждаемости ресурсов (В.И. Пороскун, А.А. Герт). В случае рассмотрения перспективных участков недр арктического шельфа (при низкой степени изученности) эти показатели не являются содержательными величинами и не могут быть обоснованы, так как этот регион считается неосвоенным, и набрать по нему статистически представительные данные для оценки указанных параметров не представляется возможным. Поэтому более логичным является использование геологических параметров, обоснованных аналогиями и допустимыми значениями.

При оценке прогнозируемого месторождения на начальной стадии изучения геологический риск определяется как вероятность того, что реальные геологические запасы окажутся ниже ожидаемого уровня. В большинстве зарубежных стран приняты пороги: вероятность 90 % — минимальная оценка (P90), вероятность 50 % — лучшая или базовая (P50), вероятность 10 % — максимальная (P10). При этом подсчетные параметры могут многократно меняться в результате переинтерпретации данных. Таким образом, желательно располагать технологией, позволяющей производить быструю переоценку при изменении любого из них с учетом вероятностного характера величины.

Входными данными алгоритма являются значения площади (S), мощности (h), коэффициентов пористости (K_{II}) и газонасыщенности (K_G), температуры (T) и давления (P), характерных для исследуемых глубин, а также значения погрешности их определения.

Далее с помощью генератора случайных чисел каждому независимому параметру присваивается произвольное значение, соответствующее заданному распределению. Разработанная автором программа позволяет выбрать тип распределения случайной величины: треугольное, нормальное и логнормальное. На данном этапе использованы наиболее распространенные типы, а в дальнейшем планируется увеличить их перечень и тем самым расширить возможности для оценки. Для построения распределения ресурсов перспективного объекта необходимо воспользоваться формулой для объемного метода: $Q_G = S \cdot h \cdot K_{II} \cdot K_H \cdot F \cdot (P_{нач} \cdot \alpha_{нач} - P_{кон} \cdot \alpha_{кон})$, где F — температурная поправка для приведения газа к стандартной температуре 20⁰С, $\alpha_{нач}$, $\alpha_{кон}$ — поправки на отклонение от закона Бойля–Мариотта.

Следующим этапом работы являлось прогнозирование показателей разработки на основе вероятностного распределения ресурсов [1, 3]. Расчет

технических параметров проводится, исходя из основных показателей неопределенности в оценке ресурсов P90, P50 и P10. Распространенным методом прогнозирования параметров разработки является модель «мгновенного дебита», которая позволяет приближенно оценивать динамику добычи в условиях недостаточной информации, но не учитывает ряд показателей, влияющих на дальнейшие оценки. Несмотря на это, метод «мгновенного дебита» считается достаточно эффективным для проведения экспресс-анализа (В.Н. Мартос, Г.И. Шепелев).

Особенностью задачи прогнозирования показателей разработки на морских площадях, решаемой в настоящей работе, является тесная взаимосвязь между проектированием собственно разработки и выбором схемы обустройства прогнозного месторождения. Так, например, морские объекты, как правило, разрабатываются горизонтальными скважинами, и их конструкция оказывает влияние на дебит. Кроме того, при прогнозировании разработки необходимо не только рассчитать возможное изменение годовых объемов добычи во времени, но и оценить изменения давлений для определения вариантов обустройства промысла. Для определения основных показателей разработки была выбрана модель «средней скважины» (С.Н. Закиров, Ю.П. Коротаев, Б.Б. Лапук), позволяющая учесть перечисленные факторы.

В настоящей работе применен метод прогнозирования, состоящий из трех этапов, соответствующих периодам добычи: нарастания, постоянного и падающего объемов. Рассмотрим по отдельности реализованный автором алгоритм расчета для каждого из этапов разработки.

Период нарастающей добычи

Дебит скважины на данном этапе принят постоянным $Q(t_k) = Const$.

Этот период характеризуется вводом новых эксплуатационных скважин $n(t_k)$ и линейным ростом годового отбора $Q_{год}(T_n) \cdot t_k / T_n$, $0 < t_k \leq T_n$ при условии, чтобы к T_n году достичь максимального значения $Q_{год}(T_n)$ (заданного разработчиком).

Пластовое давление залежи $P_{пл}(t_k)$ рассчитывается, исходя из годового отбора газа, по уравнению материального баланса.

Забойное давление $P_z(t_k)$ определяется из уравнения притока газа к скважине, а устьевое $P_y(t_k)$ — из уравнения движения газа по стволу наклонной скважины.

Период постоянной добычи

Дебит скважины в данный период принят константе $Q(t_k) = Const$.

Годовой отбор равен максимальному отбору газа в год $Q_{год}(t_k) = Const$.

Пластовое, устьевое и забойное давления залежи рассчитываются аналогично периоду с нарастающей добычей.

Этот этап разработки продолжается до тех пор, пока депрессия на пласт не превысит критического значения. В реализованном алгоритме предельное значение депрессии принято по умолчанию в интервале от 5 % до 10 % от среднего пластового давления.

При газовом режиме в период нарастающей и постоянной добычи $Q(t_k)$ считается известным, хотя это может быть обосновано только до величины коэффициента извлечения газа, не превышающего 60 %. Дальнейшее поддержание постоянного годового отбора приведет к увеличению количества скважин, что негативно скажется на эффективности проекта, поэтому снижение уровня неизбежно.

Период падающей добычи

При газовом режиме в этот период количество скважин остается постоянным.

Из уравнений материального баланса и притока газа к скважине следует:

$$t - t_k = \frac{a_{cp} v_n T_{cm} K_p}{2 \Delta P n(t) P_{am} T_{nl} K_s} \ln \frac{Q(t_k)}{Q(t)} + \frac{b_{cp} v_n T_{cm} K_p}{\Delta P n(t) P_{am} T_{nl} K_s} (Q(t_k) - Q(t)).$$

Здесь t_n — время, соответствующее концу периода постоянной добычи, v_n — начальный газонасыщенный объем, a_{cp} , b_{cp} — средневзвешенные коэффициенты фильтрационного сопротивления, K_p и K_s — коэффициенты резерва и эксплуатации скважин соответственно, $Q(t_n)$ — дебит проектной скважины в конце постоянной добычи газа при величине депрессии на пласт, равной $\Delta P = P_{nl}(t_n) - P_3(t_n)$.

Уравнение относительно величины $Q(t)$ решается численно методом Ньютона, осуществляющим поиск решения путем построения последовательных приближений. Итерационный алгоритм нахождения численного решения уравнения $f(x) = 0$ сводится к процедуре вычисления:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}.$$

Вычислив значения $Q(t_k)$ и зная число скважин $n(t_k)$, можно определить годовой объем добычи. Далее по известному $Q_{год}(t_k)$ из уравнения материального баланса находится средневзвешенное пластовое давление. Наконец, располагая значениями $P_{nl}(t_k)$ и $\Delta P(t_k)$, вычисляют забойное давление $P_3(t_k)$.

Таким образом, определяются все необходимые для прогноза технологические параметры разработки.

Предложенная автором методика расчетов успешно объединяет вероятностную оценку ресурсов и прогнозирование показателей добычи газа на ее основе. Такая совместная оценка позволяет наглядно продемонстрировать неопределенность в объемах добычи при возможной разработке перспективных объектов на ранних стадиях изучения с учетом неопределенностей геологических параметров.

В **третьей главе** описан метод генерирования вариантов обустройства и их сравнительный анализ на основе экономических критериев эффективности.

Особенности обустройства и освоения морских месторождений газа требуют особого подхода к решению широкого спектра задач: от выбора принципиальных схем разработки до применения специальных технических средств с учетом объема добываемой продукции. Когда речь идет о прогнозных месторождениях на ранних стадиях изучения, то необходимо помнить о том, что большинство параметров определено с низкой достоверностью, поэтому составление схем обустройства на основе таких данных не может быть выполнено без целого ряда допущений. Для того чтобы связать воедино всю цепочку от оценки ресурсов до определения экономической эффективности, было решено разработать технологию, с помощью которой стало бы возможным генерировать различные варианты сценариев обустройства промысла на основе прогнозных параметров разработки. Отметим, что для морских месторождений сценарии разработки и обустройства обычно проектируются совместно, однако, в настоящей работе с целью оптимизации логики технологической цепочки эти этапы были разделены.

Автором разработан метод, позволяющий генерировать возможные варианты обустройства промысла для шельфа Арктических морей, исходя из комбинации ряда параметров: показателей разработки (дебиты, давления и т.д.), гидрометеорологических (глубина моря, расстояние до берега), а также условий приема добытой продукции на берегу.

Основным при проектировании обустройства морского промысла является выбор типа конструкции морского нефтегазового сооружения (МНГС). Для прогнозирования вариантов были рассмотрены три вида освоения промысла: надводный, подводный и комбинированный [2, 3].

При организации надводного промысла, где все промысловые операции (бурение, добыча, подготовка, хранение, отгрузка и т.д.) выполняются на надводных площадках, по умолчанию рассматривается частичная подготовка газа и многофазный способ транспортировки газа на берег.

Предлагаемая автором технология создания сценариев обустройства предусматривает выбор комплексов, размещаемых на платформе: жилой, буровой, эксплуатационный, энергетический и компрессорный. От наличия или отсутствия этих комплексов будет зависеть металлоемкость и стоимость конструкции МНГС. Разработанное программное приложение, помимо основного морского нефтегазового сооружения, позволяет выбрать вспомогательные миниплатформы или так называемые ледостойкие блок-кондукторы (ЛБК), а также определить количество скважин в кусте.

Подводный способ освоения морских месторождений газа характеризуется заканчиванием устьев скважин и размещением объектов добычи, сбора, подготовки и транспорта нефти и газа непосредственно на дне моря либо плавучем, либо стационарном основании. При таком способе обустройства различные сценарии подразумевают выбор типа подводного добычного комплекса (ПДК) и определения количества скважин в кусте.

При разработке морских нефтегазовых месторождений на практике, как правило, сравнительно редко применяют только один из перечисленных выше методов. Обычно используют комбинированный способ сооружения морского промысла. Такой тип также предусмотрен в разработанной автором методике по генерированию вариантов обустройства: интерфейс соответствующего программного приложения позволяет выбрать тип платформы, количество скважин в ПДК и возможность использования сателлитных скважин.

Предложенный алгоритм на основе данных по разработке (устьевых давлений) позволяет рассчитать необходимую величину начального давления для транспортировки углеводородов на берег при заданных требованиях (конечное давление, диаметр и протяженность трубопровода), а также необходимое количество рабочих и резервных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) из условия использования ГПА единичной мощности, которую может задавать пользователь.

Таким образом, воспользовавшись разработанным методом, можно генерировать варианты обустройства для разных типов освоения морского месторождения (рис. 1), варьируя следующие параметры:

- типы стационарного сооружения, предусмотренные для данного региона и заданных условий;
- перечень комплексов (жилой, буровой, компрессионный) и типы оборудования на стационарном сооружении (ГПА разных мощностей);

- тип ЛБК (количеству скважин в одном ЛБК);
- типы добычного комплекса (куст скважин, куст скважин со сборным манифольдом);
- количество скважин в одном ПДК.

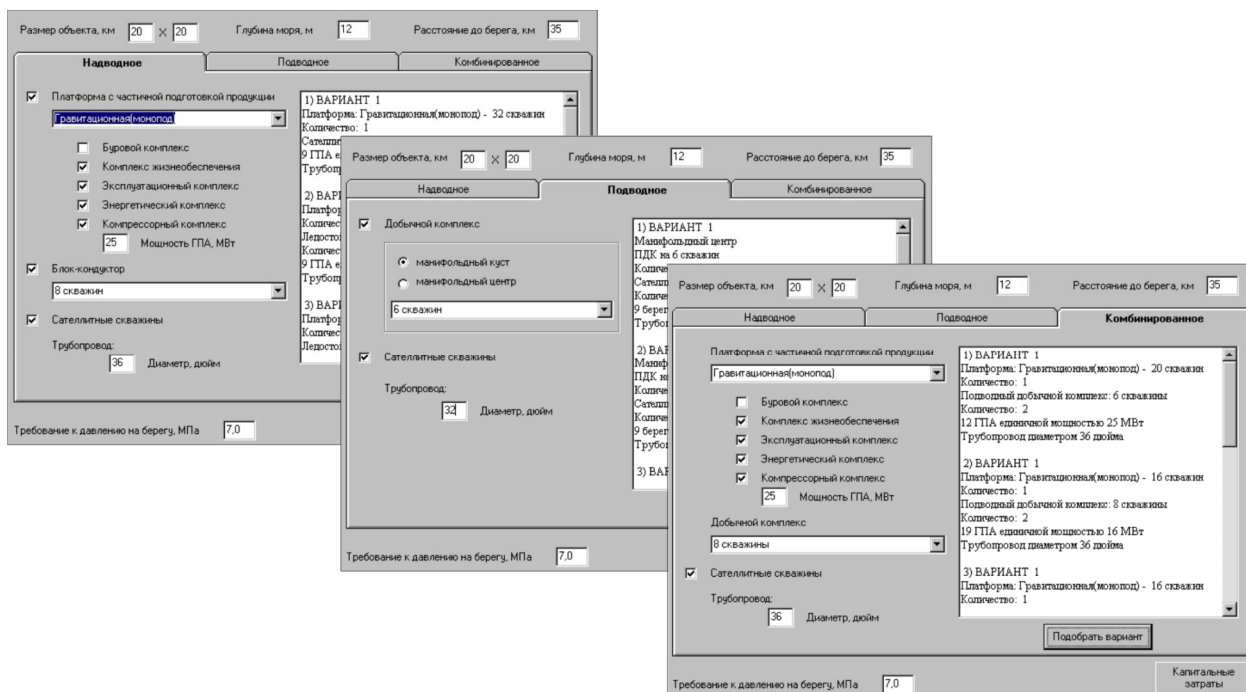


Рисунок 1 — Возможности для генерирования вариантов для надводного, подводного и комбинированного обустройства

Среди многообразия вариантов обустройства необходимо выбрать наиболее привлекательный с точки зрения вложения средств. Для этого необходимо провести экспресс-оценку на основе экономических критериев, которая будет отражать соотношение затрат и результатов применительно к рассматриваемым технологическим вариантам. Таким образом, для оценки экономической эффективности нужно определить капитальные и эксплуатационные затраты каждого из вариантов.

Для оценки капитальных затрат на разработку месторождений используется широко применяемый в мировой практике программный продукт QUESTOR. Так как с помощью разработанного метода при оценке месторождения генерируется большое количество вариантов, использование QUESTOR будет подразумевать проведение множества однотипных расчетов, что с практической точки зрения весьма затруднительно и занимает большое количество времени. Поэтому для оптимизации процесса вычисления при определении основных статей затрат было решено основываться на усредненных показателях, которые будут зависеть от производительности и

мощности оборудования, количества скважин в кусте, расстояния до берега и др.

Для определения таких усредненных параметров автором был проведен анализ стоимостных показателей объектов промысла. Для этого, с помощью программного продукта QUESTOR был выполнен ряд расчетов для модельных объектов (платформ, ПДК, ЛБК и т.д.) с учетом региона исследований (Обская и Тазовская губы), т.к. для различных морей и областей земного шара данные будут отличаться. По полученным результатам были построены графики зависимостей стоимости промысловых компонент от различных факторов: для платформы — от производительности, необходимых комплексов для функционирования промысла, количества скважин, глубины моря; для трубопроводов — от протяженности и диаметра и т.д.

При оценке вариантов разработки эксплуатационные затраты могут быть определены по видам расходов на обслуживание скважин, сбор, технологическую подготовку и транспорт продукции, капитальный ремонт и амортизацию оборудования.

Разработанный метод экспресс-оценки перспективных объектов с низкой степенью изученности основан на вероятностном распределении ресурсов, поэтому в качестве критерия для выбора наилучшего варианта при принятии управленческих решений разумно использовать параметр, не зависящий от стоимости сырья и налоговых ставок. Основными показателями эффективности являются чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности (ИД) [7]. В безналоговом режиме эти величины будут характеризовать максимальную потенциальную доходность объекта как такового на текущий момент времени. Для того чтобы избежать использования ценовых характеристик, предложено применять Индекс

затрат (ИЗ):
$$ИЗ = \frac{\sum_{i=1}^T \frac{K_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^T \frac{V_i^{доб}}{(1+r)^i}}$$

Данный параметр представляет собой отношение дисконтированных затрат (K_i) к дисконтированной добыче ($V_i^{доб}$). Он показывает тот объем затрат, которые пришлось бы понести сегодня на единицу добытой продукции, если одновременно извлечь все запасы и произвести все затраты.

Реализованные автором алгоритмы позволяют генерировать различные варианты обустройства промысла с учетом технико-технологических

параметров. А также на основании экспериментально полученных зависимостей стоимости объектов и оборудования на промысле проводить оперативную оценку экономической эффективности и на этой основе принимать управленческие решения.

В четвертой главе описано применение разработанных способов и алгоритмов для оценки параметров экономической эффективности разведки и освоения морского прогнозируемого месторождения газа на ранней степени изученности.

С помощью «дерева вероятностей» наглядно продемонстрированы возможности и эффективность программного приложения при рассмотрении перспектив участка недр в условиях неопределенности технико-экономических параметров.

Рассмотрен перспективный для разведки участок, представляющий собой залежь массивного типа, для которого определены средние значения подсчетных параметров на основе аналогов и региональных геофизических исследований.

Для каждого из исходных подсчетных параметров выбран нормальный закон распределения для моделирования. Расчет распределения величины ресурсов выполнен с использованием разработанного автором программного продукта. В результате оценки (рис. 2) определено, что с вероятностью 90 % ресурсы газа превысят величину 157,2 млрд м³, с вероятностью 50 % ресурсы газа превысят величину 304,3 млрд м³, а с вероятностью 10 % — 511,8 млрд м³.

На следующем этапе в программный модуль по прогнозированию показателей разработки передаются необходимые исходные данные и результаты по моделированию объемов газа. Здесь, в зависимости от величины ресурсов, предлагается выбрать или определить самостоятельно параметры для дальнейшего расчета: дебит скважин, конструкцию, коэффициенты фильтрационного сопротивления. В данном примере для различных величин дебитов были оценены показатели добычи на основании результатов вероятностной оценки ресурсов (рис. 3).

Для каждого из вариантов прогноза добычных возможностей залежи было сгенерировано три варианта обустройства: надводный, подводный и комбинированный. Дополнительными условиями для определения объектов промысла были: расстояние до берега, глубина моря, необходимое давление на берегу, мощность единичного газоперекачивающего агрегата и диаметр трубопровода.

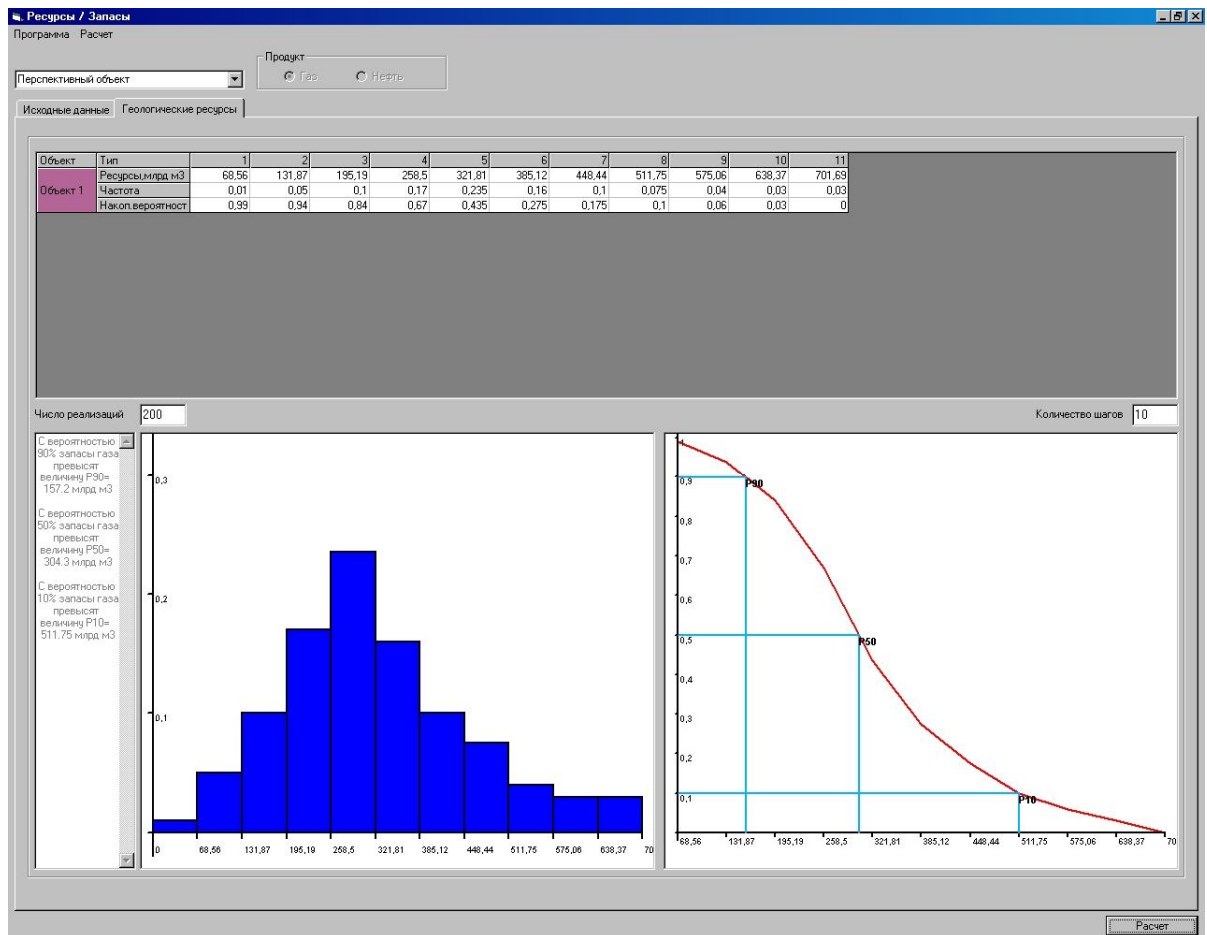


Рисунок 2 — Результат вероятностной оценки ресурсов

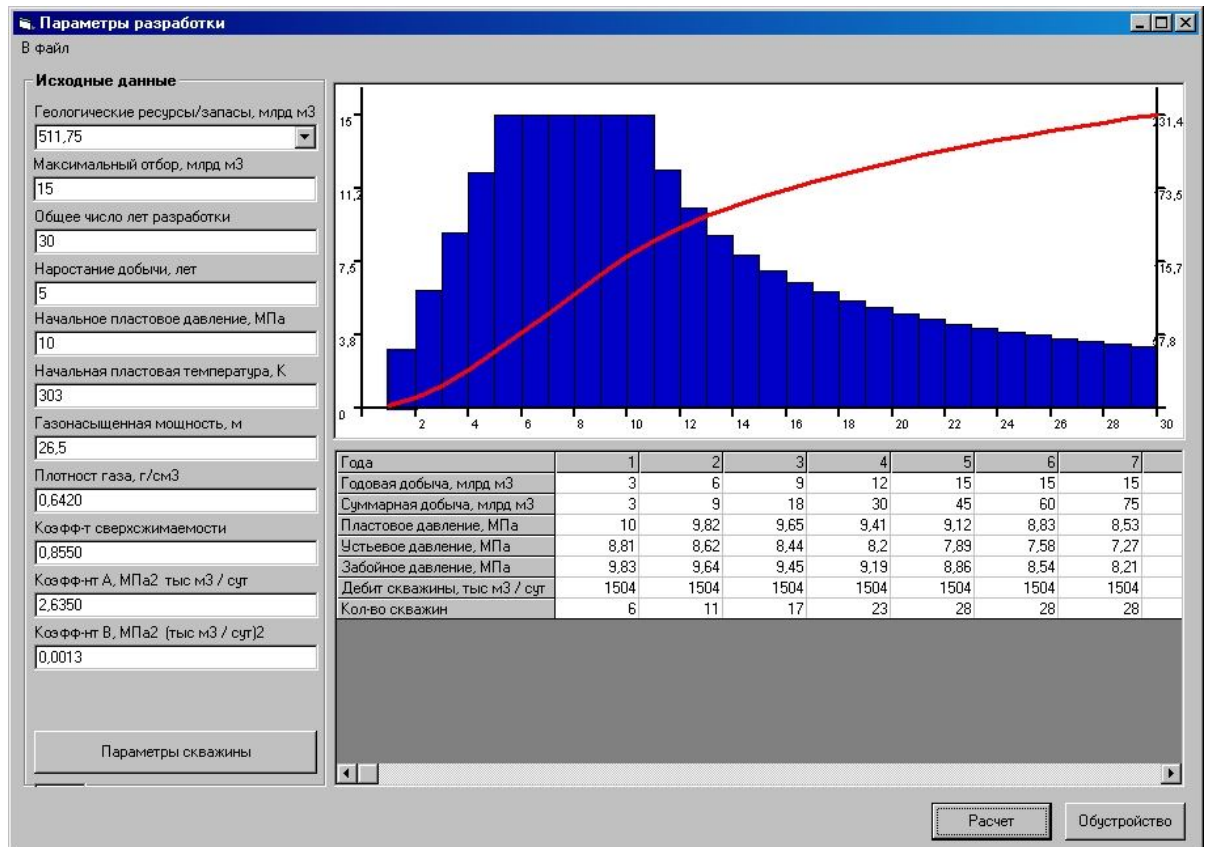


Рисунок 3 — Прогнозирование добычных возможностей

Оценка капитальных затрат на проектирование, изготовление и установку для каждого из объектов промысла была определена по зависимостям, полученным экспериментальным путем.

Для каждого варианта были рассчитаны Индекс затратности, а также показатели экономической эффективности ЧДД и ВНД, при условии безналогового режима и заданной стоимости продукции на промысле.

Для построения «дерева вероятностей» на каждом из этапов работ были заданы экспертные оценки по реализации того или иного варианта. Было задано, что возможность принятия какого-либо решения по разработке и обустройству равновероятна. Далее была вычислена величина совместной вероятности, которая является основой при построении графиков накопленной вероятности для Индекса затратности и обратной интегральной вероятности для ЧДД.

Используя график накопленной вероятности (рис. 4), инвестор может принимать решения, основываясь на величине средств, которую он может потратить на добычу. Таким образом, отмечая на оси ординат значения вероятностей 0,9, 0,5 и 0,1, на оси абсцисс найдем соответствующие величины

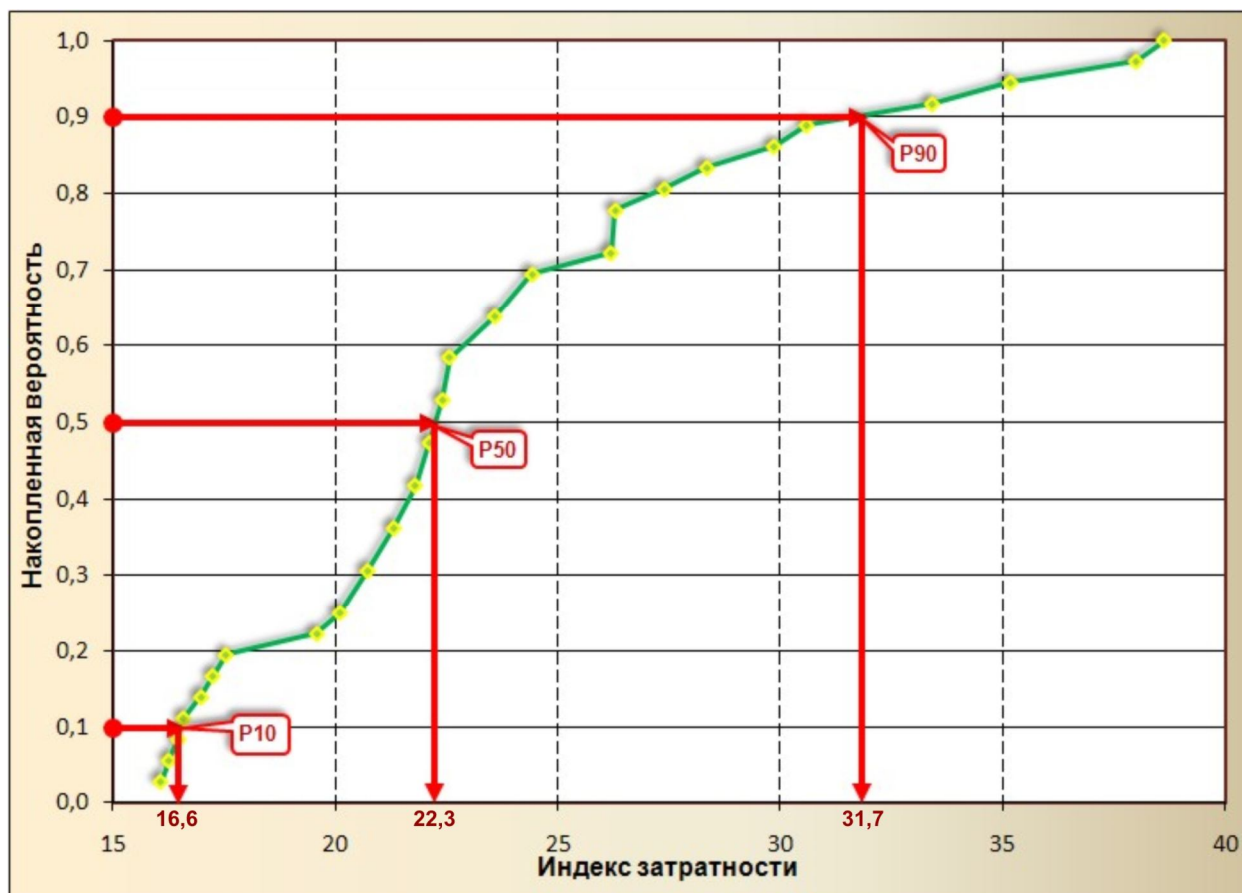


Рисунок 4 — График накопленной вероятности для Индекса затратности

оценок Индекса затрат, которые составят: $P90 \approx 16,6$; $P50 \approx 22,3$; $P10 \approx 31,7$. Если же недропользователь готов отдать до 20 у.е. на добычу 1 тыс. м³ газа, то данный проект для него будет очень рискованным, так как Индекс затратности не превысит заданную сумму с вероятностью всего 24 %.

Так как для большинства специалистов стандартные показатели эффективности ЧДД и ВНД привычны и понятны, то они тоже были рассмотрены для сравнения и большей информативности результатов (рис. 5).

На основании полученных оценок можно говорить о том, что с вероятностью 90 % ЧДД от обустройства и разработки месторождения будет отрицателен и равен -438,2 млн у.е., т.е. не принесет прибыли. Доходы от реализации проекта по освоению с вероятностью 50 % превысят величину в 168 млн у.е., а с вероятностью 10 % — могут быть больше 810,4 млн у.е. Данный график позволяет определить еще одну важную величину — общий риск проекта, который составляет 30 %.

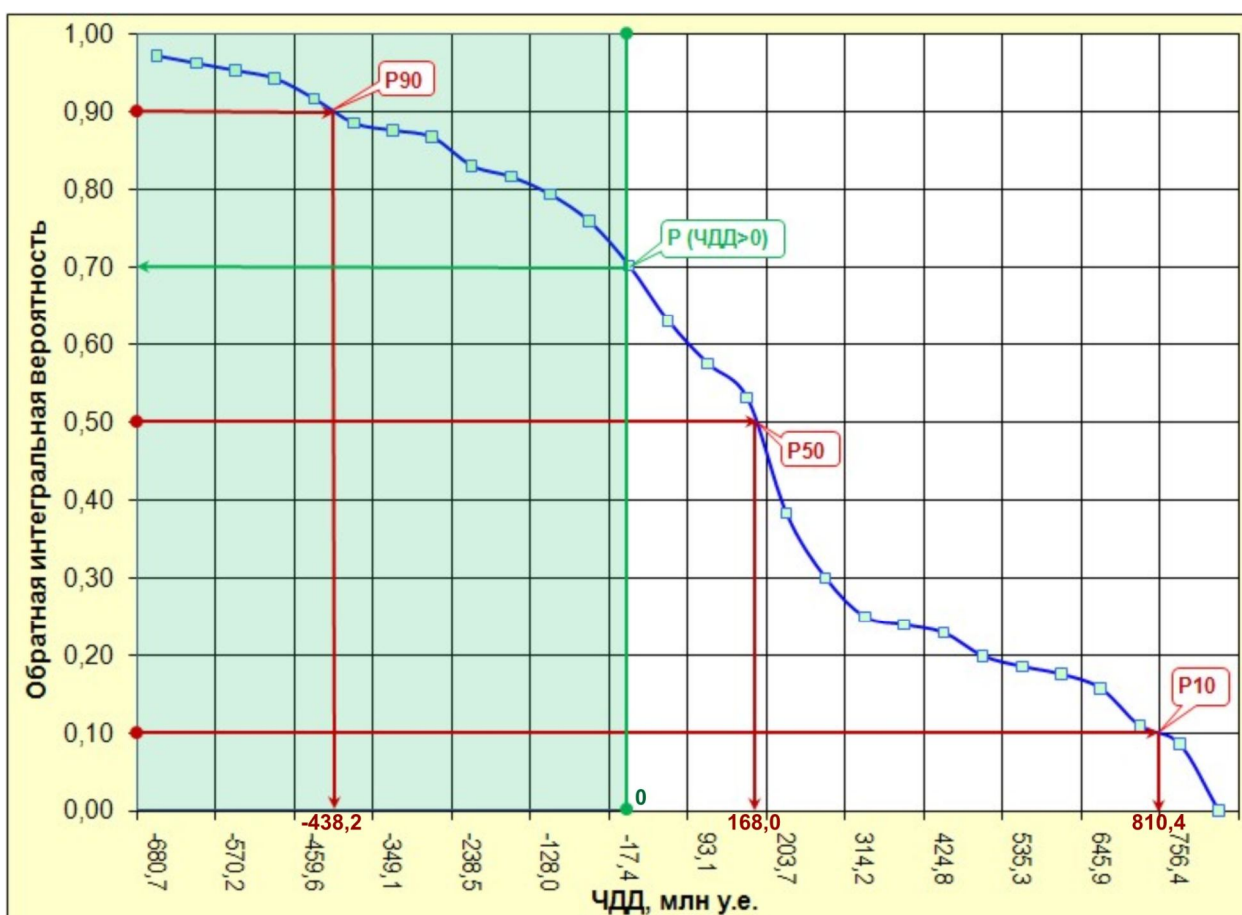


Рисунок 5 — Обратное интегральное распределение для показателя ЧДД

Данная методика может использоваться менеджером проекта для принятия решения о приобретении участка недр для дальнейших работ по разведке и разработке. В зависимости от степени риска, которую может

позволить себе предприятие, по графику на рис. 5 определяется величина дохода, возможная при реализации проекта с учетом вероятностной оценки ресурсов.

Таким образом, на практическом примере проиллюстрировано влияние неопределенности величины ресурсов на экономическую привлекательность проекта по освоению перспективного месторождения. Предлагаемая методика вероятностных оценок параметров экономической эффективности разведки и освоения перспективных участков акваторий при низкой достоверности прогнозных базовых показателей может использоваться для принятия управленческих решений при выборе предпочтительных лицензионных участков для разведки.

Пятая глава посвящена разработке критерия для определения эффективности проведения геологоразведочных работ (ГРР), в качестве которого предложен показатель, названный «геологоразведочной маржей».

При планировании проведения ГРР в новом регионе или на лицензионном участке необходимо руководствоваться не только возможными объемами прироста запасов, но и эффективностью будущего проекта в целом. Ведь немалую роль в дальнейшей реализации планов по освоению играет заинтересованность инвестора.

Из анализа существующих проектов по разведке месторождений видно, что увеличение запасов не всегда приводит к повышению эффективности проекта, а иногда даже уменьшает ее в результате того, что ожидаемые доходы, приведенные к текущему моменту методом дисконтирования, не компенсируют затраты на ГРР.

Для того чтобы учитывать этот факт, был разработан дополнительный показатель эффективности ГРР [5, 6] – геологоразведочная маржа (М):

$$M = ЧДД_1 - ЧДД_0,$$

где $ЧДД_1$, $ЧДД_0$ – чистый дисконтированный доход инвестиционных проектов соответственно после и до проведения доразведки. Он показывает, насколько увеличится стоимостная оценка разведочного актива (месторождения, лицензионного участка, компании в целом) в результате успешного проведения ГРР и достигнутого прироста запасов.

Из определения вытекают следующие выводы:

- $M < 0$, геологоразведка является убыточной;
- $M \approx 0$, любое решение инвестора;
- $M > 0$, геологоразведка увеличит стоимость разведочных активов инвестора.

Таким образом, геологическую маржу можно использовать при выборе наиболее предпочтительного участка для проведения работ по разведке.

В развитие показателя «геологоразведочная маржа» можно ввести понятие удельной маржи, разделив ее на сумму, вложенную в дополнительную геологоразведку C_0 . Для упрощенных оценок допустим, что увеличение запасов в k раз в результате ГРП (по сравнению с уже разведанными) приведет к росту затрат на их освоение в это же количество раз. Тогда удельное значение геологической маржи $M^{уд}$:

$$M^{уд} = \frac{ЧДД_1 - ЧДД_0}{C_0} = \frac{-C_0 + kЧЧД_0 - ЧДД_0}{C_0} = (k-1) \frac{ЧЧД_0}{C_0} - 1.$$

$M^{уд}$ равно удельному приросту денежной оценки разведочного актива, т.е. росту чистого дисконтированного дохода на рубль затрат в геологоразведку. И по этому показателю, как и по ряду других параметров, недропользователь может ранжировать конкурирующие объекты для проведения ГРП в условиях ограниченности финансирования на эти цели [8].

Показатель «геологоразведочная маржа» может являться еще одним критерием для оценки эффективности геологоразведочных работ, а также для ранжирования объектов с целью выбора наиболее предпочтительных из них при планировании ГРП.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Существующие методы оценки технико-экономических показателей хорошо зарекомендовали себя для месторождений с высокой степенью разведанности, но их применение для случая малоисследованных (перспективных) участков недр осложнено большой степенью неопределенности.

2. В диссертационной работе автором разработаны и реализованы способы и методы оценки прогнозных морских месторождений на ранних стадиях изучения:

- вероятностной оценки ресурсов, позволяющие учесть неопределенности в подсчетных параметрах;
- прогнозирования показателей разработки, зависящих от вероятностного распределения ресурсов;
- генерирования нескольких сценариев обустройства с учетом показателей разработки и региональных факторов;
- расчета капитальных вложений при освоении морского месторождения газа на основании удельных показателей затрат.

Предложенные автором методики и алгоритмы легли в основу программного приложения, реализованного на языке объектно-ориентированного программирования Visual Basic 6.0.

3. Предложен метод принятия решения об экономической целесообразности постановки дальнейшего ведения работ по разведке и разработке, основанный на оценке неопределенности исходных данных и вероятностном характере показателей эффективности.

4. Разработан дополнительный критерий оценки эффективности геологоразведочных работ, который может быть использован при планировании ГРП.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Лапо А.В. Особенности экономической оценки ресурсов углеводородного сырья для объектов континентального шельфа с учетом неопределенностей / Лапо А.В., Ампилов Ю.П. // Теория и практика оценки природных ресурсов (минеральных, водных, лесных, земельных и др.: Материалы научно-прак. конф. г. Москва 30.10.2007. — Новосибирск, СНИИГГиМС, 2007. — С. 79.
2. Лапо А.В. Особенности экономической оценки ресурсов морских объектов углеводородного сырья с учетом ряда неопределенностей / Лапо А.В., Ампилов Ю.П. // Сборник научных трудов: Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы. — М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. — С. 52–64.
3. Лапо А.В. Комплексная оценка технико-экономических рисков на примере перспективных объектов морского шельфа // Новые идеи в науках о Земле: материалы IX Международной конференции. г. Москва 14.04.2009. — Москва, РГГРУ, 2009. — С. 147.
4. Лапо А.В. Опыт подсчета запасов газа по новой классификации для морского месторождения / Лапо А.В., Штейн Я.И. // Геомодель–2009: материалы 11-й научно-практической конференции г. Геленджик 07.09.2009. ISBN 978-5-88942-086-6.
5. Лапо А.В. Геологоразведочная маржа как показатель экономической эффективности геологоразведочных работ / Лапо А.В., Ампилов Ю.П. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2009. — № 6 — С. 20 – 24.
6. Лапо А.В. Использование показателя «маржа» для определения инвестиционной привлекательности объекта при проведении

геологоразведочных работ / Лапо А.В., Ампилов Ю.П. // Проблемы развития газовой промышленности в Сибири 2010: материалы научно-практической конференции г. Тюмень 17.05.2010. — Тюмень, ООО «ТюменьГИИГипрогаз», 2010. — С. 277–278.

7. Лапо А.В. Анализ геолого-экономических показателей, применяемых при оценке эффективности разведки и освоения участков недр / Лапо А.В., Ампилов Ю.П.// Минеральные ресурсы России. Экономика и управление — 2010. — № 5. — С. 29–34.
8. Лапо А.В. Определение эффективности геологоразведочных работ с помощью показателя «маржа» / Лапо А.В., Ампилов Ю.П. // Геомодель–2010: материалы 12-й научно-практической конференции г. Геленджик 13.09.2010. ISBN 978-5-88942-097-2.
9. Лапо А.В. Оценка эффективности проведения геологоразведочных работ при освоении месторождений // Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток: материалы III международной научно-практической конференции г. Москва, 14.10.2010. — Москва, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2010. — С. 82.

Подписано к печати 01 апреля 2011 г.

Заказ № 6036

Тираж 100 экз.

Объем 1 уч-изд. л. Ф-т 60x84/16

Отпечатано в ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
Московская область, Ленинский р-н, п. Развилка,