

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2018

УДК 553.98.003.1:004.9

Меткин Д.М., Медведева Л.В.Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «EVA» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МАЛОИЗУЧЕННЫХ НЕФТЯНЫХ ОБЪЕКТОВ

Изложен методический подход к проведению геолого-экономической оценки прогнозируемых нефтяных объектов малоизученных территорий на предынвестиционном этапе, который заложен в программном комплексе «EVA», разработанном специалистами ООО «ЭДС плюс» при участии АО «ВНИГРИ».

Рассмотрены возможности двух блоков программного комплекса «EVA» - «EVA-анализ рисков» и «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений». Описаны алгоритм проведения вероятностной оценки ресурсов нефти прогнозируемых объектов с учетом геологического риска, методы расчета технологических и экономических показателей освоения таких объектов, а также способы оценки возможных инвестиционных рисков и принципы решения обратных задач экономической оценки.

Представлены результаты расчетов на примере малоизученного района севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции с оценкой геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ и определением очередности изучения и ввода в промышленное освоение прогнозируемых нефтяных объектов.

Ключевые слова: нефтяной объект, программный комплекс «EVA», геолого-экономическая оценка, вероятностная оценка ресурсов нефти, эффективность геологоразведочных работ.

Принятию любого инвестиционного решения по выбору объектов проведения поисково-разведочных работ и последующего их освоения предшествует предынвестиционный этап, который включает анализ имеющейся геологической и геофизической информации об исследуемом регионе, а также проведение технико-экономических расчетов, подтверждающих инвестиционную привлекательность прогнозируемых месторождений.

Оценка экономической целесообразности изучения и вовлечения в освоение новых малоизученных объектов в современных рыночных условиях является ключевым моментом, поскольку инвестор рискует значительным объемом капитала и нуждается в более полной информации о возможных вариантах реализации инвестиционного проекта. В связи с этим, в условиях низкой геологической изученности региона требуется переход от детерминированной оценки ресурсов прогнозируемых нефтегазовых объектов, которая использовалась многие годы в отечественной практике, к их вероятностной оценке.

При этом оценка экономической эффективности изучения и освоения прогнозируемых нефтяных объектов малоизученных территорий должна проводиться для каждого варианта подтверждаемости объема их ресурсного потенциала, полученного с использованием вероятностных расчетов. Данный подход позволит инвестору получить более полную картину степени инвестиционной привлекательности всех оцениваемых объектов и принять обоснованное решение о целесообразности их геологического изучения и последующего ввода в промышленный оборот с учетом возможных геологических и инвестиционных рисков (рис. 1).

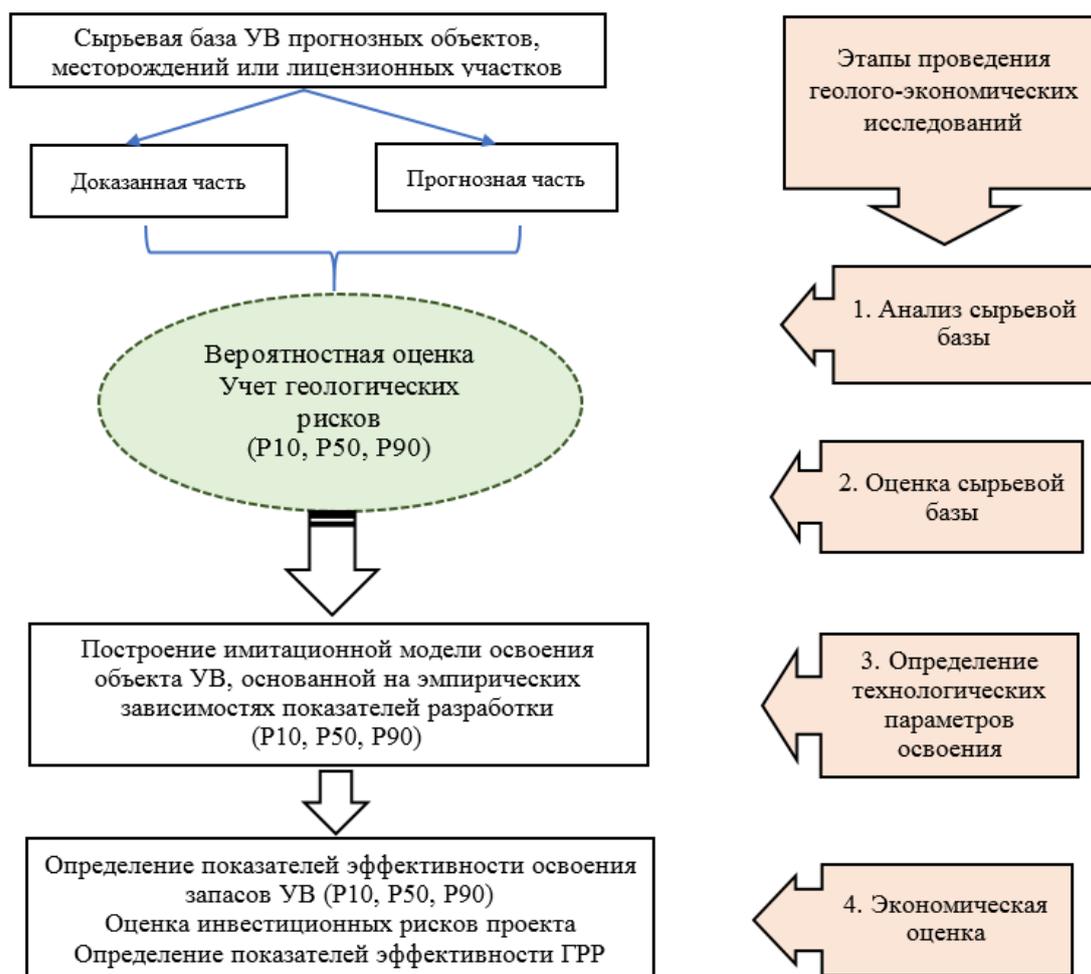


Рис. 1. Концептуальная схема проведения геолого-экономических исследований для малоизученных территорий на предынвестиционной стадии

Данный подход, основанный на использовании вероятностных геологических характеристик прогнозируемых объектов и наиболее полном учете возможных инвестиционных рисков, реализован в программном комплексе «EVA», разработанном совместно специалистами ООО «ЭДС плюс» при участии АО «ВНИГРИ».

Ниже рассмотрен подробно заложенный в этом программном комплексе алгоритм решения геолого-экономических задач.

Процесс геолого-экономической оценки прогнозируемых объектов условно можно разделить на 4 этапа (см. рис. 1).

На первом этапе исследований проводится анализ сырьевой базы территории, перспективной для лицензирования, выделяются её доказанная и прогнозная части. Затем выполняется количественная оценка углеводородных (УВ) объектов, основанная на имеющейся фактической информации, а в случае её недостатка или отсутствия подсчетные параметры, необходимые для расчетов, определяются на основе сведений об объектах-аналогах.

На втором этапе геолого-экономических исследований проводится количественная оценка сырьевой базы УВ объектов перспективной территории с учетом геологического риска [Ампилов, 2011]. Основным геологический риск связан с вероятностью подтверждения прогнозируемых залежей УВ и величиной их УВ потенциала. Для проведения вероятностной оценки ресурсов используется метод математического моделирования Монте-Карло. При этом инструментом для выполнения расчетов может служить блок программы «EVA-анализ рисков» [Демидкина, 2014; Герт и др., 2010].

В основу программного средства заложен объемный метод оценки величины извлекаемых прогнозных ресурсов УВ (формула 1) [Методическое руководство..., 2000; Методические рекомендации..., 2016], заключающийся в учете основных подсчетных параметров (площадь, мощность, коэффициент пористости, коэффициент нефтенасыщенности, пересчетный коэффициент, коэффициент извлечения нефти). Дополнительно в эту формулу можно ввести коэффициент заполнения ловушки по площади и мощности для уточнения объема извлекаемых ресурсов.

$$Q_n = S \cdot h \cdot K_{пор} \cdot K_n \cdot \rho \cdot K_{пер} \cdot K_{ИН} \quad (1),$$

где Q_n – извлекаемые ресурсы нефти, млн. т; S - площадь залежи, км²; h - эффективная мощность, м; $K_{пор}$ - коэффициент открытой пористости, д. ед.; K_n – коэффициент нефтенасыщенности, д. ед.; ρ - плотность нефти, т/м³; $K_{пер}$ – пересчетный коэффициент, д. ед.; $K_{ИН}$ – коэффициент извлечения нефти, д. ед.

В программе каждый из перечисленных параметров является варьируемым. Для проведения вероятностной оценки извлекаемых ресурсов, необходимо на основе имеющейся геофизической и геологической информации определить базовые, минимальные и максимальные значения применяемых геологических параметров и задать тип их распределения [Сафаров, 2016].

В результате вероятностных расчетов определяются:

- минимальные ресурсы (P90) – объем нефти, который может быть извлечен из недр с

высокой степенью вероятности 90%;

- вероятные ресурсы (P50) – наиболее вероятный объем нефти (вероятность подтверждения сырьевого потенциала 50%);
- максимальные ресурсы (P10) – объем нефти, который может быть извлечен из недр с вероятностью всего 10%.

Достоверность и надежность вероятностной оценки зависят от обоснованности значений принятых параметров. Количество итераций подсчетных параметров методом Монте-Карло в ПК «Eva – анализ рисков» может достигать 3000. Пример расчета представлен на рис. 2.

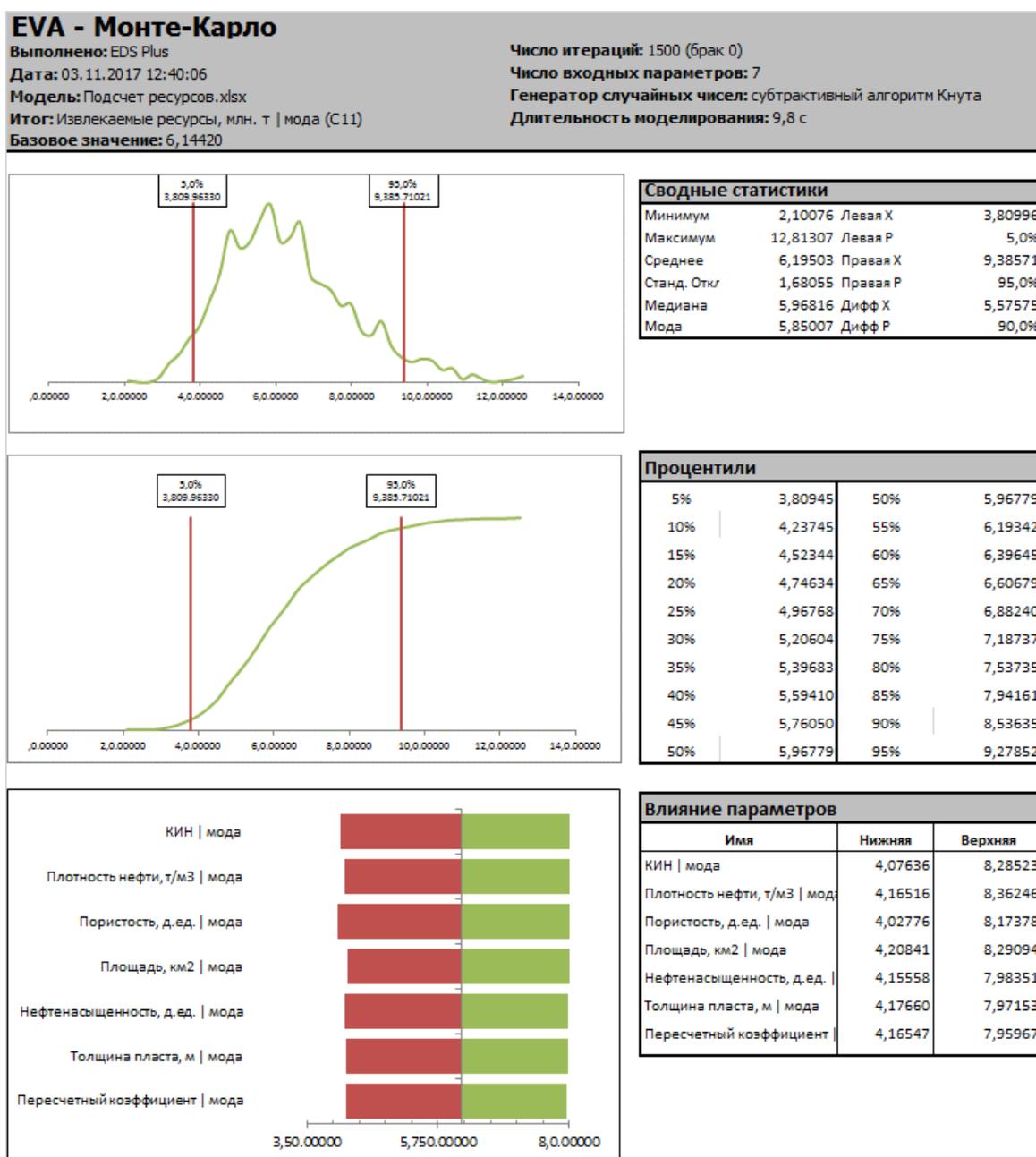


Рис. 2. Пример вероятностной оценки ресурсов нефти прогнозируемого объекта с использованием программы «Eva – анализ рисков»

На третьем этапе исследований проводится определение технологических параметров освоения для каждого расчетного объекта с различной подтверждаемостью ресурсов P(10), P(50) и P(90): определяются варианты разработки, рассчитываются их показатели в динамике по каждому из вариантов (добыча основной и попутной продукции, ввод и движение фонда скважин, дебит добывающих скважин, объемы эксплуатационного бурения).

Оценка технологических показателей разработки прогнозируемых объектов осуществляется с использованием программного комплекса «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений».

Детальность расчетов технологических показателей зависит от степени достоверности имеющейся геологической информации. Состав исходных параметров для расчета технологических вариантов разработки залежей УВ сырья зависит от применяемого алгоритма и включает данные о запасах нефти, глубине залегания, коллекторских свойствах пласта и прочие.

Определение технологических показателей разработки малоизученных объектов может проводиться на основе агрегированных имитационных моделей, позволяющих учесть недостаток необходимой исходной информации и ее высокую неопределенность.

Для расчета технологических показателей разработки нефтяного объекта в технологическом блоке «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений» применяется имитационная модель, основанная на использовании эмпирических зависимостей показателей разработки от задаваемых геолого-промысловых параметров объекта, а также ряда параметров, характеризующих изменение добычи в процессе эксплуатации. Алгоритм составлен на основе методики определения технологических показателей нефтедобычи в условиях ограниченной информации. Методика скорректирована в соответствии с особенностями используемого программного комплекса. Для составления алгоритма привлечена справочная и статистическая информация, касающаяся разработки нефтяных месторождений.

В результате расчетов для каждого года разработки определяются следующие выходные показатели: объем добычи нефти, попутного газа и жидкости; накопленная добыча нефти; общий отбор начальных извлекаемых запасов нефти; дебит эксплуатационных скважин по нефти и по жидкости; фонд добывающих и нагнетательных скважин; объем закачки воды; обводненность продукции; объем эксплуатационного бурения.

На четвертом этапе геолого-экономических исследований проводится непосредственно экономическая оценка всех прогнозируемых объектов с различной величиной подтверждаемости ресурсов P(10), P(50) и P(90) с использованием

экономического блока программы «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений».

Экономический блок данного программного комплекса основан на разработанной специалистами АО «ВНИГРИ» методике. Порядок расчета показателей экономической оценки приведен на рис. 3.

Расчеты затрат на освоение базируются на специализированной информационно-нормативной базе, подготовленной путем сбора и статистической обработки исходной информации, включающей существующие проектные данные нефтегазодобывающих компаний, материалы статистических сборников и публикаций. Информационно-нормативная база состоит из блоков, содержащих нормативы затрат на геологоразведочные работы (ГРР), разработку месторождений, транспортировку нефти и газа и макроэкономических показателей (цены, налоги, платежи). Объемы ГРР, необходимые для подготовки запасов, и затраты на их проведение рассчитываются по каждому объекту оценки.

Капитальные вложения и текущие издержки на добычу и транспорт УВ определяются на основе укрупненных статей расходов в соответствии с выбранными технологическими вариантами разработки нефтегазовых объектов.

При расчетах показателей экономической оценки учитываются условия налогообложения: состав налогов, ставки налогов и платежей и методы их исчисления, установленные законодательством Российской Федерации, налоговые льготы, предусмотренные Налоговым Кодексом РФ.

Расчет показателей экономической оценки проводится как за проектный, так и за рентабельный период добычи, под которым понимается временной интервал от начала работ до момента, когда текущий чистый доход по объекту становится отрицательным.

На основе технико-экономических расчетов, помимо затрат на ГРР, капитальных и эксплуатационных затрат на освоение и транспорт сырья до потребителей, определяются основные показатели экономической эффективности освоения: чистый доход (ЧД) и чистый дисконтированный доход (ЧДД); внутренняя норма рентабельности (ВНР); срок окупаемости капитальных вложений; индекс доходности инвестиций; индекс доходности затрат.

С учетом полученных показателей экономической оценки для определения очередности ввода в геологическое изучение и последующее освоение прогнозируемых объектов рассчитываются показатели геологической и экономической эффективности ГРР. При этом геологическая эффективность определяется на основе показателя прироста запасов на метр поискового бурения, экономическая – величины удельного ЧДД на единицу рентабельных запасов.



Рис. 3. Принципиальная схема расчета показателей экономической оценки прогнозируемого нефтяного объекта

Геологическое изучение следует в первую очередь начинать на объектах, которые могут обеспечить наибольший прирост запасов в расчете на метр поискового бурения; ввод в промышленное освоение имеет смысл осуществлять с объектов, обеспечивающих наивысшее значение показателя удельного ЧДД. При этом следует учитывать связанность объектов по системе разработки и транспортным возможностям.

На завершающем этапе экономической оценки в целях принятия объективных управленческих решений проводится учет инвестиционных рисков. Методы учета инвестиционных рисков, заложенные в программу «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений», и исходные параметры для их оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Методы учета инвестиционных рисков при проведении экономической оценки малоизученных территорий перспективного лицензирования

Методы оценки рисков		
Введение надбавки за риск к базовой ставке дисконтирования	Анализ устойчивости экономической оценки	Анализ сценарных подходов
Исходные данные для расчета		
Увеличение базовой нормы дисконта в зависимости от степени изученности объектов и географического расположения региона.	Изменении значений приведенных ниже показателей на 10, 20 и 30% в сторону уменьшения или увеличения: - объем ресурсов, - цена на нефть, - норма дисконта, - объем капитальных вложений.	Задаваемые параметры: - цена на нефть, - валютный обменный курс, - объем сбыта продукции на внешнем рынке, - норма дисконта.

Метод введения надбавки за риск к базовой ставке дисконтирования принимается исходя из степени изученности объекта (геологический риск) и его географического расположения (географо-экономический риск) – чем выше степень изученности и развитее промышленная инфраструктура, тем ниже надбавка за риск, и наоборот [Назаров, Калист, 2006; Прищепа, Назаров, 2010]. Если при применении повышенной ставки дисконтирования ЧДД принимает положительное значение, то объект считается инвестиционно привлекательным для освоения.

Анализ чувствительности проводится с помощью изменения на 10, 20 и 30% основных факторов, влияющих на величину ЧДД.

Сценарный подход предусматривает проведение расчетов путем принятия различных величин цен на нефть на внутреннем и мировом рынках, доли экспорта, курса доллара и т.п.

На рис. 4 представлен порядок принятия управленческого решения на основе результатов экономической оценки.

При проведении экономических расчетов полученные результаты могут носить как положительный, так и отрицательный характер. При отрицательных результатах требуется решение обратных задач - определение предельных геолого-экономических характеристик (минимальный объем рентабельных запасов нефти, минимальный приемлемый уровень цен на нефть и пр.), при которых экономическая оценка объекта станет положительной. Если, например, разработка прогнозируемого объекта становится эффективной при цене на нефть, не существенно превышающей принятый в расчетах уровень, то инвестор может принять положительное решение о начале его доизучения и последующего освоения, исходя из прогнозных ожиданий более высокой мировой цены нефти.

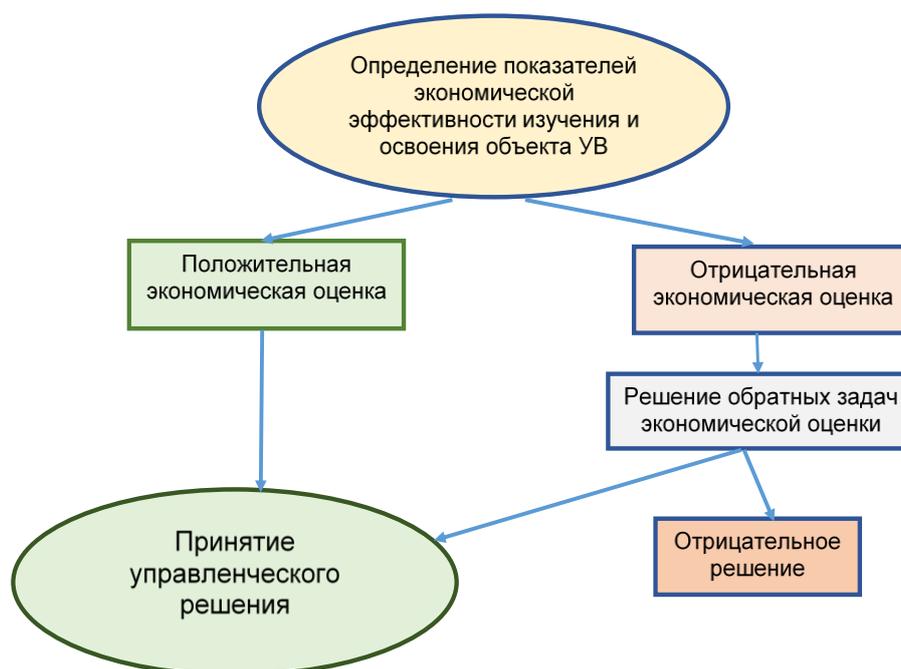


Рис. 4. Порядок принятия управленческого решения на основе результатов экономической оценки

Представленный методический подход, заложенный в ПК «EVA», апробирован в АО «ВНИГРИ» на примере малоизученной территории северо-востока Тимано-Печорской провинции. Схема проведения оценки представлена на рис. 5.

Геолого-экономическая оценка проведена по девяти прогнозируемым нефтяным объектам-залежам в рамках четырех прогнозных локальных структур. Все объекты оценки с учетом геологического строения и пространственного расположения объединены в объекты разработки (1-9) и проранжированы в пределах прогнозируемых структур по крупности извлекаемых ресурсов от большего к меньшему.

Результаты вероятностной оценки объема ресурсов нефти прогнозируемых объектов с учетом геологического риска (этапы 1, 2), рассчитанные в программе «EVA-анализ рисков»

по описанной выше методике (см. рис. 2), представлены в табл. 4.

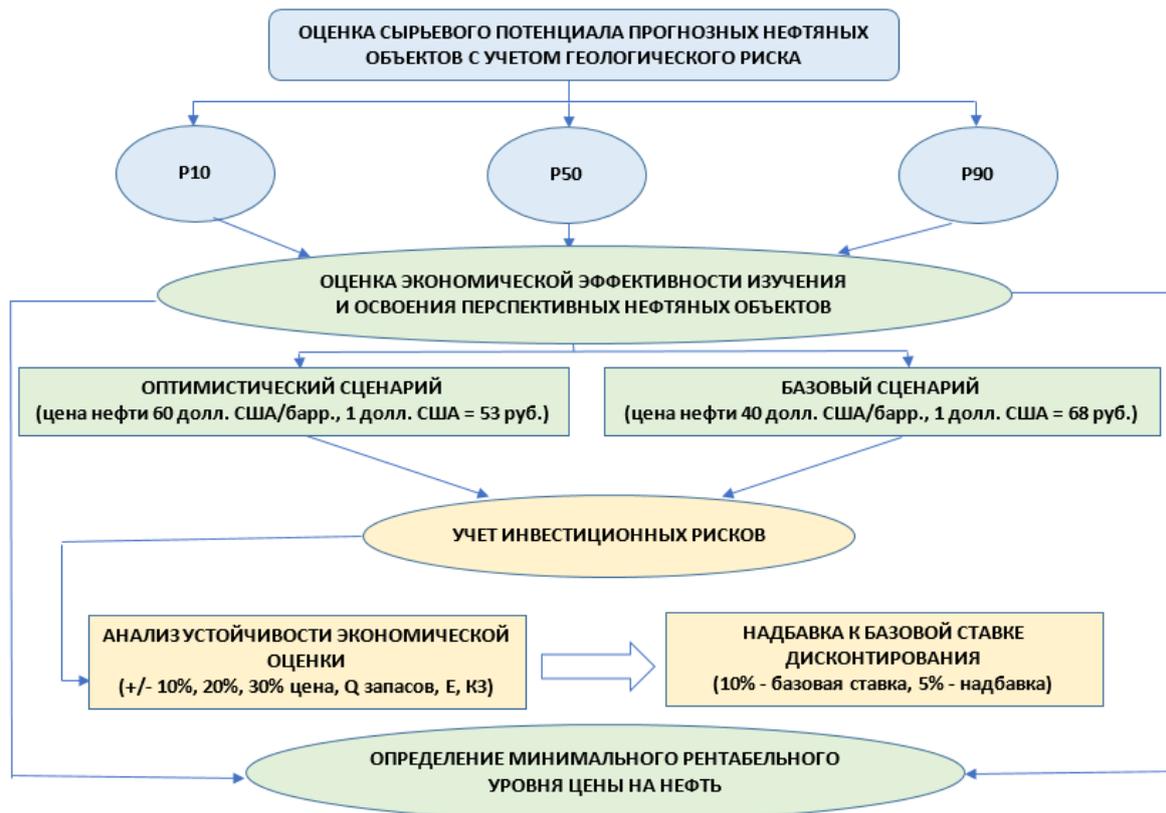


Рис. 5. Схема проведения геолого-экономической оценки прогнозируемых нефтяных объектов малоизученных территорий на предынвестиционном этапе

Таблица 4

Результаты вероятностной оценки извлекаемых ресурсов нефти прогнозируемых объектов исследуемой малоизученной территории

Объекты оценки (купол, горизонт залегания)	P10	P50	P90
1. Структура I			
Объект 1	8,557	5,983	4,248
Объект 2	5,272	3,781	2,638
Объект 3	1,852	1,298	0,934
Объект 4	0,586	0,427	0,296
Итого по структуре 1	16,267	11,489	8,116
2. Структура II			
Объект 5	6,722	4,866	3,379
Объект 6	0,793	0,561	0,397
Объект 7	0,643	0,456	0,322
Итого по структуре 2	8,158	5,883	4,098
3. Структура III			
Объект 8	1,309	0,928	0,673
Итого по структуре №4	1,309	0,928	0,673
4. Структура IV			
Объект 9	0,882	0,646	0,45
Итого по структуре 4	0,882	0,646	0,45
ВСЕГО	26,616	18,946	13,337

Технологические параметры определены для каждого объекта разработки с учетом величины извлекаемых ресурсов P10, P50 и P90 (этап 3). Пример представления результатов технологических расчетов приведен на рис. 6.

Экономические расчеты проведены с использованием программного комплекса «EVA-экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений» при двух ценовых сценариях – базовом (мировая цена нефти 40 долл. США/барр. при курсе - 68 руб. за долл. США) и оптимистическом (60 долл. США/барр. при курсе - 53 руб. за долл. США) (этап 4).

На основе проведенных расчетов, помимо результирующих (ЧДД, ВНД, ИД, Ток), рассчитаны показатели геологической и экономической эффективности ГРП с целью определения очередности ввода в дальнейшее геологическое изучение рассматриваемых объектов, расположенных в пределах территорий перспективного лицензирования.

Исходя из этих показателей произведено ранжирование объектов. Пример результатов расчетов геологической и экономической эффективности представлен для обоих ценовых сценариев при наиболее вероятной подтверждаемости сырьевого потенциала прогнозируемых объектов P50 (табл. 5-6). В случае максимальной подтверждаемости (P10) результаты будут намного выше, минимальной (P90) – существенно ниже.

Данные таблиц показывают в какой последовательности целесообразно начинать изучение и освоение прогнозируемых объектов исследуемого региона на основе показателей их геологической и экономической эффективности.

При оптимистическом ценовом сценарии (цена 60 долл. США/барр.) и наиболее вероятной подтверждаемости сырьевого потенциала P(50) рекомендуемая очередность введения объектов в дальнейшее геологическое изучение по показателю прироста запасов на метр поискового бурения выглядит следующим образом: объект 7, объект 5, объект 9, объект 8, объект 2, объект 6 и объект 1 (см. табл. 5).

Для промышленного освоения рекомендуется иная очередность: объекты 5-7 (структура 2), объекты 1-2 (структура 1), объект 9 (структура 4), объект 8 (структура 3), что связано с тем, что капитальные затраты на создание транспортной и промысловой инфраструктуры в расчетах отнесены на наиболее крупные по объему извлекаемых запасов объекты (объекты 1-2 и 5-6).

При базовом сценарии (цена 40 долл. США/барр.) подтверждаемости P50 можно рекомендовать лишь геологическое изучение исследуемых объектов, так как их экономическая оценка является отрицательной и, следовательно, промышленное освоение нецелесообразно (см. табл. 6).

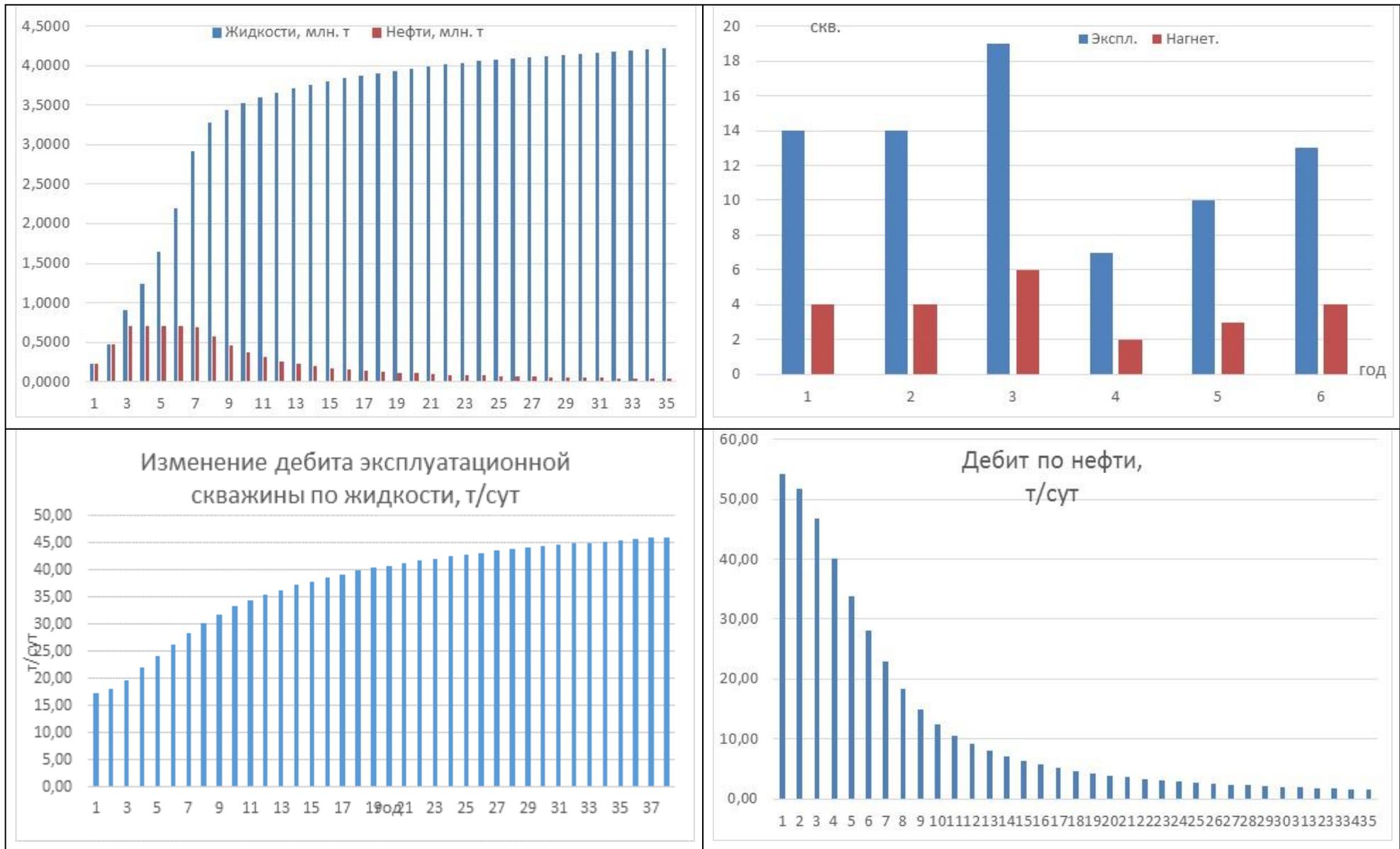


Рис. 6. Технологические потоки при разработке объекта 1 (P10)

Таблица 5

Показатели геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ на перспективной малоизученной территории (оптимистический сценарий, подтверждаемость ресурсов каждого объекта Р50)

Показатель эффективности ГРП	Прогнозные объекты территории перспективной для лицензирования								
	Структура I				Структура II			Структура III	Структура IV
	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	Объект 5	Объект 6	Объект 7	Объект 8	Объект 9
Объем прогнозных ресурсов, тыс т	5983	3781	1298	427	4866	727	456	928	646
Глубина поисковой скв., м	4000	2100	2100	4200	2500	1200	200	1600	750
Объем сейсморазведочных работ 3D, км ²	11	18	5	7	21	6	3	9	13
Глубина разведочной скв., м	4000	2100	2100	4200	2500	1200	200	1600	750
Количество поисковых скважин, ед.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Количество разведочных скважин, ед.	3	2	1	0	3	1	0	1	1
Стоимость поисковых работ, тыс. руб.	580000	304500	609000	304500	362500	174000	21025	304500	108750
Стоимость разведочных работ, тыс. руб.	1515400	550200	532000	9800	966900	158400	4200	275100	111950
Показатели геологической эффективности									
1. Число поисковых и разведочных скважин на одно открытие, скв./объект	4	3	2	1	4	2	1	2	2
2. Прирост запасов кат. С ₁ +С ₂ на одну поисковую скв, тыс. т/скв.	5983	3781	1298	427	4866	727	456	928	646
3. Прирост запасов кат. С ₁ +С ₂ на одну разведочную скв., тыс. т/скв.	1994	1891	1298	0	1622	727	0	928	646
4. Прирост запасов кат. С ₁ +С ₂ на один метр поискового бурения, тыс. т/м	1,50	1,80	0,62	0,10	1,95	0,61	2,28	0,58	0,86
5. Прирост запасов кат. С ₁ +С ₂ на один метр разведочного бурения, тыс. т/м	0,50	0,90	0,62	0,00	0,65	0,61	0,00	0,58	0,86
6. Удельные затраты на выявление единицы запасов, руб./т	350	226	879	736	273	457	55	625	342
Показатели экономической эффективности									
1. ЧДД от освоения выявленных ресурсов, млн. руб.	203,9	237	-22,2	-105,9	2724,3	30,1	256,6	148,8	340,5
2. УЧДД на единицу выявленных ресурсов, руб./т	34	63	-17	-248	560	41	563	160	527
3. ВНР от освоения выявленных ресурсов, %	10,43	10,89	9,78	6,65	17,81	10,71	16,34	13,16	21,28
4. Индекс доходности инвестиций, д. ед.	1,01	1,03	0,99	0,92	1,21	1,02	1,22	1,06	1,24
Рекомендуемая очередность для геологического изучения	VII	V	-----	-----	II	VI	I	IV	III
Рекомендуемая очередность для промышленного освоения	II		-----	-----	I			IV	III

Таблица 6

**Показатели геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ на перспективной малоизученной территории
(базовый сценарий, подтверждаемость ресурсов каждого объекта Р50)**

Показатель эффективности геологоразведочных работ	Прогнозные объекты территории перспективной для лицензирования								
	Структура I				Структура II			Структура III	Структура IV
	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	Объект 5	Объект 6	Объект 7	Объект 8	Объект 9
Объем прогнозных ресурсов, тыс т	5983	3781	1298	427	4866	727	456	928	646
Глубина поисковой скв., м	4000	2100	2100	4200	2500	1200	200	1600	750
Объем сейморазведочных работ 3D, км ²	11	18	5	7	21	6	3	9	13
Глубина разведочной скв., м	4000	2100	2100	4200	2500	1200	200	1600	750
Количество поисковых скважин, ед.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Количество разведочных скважин, ед.	3	2	1	0	3	1	0	1	1
Стоимость поисковых работ, тыс. руб.	580000	304500	609000	304500	362500	174000	21025	304500	108750
Стоимость разведочных работ, тыс. руб.	1515400	550200	532000	9800	966900	158400	4200	275100	111950
Показатели геологической эффективности									
1. Число поисковых и разведочных скважин на одно открытие, скв./объект	4	3	2	1	4	2	1	2	2
2. Прирост запасов кат. C ₁ +C ₂ на одну поисковую скв., тыс. т/скв.	5983	3781	1298	427	4866	727	456	928	646
3. Прирост запасов кат. C ₁ +C ₂ на одну разведочную скв., тыс. т/скв.	1994	1891	1298	0	1622	727	0	928	646
4. Прирост запасов кат. C ₁ +C ₂ на один метр поискового бурения, тыс. т/м	1,50	1,80	0,62	0,10	1,95	0,61	2,28	0,58	0,86
5. Прирост запасов кат. C ₁ +C ₂ на один метр разведочного бурения, тыс. т/м	0,50	0,90	0,62	0,00	0,65	0,61	0,00	0,58	0,86
6. Удельные затраты на выявление единицы запасов, руб./т	350	226	879	736	273	457	55	625	342
Показатели экономической эффективности									
1. ЧДД от освоения выявленных ресурсов, млн. руб.	-856,6	-321,1	-267,4	-105,9	1743,3	-69,7	163,8	-36,2	199
2. УЧДД на единицу выявленных ресурсов, руб./т	-143	-85	-206	-248	358	-124,4	359	-39	308
3. ВНР от освоения выявленных ресурсов, %	8,29	8,86	7,46	6,65	14,77	8,43	13,83	9,26	16,29
4. Индекс доходности инвестиций, д. ед.	0,95	0,97	0,93	0,92	1,14	0,95	1,14	0,99	1,14
Рекомендуемая очередность для геологического изучения	VI	V	-----	-----	II	-----	III	-----	I
Рекомендуемая очередность для промышленного освоения	-----								

Следует отметить, что при меньшей подтверждаемости ресурсов P10 все объекты даже при оптимистическом сценарии становятся инвестиционно непривлекательными.

Оценка инвестиционных рисков проведена с использованием методов анализа устойчивости, надбавки к базовой ставке дисконтирования и сценарного подхода.

Сценарный подход реализован при проведении технико-экономических расчетов путем применения двух уровней цены нефти на внешнем рынке 60 долл.США/барр. и 40 долл. США/барр. Анализ устойчивости выполнен для каждого варианта подтверждаемости ресурсов (P10, P50, P90) при обоих ценовых сценариях по каждому объекту оценки. Выявлены основные факторы, влияющие на устойчивость результатов экономической оценки при изменении основных влияющих факторов (табл. 7). Красным цветом отмечены самые чувствительные объекты, зеленым – наиболее устойчивые. Среди основных влияющих факторов выделены цена на нефть на внешнем рынке, объем капитальных затрат, объем запасов и ставка дисконта.

Так, любое изменение цены на нефть очень сильно влияет на результаты экономической оценки практически для всех объектов – устойчивыми остаются лишь объекты 5, 7 и 9. Увеличение капитальных затрат, объема запасов и ставки дисконта на 10 % в основном оказывает влияние на объекты при снижении их сырьевого потенциала до P50, а также при более низкой цене на нефть.

Изменение всех перечисленных факторов на 20% оказывает более существенное влияние на исследуемые объекты – остаются эффективными лишь те же объекты 5, 7 и 9 при высокой подтверждаемости ресурсов. При изменении же влияющих параметров на 30% практически все объекты выходят за предел рентабельности.

Результаты оценки влияния ставки дисконтирования на величину ЧДД по объектам исследуемого региона представлены в табл. 8. Надбавка за риск принята на уровне 5% [Назаров, Калист, 2006; Прищепа, Назаров, 2010].

Данные таблицы свидетельствуют, что при ставке дисконта 15% остаются рентабельными в основном только объекты с наибольшим объемом ресурсов - P10 и P50, при низкой подтверждаемости сырьевого потенциала (P90) ни один объект не окупается даже при оптимистическом ценовом сценарии.

На заключительном этапе исследования представлено решение обратной задачи экономической оценки – определение минимальной цены нефти на внешнем рынке, обеспечивающее рентабельное освоение ресурсов каждого из оцениваемых объектов. При этом расчеты проведены при двух уровнях курса – 53 руб. за долл. США и 68 руб. за долл. США (табл. 9).

Таблица 7

Основные факторы, влияющие на устойчивость результатов экономической оценки объектов при их изменении на 10%

Название структуры	Номер объекта	Оптимистический ценовой сценарий		Базовый ценовой сценарий	
		P10	P50	P10	P50
Структура I	1	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
	2	Ц	Ц, З, КВ, Д	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д
	3	Ц	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ	Ц, З, КВ, Д
	4	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
Структура II	5	-	-	-	-
	6	Ц	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
	7	-	-	-	-
Структура III	8	Ц	Ц, КВ	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д
Структура IV	9	-	-	-	-

при их изменении на 20%

Название структуры	Номер объекта	Оптимистический ценовой сценарий		Базовый ценовой сценарий	
		P10	P50	P10	P50
Структура I	1	Ц, З, КВ	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
	2	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ	Ц, З, КВ, Д
	3	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
	4	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
Структура II	5	-	Ц	-	Ц, З, КВ
	6	Ц, З, КВ	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д	Ц, З, КВ, Д
	7	-	Ц, З	-	Ц, З, КВ
Структура III	8	Ц, КВ	Ц, З, КВ	Ц, КВ	Ц, З, КВ, Д
Структура IV	9	-	Ц	-	Ц, КВ

Ц – цена нефти на мировом рынке, *КВ* – капитальные вложения, *З* – объем запасов, *Д* – ставка дисконта.

Таблица 8

Величина чистого дисконтированного дохода рентабельных для освоения объектов при различной величине нормы дисконта

Название объекта	Ставка дисконта, %	60 долл. США/барр.			40 долл. США/барр.		
		P10	P50	P90	P10	P50	P90
Структура I							
Объект 1	10%	1 657,085	203,942	-	-	-	-
	15%	- 770,832	-1751,097	-	-	-	-
Объект 2	10%	1 704,760	674,957	-	788,704	-	-
	15%	277,404	- 556,466	-	- 565,040	-	-
Объект 3	10%	524,996	- 22,175	-	177,759	-	-
	15%	- 74,049	- 422,403	-	- 388,418	-	-
Объект 4	10%	53,288	-	-	-	-	-
	15%	- 111,208	-	-	-	-	-
Структура II							
Объект 5	10%	6 659,458	2 724,282	-	5 204,179	1 743,261	-
	15%	3 979,524	808,775	-	2 675,801	- 67,940	-
объект 6	10%	181,927	30,311	-	39,692	-	-
	15%	- 107,177	- 156,477	-	- 237,894	-	-
Объект 7	10%	746,357	256,566	-	615,612	163,779	-
	15%	449,877	44,173	-	330,705	- 40,264	-
Структура III							
Объект 8	10%	427,941	148,787	-	187,525	27,476	-
	15%	118,125	- 75,325	-	- 102,351	- 245,092	-
Структура IV							
Объект 9	10%	749,250	340,499	53,237	555,081	198,965	-
	15%	493,954	166,910	- 57,061	314,851	35,970	-

Таблица 9

Минимальная цена нефти на внешнем рынке, при которой обеспечивается рентабельное освоение сырьевой базы прогнозируемых объектов при различном уровне подтверждаемости их сырьевого потенциала

Номер объекта	Курс доллара США - 53 руб.			Курс доллара США - 68 руб.		
	P10	P50	P90	P10	P50	P90
Структура I						
Объект 1	56,8	59,4	67,5	40,2	42,2	48,7
Объект 2	54,0	58,6	69,9	37,8	41,5	50,6
Объект 3	69,9	60,3	66,8	38,6	43,1	48,3
Объект 4	58,1	64,7	-	41,3	64,7	-
Структура II						
Объект 5	43,7	50,2	60,7	29,8	34,9	43,4
Объект 6	55,3	58,9	38,2	39,2	42,0	20,0
Объект 7	49,5	64,0	-	34,6	46,3	-
Структура III						
Объект 8	54,0	57,3	63,9	37,9	40,5	63,9
Структура IV						
Объект 9	46,0	51,3	58,0	31,7	36,0	41,3

Данные таблицы показывают, что для обеспечения рентабельного освоения всех перспективных объектов исследуемого региона необходимо, чтобы цена нефти на мировом

рынке сохранялась на уровне 50-60 долл. США/барр., а в случае минимальной подтверждаемости запасов – превышала 60-70 долл. США/барр.

Таким образом, на основе проведенных расчетов можно сделать вывод, что для геологического изучения и последующего освоения на исследуемой малоизученной территории при благоприятной ценовой конъюнктуре и наиболее вероятной подтверждаемости объема ресурсов (P50) интерес представляют объекты 1, 2, 5, 6, 7, 8 и 9, при менее благоприятной – только объекты 5, 7, 8 и 9. В случае невысокой подтверждаемости сырьевого потенциала промышленное освоение этих объектов экономически нецелесообразно даже при оптимистическом ценовом сценарии.

Учитывая сильную волатильность и неопределенность прогнозов уровня мировой цены на нефть, согласно которым она, скорее всего, в ближайшее время будет находиться в диапазоне от 45 до 75 долл. США/барр., изучение и освоение исследуемых прогнозируемых нефтяных объектов представляется весьма рискованным.

Выводы

Принятие управленческих решений о целесообразности изучения и последующего освоения прогнозируемых объектов малоизученного региона на предынвестиционном этапе исследований должно осуществляться на основе вероятностной оценки их сырьевого потенциала с учетом геологического риска.

В результате вероятностного моделирования для каждого прогнозируемого объекта определяются три оценки сырьевого потенциала с различной вероятностью подтверждения объема ресурсов - P10, P50 и P90. Дальнейшие экономические расчеты проводятся по каждому объекту при всех трех уровнях объема ресурсов. При этом предусматривается сценарный подход – применение различных уровней цены нефти и курса доллара.

На основе полученных результатов экономических расчетов для каждого объекта рассчитываются показатели геологической и экономической эффективности ГРП: геологической – на основе показателя прироста запасов на метр поискового бурения, экономической – на основе показателя чистого дисконтированного дохода. При этом очередность ввода объектов в освоение должна учитывать связанные объекты по пространственному размещению и инвестиционной нагрузке на создание транспортной инфраструктуры.

Учет рисков должен осуществляться по совокупности методов – помимо применения сценарного подхода и вероятностной оценки сырьевого потенциала, следует применить метод надбавки за риск к базовой ставке дисконтирования и анализ чувствительности для наиболее полного учета всех возможных видов риска.

Для нерентабельных прогнозируемых объектов следует решить обратную задачу – определить тот уровень цены, при котором они станут инвестиционно привлекательными, что позволит инвестору оценить степень неэффективности освоения этих объектов, и рассматривать их в качестве рентабельных на отдаленную перспективу, в случае изменения экономической ситуации.

Разработанная в АО «ВНИГРИ» методика и используемые программные комплексы на платформе «EVA» позволяют оперативно выполнять геолого-экономическую оценку прогнозируемых нефтяных объектов малоизученных территорий на прединвестиционном этапе и принимать обоснованные управленческие решения по целесообразности и эффективности геологического изучения и последующего промышленного освоения прогнозируемых объектов на перспективных территориях и акваториях.

Литература

Ампилов Ю.П. Стоимостная оценка недр. - М.: Геоинформмарк, 2011. - 408 с.

Герт А.А., Супрунчик Н.А., Немова О.Г., Кузьмина К.Н. Стоимостная оценка нефтегазовых месторождений и участков недр: учебно-методическое пособие. - 2-е издание. - М.: ООО «Геоинформмарк», 2010. - 195 с.

Демидкина С. Вероятностная оценка запасов нефти и газа в программе «EVA - анализ рисков». - РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2014. – 6 с. - <http://evarisks.com/article2.pdf>

Методические рекомендации по подготовке технических проектов разработки месторождений углеводородного сырья. Утверждены Минприроды 18.05.2016 № 12-р.

Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России. – Москва: ВНИГНИ, 2000. - 190 с.

Назаров В.И., Калист Л.В. Экономическая оценка нефтегазового потенциала арктического шельфа России // Нефть. Газ. Промышленность. - 2006. - № 6 (26). - С. 22-24 (начало); 2006. - № 7 (27). - С. 20-22 (окончание).

Прищепина О., Назаров В. О проблеме перехода на новую классификацию запасов и ресурсов нефти и газа // Oil & Gas Journal Russia, январь-февраль. - 2010. - С. 78-85.

Сафаров А.Ф. К вопросам интеграции с международными стандартами новой классификации запасов нефти в России, вступающей в силу с 01.01.2016 года // ТатНИПИнефть. - 2015. - 18 с. - <http://www.tatnipi.ru/upload/sms/2015/geol/018.pdf>

Metkin D.M., Medvedeva L.V.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

APPLICATION OF "EVA" SOFTWARE SYSTEM FOR SOLVING THE GOAL-ECONOMIC ASSESSMENT PROBLEMS LOW-LEVEL OIL OBJECTS

A methodical approach to conducting a geological and economic assessment of forecast oil facilities in poorly studied territories at the pre-investment stage, which is incorporated in the "EVA" software package developed by the specialists of LLC "EDS Plus" with the participation VNIGRI, is outlined.

The possibilities of two blocks of the "EVA" software package - "EVA-risk analysis" and "EVA-economic evaluation of oil and gas development projects" are presented. The algorithm of probabilistic estimation of oil resources of forecasted objects taking into account geological risk, methods of calculation of technological and economic indicators of development of such objects, as well as ways of assessing possible investment risks and principles for solving inverse problems of economic evaluation are described.

The results of calculations are presented on the example of poorly studied region of north of the Timan-Pechora petroleum province with an assessment of the geological and economic efficiency of geological exploration and the determination of the order of study and the introduction of industrial projected oil objects.

Keywords: *oil facility, "EVA" program system, geological and economic assessment, probabilistic estimation of oil resources, efficiency of geological exploration.*

References

Ampilov Yu.P. *Stoimostnaya otsenka nedr* [Evaluation of mineral resources]. Moscow: Geoinformmark, 2011, 408 p.

Demidkina S. *Veroyatnostnaya otsenka zapasov nefiti i gaza v programme «EVA - analiz riskov»* [Probabilistic estimation of oil and gas reserves in the EVA-Risk Analysis program]. RGU nefiti i gaza im. I.M. Gubkina, 2014, 6 p. - <http://evarisks.com/article2.pdf>

Gert A.A., Suprunchik N.A., Nemova O.G., Kuz'mina K.N. *Stoimostnaya otsenka neftegazovykh mestorozhdeniy i uchastkov nedr: uchebno-metodicheskoe posobie* [Evaluation of oil and gas fields and subsoil resources: a teaching aid]. 2-e izdanie. Moscow: OOO «Geoinformmark», 2010, 195 p.

Nazarov V.I., Kalist L.V. *Ekonomicheskaya otsenka neftegazovogo potentsiala arkticheskogo shel'fa Rossii* [Economic assessment of the petroleum potential of the Arctic shelf of Russia]. Neft'. Gaz. Promyshlennost', 2006, no. 6 (26), p. 22-24 (nachalo); 2006, no. 7 (27), p. 20-22 (okonchanie).

Prishchepa O., Nazarov V. *O probleme perekhoda na novuyu klassifikatsiyu zapasov i resursov nefiti i gaza* [On the problem of transition to a new classification of oil and gas reserves and resources]. Oil & Gas Journal Russia, yanvar'-fevral', 2010, p. 78-85.

Safarov A.F. *K voprosam integratsii s mezhdunarodnymi standartami novoy klassifikatsii zapasov nefiti v Rossii, vstupayushchey v silu s 01.01.2016 goda* [To the questions of integration with international standards of the new classification of oil reserves in Russia, according to the legislation in force beginning 01.01.2016]. TatNIPIneft', 2015, 18 p. - <http://www.tatnipi.ru/upload/sms/2015/geol/018.pdf>