

УДК 330.45:338.27:553.98(470.13)

ключевые слова: экономическая эффективность, освоение нефтегазовых ресурсов, прогнозирование, неопределенность

С. Л. Садов

МЕТОДЫ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО РЕГИОНА¹

В статье фиксируется наличие двух равно важных групп факторов (экономических и геологических) неопределенности информации, необходимой для прогнозирования перспектив развития нефтегазового региона. Предлагается процедура отбора наиболее эффективных вариантов освоения ресурсов углеводородов региона, в основе которой лежит комбинаторно-вероятностная методика экономической оценки и выбора динамики вовлечения ресурсов нефти и газа, дополненная геолого-математическими методами. Дается прогноз динамики нефте- и газодобычи в Республике Коми после 2020 г. на основе неразведанных ресурсов.

Разведка и освоение ресурсов углеводородов (УВ) не случайно считаются одними из самых рискованных видов бизнеса. Происходящая в рамках нефтегазодобывающей отрасли предпринимательская деятельность находится под влиянием различных факторов неопределенности, которые можно объединить в две большие группы. В своем развитии нефтегазовая отрасль как типичная экономическая система зависит от экономической конъюнктуры, от будущих цен на продукцию и издержек по ее получению и транспортировке, от параметров налоговой политики государства. Эти факторы являются экономическими по своему характеру и внешними по отношению к отрасли, что позволяет рассматривать их в составе одной группы.

В то же время нефтегазовая отрасль является результатом освоения ресурсов нефтегазоносной провинции, на территории которой она базируется, и этот аспект нуждается в специальных подходах при прогнозировании. Неопределенность наших представлений о ресурсной базе нефтегазодобычи (ее количественных и качественных характеристиках, распределении по территории провинции) находится в прямой зависимости от риска их освоения. Факторы, связанные с неполнотой и недостоверностью наших знаний о нефтегазоносности, условно можно назвать геологическими. Они

составляют вторую группу факторов неопределенности при исследовании перспектив развития нефтегазового региона и являются внутренними для него (рис. 1).

Итак, при анализе перспектив развития нефтегазодобычи необходимы методы прогнозирования развития экономических систем, учитывающие внешние факторы неопределенности, и методы оперирования с данными, полученными по результатам геологических и геофизических исследований. Эти методы в совокупности должны, учитывая органически присущую геологической информации неопределенность, давать количественные и вероятностные оценки, пригодные для сравнения и выбора вариантов освоения ресурсов УВ экономико-математическими методами. Именно таким образом можно выйти на решения, минимизирующие риск убытков при инвестировании средств в разведку и освоение нефтегазоносных территорий.

На основе комбинаторного моделирования, дополняемого аппаратом теории нечетких множеств и при необходимости другими методами, создана методика экономической оценки эффективности ресурсов углеводородов [8, 14], применяемая при прогнозировании перспектив развития нефтегазового региона. Ее можно представить в виде последовательности достаточно простых операций.

1. Уточнение потенциальных ресурсов региона. Территории, на которых возможно применение данной операции, — часть нефтегазоносной провинции, имеющая собственный углеводородогенерационный потенциал и реализующая его у себя, площадью, как правило, не менее 50 тыс. км². Скопления углеводородов по территории провинции распределены не случайным образом, и лишь на таких участках можно ожидать, что набор геологических параметров и распределение месторождений по запасам будут идентичны таковым по провинции. Ясно, что данная операция необходима тем субъектам экономики, чья сфера деятельности не ограничивается отдельными нефтегазоносными участками.

¹ Автор благодарен к. г.-м. н. Б. И. Тарбаеву за полезные обсуждения проблемы оценки эффективности ресурсов углеводородов и ознакомление с ее геологическими аспектами.



Рис. 1. Общая схема оценки и выбора эффективных вариантов развития нефтегазового региона

Среди известных геолого-математических методов оценки и уточнения потенциальных ресурсов углеводородов были выбраны те, которые можно было проверить на известном материале и которые имеют ясные теоретические предпосылки:

а) *метод аппроксимации распределения залежей по крупности*, отражающий закономерности распределения залежей по всем нефтегазовым бассейнам мира [13].

Суть метода ясна из его названия. Он позволяет вывести ряд полезных соотношений. В частности, доля залежей $\Phi(q)$ разведочной выборки с запасами меньше q :

$$\Phi(q) \approx 1 - \gamma / (q + \gamma),$$

где γ — запасы среднего в выборке месторождения. Также выполняются соотношения

$$R = q_{\max} (2 \ln(q_{\max}/q_0) + 1),$$

$$N = 1 + (R - q_{\max}) / [q_0 \ln(q_{\max}/q_0)], \quad (1)$$

где R — запасы всех залежей величины больше q_0 , N — их количество, q_{\max} — запасы максимальной залежи. В [8, 13] приведены другие полезные формулы и соотношения.

б) *геомаятниковый метод*, новейшая разработка интернациональной группы геологов и математиков [15]. Ключевые соотношения этого метода представлены формулами:

$$R = \sum_{j=1}^n y_j / \left(1 - \exp \left\{ -y_j \sum_{k=1}^n \left(\hat{T} - \sum_{i=0}^{k-1} y_i \right)^{-1} \right\} \right),$$

$$N = \sum_{j=1}^n 1 / \left(1 - \exp \left\{ -y_j \sum_{k=1}^n \left(\hat{T} - \sum_{i=0}^{k-1} y_i \right)^{-1} \right\} \right),$$

где \hat{T} — решение уравнения

$$\hat{T} = \sum_{j=1}^n y_j'' / \left(1 - \exp \left\{ -y_j'' \sum_{k=1}^n \left(\hat{T} - \sum_{i=0}^{k-1} y_i'' \right)^{-1} \right\} \right),$$

R — прогнозные запасы всех залежей, N — их количество, y_1, y_2, \dots, y_n — запасы открытых залежей, β — параметр метода; $y_0 = 0$.

Геомаятниковый метод близок к регрессионным методам при принятии определенных гипотез о вероятности открытия новых месторождений.

2. Связующим звеном операции из п. 1 с последующими служит локализация прогнозных ресурсов. В простейшем случае она проводится путем сопоставления остаточных прогнозных ресурсов с объектами, выявленными на территории сейсморазведкой. На освоенных территориях типична ситуация, когда объем остаточных прогнозных ресурсов несопоставим с имеющимся набором объектов, перспективных на нефть или газ. В этом случае требуется применение операции из п. 1.

3. **Экспертная оценка вероятности открытия месторождений.** Для района, где после локализации ожидается открытие месторождения, проводится оценка вероятности открытия и параметров месторождения, что поможет предварительно оценить экономическую целесообразность его освоения. Наиболее подходящим способом решения этих задач оказался общенаучный метод экспертных оценок. С помощью специалистов в нефтегазовой геологии определен набор геологических параметров, наиболее существенных при оценке вероятности обнаружения месторождений. Разработана шкала и описано терм-множество лингвистической переменной «геологический риск», обеспечивающие сопоставимость присваиваемых экспертами оценок при подведении итогов [8, с. 103]. Полезную информацию для экспертов дают процедуры уточнения плотности потенциальных ресурсов при помощи метода нечетких весов [16], адаптированного для нефтегазовых

ресурсов [5], и метод оценки полноты и неопределенности геологической и геофизической информации, накопленной при исследовании территории [7].

4. Вероятностное картирование потенциальных ресурсов УВ. Остановимся подробнее на неопределенности, связанной с неполнотой наших знаний о нефтегазоносности региона. Рассмотрим ее на примере ресурсов нефти и газа, по действующей временной классификации относящихся к категории СЗ. В этом случае речь обычно идет о предполагаемых залежах на выявленных теми или иными методами геологических объектах. Это означает, что оценки величин приписываемых объекту объемов УВ лежат в некотором диапазоне, не исключая околонулевых значений, при которых освоение ресурсов заведомо убыточно. Очевидно, что стоящая перед потенциальным инвестором задача оценки эффективности вложений в доразведку и освоение перспективных ресурсов УВ решается в условиях неопределенности, и решение будет зависеть от учета определяющих ее факторов. Данная задача актуальна ввиду опасности ориентации развития нефте- и газодобычи в долгосрочной перспективе на слабообоснованные показатели объемов ресурсов категорий низкой разведанности.

Влияние факторов неопределенности на рентабельность запасов и ресурсов УВ признается в новой классификации, утвержденной Минприроды РФ 1 ноября 2005 г., в которой впервые введены экономические показатели оценки УВ, соответствующие рыночным отношениям в недропользовании. Традиционный же подход к подсчету перспективных ресурсов, игнорирующий их вероятностный характер и связанную с ним неопределенность, практиковался в течение многих десятилетий, его результаты нашли отражение в официальных документах, и его влияние на образ мышления людей, принимающих инвестиционные решения, еще долго будет сказываться. Даже необходимые в таких случаях оценки рассеивания показателей ресурсов, приуроченных к геологическим объектам (в частности, рекомендованные в [1]), при таком подходе не выполнялись. Излагаемый в [11] метод решает задачу определения диапазона объемов ресурсов по приписанному им значению с учетом новых подходов, помогая выстраивать оптимальную стратегию инвестирования в освоение ресурсов нефти и газа, важную не только в масштабах отрасли, но и в конечном счете для экономики страны в целом.

Поскольку при оценке вероятности присутствия на объекте залежи с локализованными перспективными ресурсами C_3 использование статистических приемов некорректно по причине отсутствия однородности выборки обследованных объектов, воспользуемся математическим аппаратом *теории нечетких множеств*, широкое прикладное значение которой предсказал еще в 1965 г. ее основатель Л. Заде: «Фактически нечеткость может быть ключом к пониманию способности человека справляться с задачами, которые слишком сложны для решения на ЭВМ» [4]. Для решения задачи вероятностного картирования ресурсов УВ очень полезен метод нечетких весов [16], позволяющий использовать как прямую информацию, так или иначе свидетельствующую о наличии полезного ископаемого (т. н. предсказатели), так и косвенную. Предсказателями могут быть любые свойства, способствующие прояснению геологической ситуации, — геологические и геофизические наблюдения, характер рельефа и конфигурация гидрографической сети, результаты геохимических съемок, наблюдения из космоса, а чаще всего — в виде комбинаций. Предсказатели выражаются посредством функции принадлежности $\mu(x)$. Процедуры с использованием предсказателей в конечном счете сводятся к вычислению поправок вероятности W^+ и W^- для каждой элементарной (неделимой) ячейки, на которые предварительно разбивают исследуемую площадь. После введения поправок и получения значений постериорной (послеопытной) вероятности для каждой элементарной ячейки составляется карта пространственного распределения вероятности на заданное время, которая может быть скорректирована после получения дополнительных сведений [5, 16].

Для решения задачи оценки ресурсов УВ наиболее пригодна функция вида

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq a \\ 1 - e^{-\kappa(x-a)^2}, & x \geq a, \kappa > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Использование ее (рис. 2) оправдано, поскольку она соответствует эмпирическим фактам: малое количество информации об исследуемом объекте допускает существование сколь угодно большого числа его моделей, дополнительная информация постепенно сужает альтернативность при моделировании, а после достижения некоторого порогового уровня новые порции информации не вносят существенных изменений в модель объекта. Откладывая на оси абсцисс оцененные в численном виде объемы

информации относительно объекта исследования, исследователь получает возможность выстроить функцию принадлежности [12]. Теория нечетких множеств ввиду ее адекватности состоянию наших знаний о нефтегазоносности закономерно является ведущим методическим инструментом при моделировании геологической составляющей неопределенности перспектив развития нефтегазового региона.

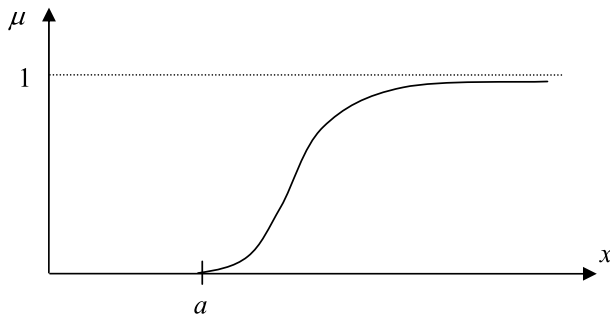


Рис. 2. График функции принадлежности, отвечающей условиям задачи оценки эффективности освоения ресурсов УВ

5. Вероятностный экономический анализ. В практике управления экономическими системами постоянно приходится сталкиваться с необходимостью принятия решений в условиях отсутствующей, неполной либо неопределенной информации. Неправильные решения, принимаемые в такой ситуации, и их последствия являются своего рода платой за риск принятия решений в условиях неопределенности. В отличие от стран с развитой рыночной экономикой, в России не было времени и возможности накопить представительную статистическую информацию по хозяйственной деятельности в условиях рынка, отладить эмпирическим путем методики оценки риска. Поэтому подходы к риск-анализу не должны сводиться к оперированию ожидаемыми показателями или к анализу влияния изменчивости отдельных факторов на ожидаемую эффективность проектов. В [8] рассмотрена задача определения эффективности и риска инвестиционного проекта для компании, вкладывающей собственные и привлеченные средства в производство товара, на который существует устойчивый спрос, и изложена комбинаторно-вероятностная методика ее решения, адаптированная к условиям современной экономической ситуации в России и учитывающая риски различной природы. Полезность и необходимость методов комбинаторного моделирования при долгосрочном прогнозировании развития нефтегазовых регионов естественно вытекает из многомерности неопределенности, которая объективно возникает

при попытках ее формализации и структурирования. Также комбинаторное моделирование выступает как способ визуализации неопределенности, облегчающий анализ проекта хотя и с неизбежной при уменьшении размерности графиков редукцией информации.

Применение методов оценки ресурсов УВ. Описанные подходы и методы применялись, чтобы оценить различные аспекты ресурсной базы нефте- и газодобычи в Тимано-Печорской НГП и Республике Коми на дальнюю перспективу.

С применением двух методов, указанных в пункте 1, были проведены оценки ресурсного потенциала углеводородов северной части Тимано-Печорской провинции (табл. 1). Сравнение показало, что оценки по методу геомаятника более низкие. Это объясняется тем, что метод аппроксимации оценивает запасы всех месторождений заданной крупности и его прогноз существенно зависит от точности определения запасов в крупнейшем месторождении. Геомаятниковый же метод учитывает влияние реально существующего геологоразведочного фильтра, современный уровень геологоразведки, а неточности в определении запасов на открытых месторождениях частично компенсируют друг друга. Видно, что разница в прогнозе ресурсов получается за счет мелких месторождений, открытие которых проблематично. Поэтому оценку по методу аппроксимации можно считать «оценкой сверху», а прогноз по геомаятниковому методу — «оценкой снизу», причем реальные значения ресурсов ближе к нижней оценке. Результаты прогнозных расчетов показали [10], что средняя величина запасов на открываемых в перспективе месторождениях Тимано-Печорской НГП ожидается примерно в 10 раз меньше, чем на уже открытых. Ранее таких оценок получить не удавалось.

Таблица 1

Сравнение прогнозов, полученных по двум методам, для северной части Тимано-Печорской НГП

Метод	Количество залежей	Ресурсы УВ, отн. ед.*
аппроксимации	1460–1961	12,2–17,0
геомаятниковый	475	8,9

* Справочно: официально утвержденные ресурсы УВ — 13,1

Для части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции проведена оценка ресурсного потенциала с выделением месторождений по классам крупности [8] с границами 0,001, 0,003, 0,01, 0,03, 0,1 и 0,3 отн. ед. При вычислениях

использовались зависимости (1). Поскольку оценка запасов любого месторождения неизбежно содержит погрешность, расчет по оценке ресурсов рассматриваемой территории выполнен по трем вариантам: начальные запасы q_{\max} крупнейшего месторождения приняты как балансовые геологические, а также с учетом возможной погрешности (15% от балансовых запасов) в сторону уменьшения и увеличения. В таблице 2 показан предполагаемый состав остатка ресурсов углеводородов, который остается после вычета из начальных суммарных ресурсов (НСР) уже открытых месторождений.

Таблица 2

Величина НСР (Q , ед.) и числа залежей, оставшихся не выявленными (n), по классам крупности при различных значениях запасов в крупнейшем месторождении (q_{\max} , ед.)

Класс крупности, ед.	$q_{\max} = 0,85$		$q_{\max} = 1,0$		$q_{\max} = 1,15$	
	Q	n	Q	n	Q	n
0,001 – 0,003	2,18	1297	2,18	1325	2,18	1349
0,003 – 0,01	2,29	435	2,29	447	2,29	457
0,01 – 0,03	1,71	102	1,71	106	1,71	110
0,03 – 0,1	0,82	18	0,82	20	0,82	21
0,1 – 0,3	0*	1	0*	1	0*	2
0,3 – 1	0,98	3	1,15	4	1,28	4

* По своему смыслу величина не может быть отрицательной.

Изучение обеспеченности нефтегазовыми ресурсами Республики Коми на дальнюю перспективу проводилось следующим путем. Согласно официальному подсчету НСР, выполненному Тимано-Печорским научно-исследовательским центром (ТП НИЦ), определены структура и объемы НСР Республики Коми на 01.01.2005 г. (табл. 3). Анализ динамики составляющих НСР показал, что основная их часть (добыча, промышленные и предварительно оцененные запасы) меняются незначительно, рост же НСР происходит именно за счет увеличения неразведанных ресурсов. Поскольку число объектов и структур, к которым приурочиваются неразведанные ресурсы, изменяется незначительно, весь прирост следует относить на счет нелокализованных ресурсов категорий D_1 и D_2 . Таким образом, на 2005 г. неразведанные ресурсы нефти и газа оцениваются более чем в 1 ед. каждые.

Задача адекватной экономической оценки ресурсов углеводородов, особенно неразведанных, является более трудной, чем оценка запасов категорий $A+B+C_1$ и C_2 . Для локализованных ресурсов, приуроченных к обнаруженным по результатам сейсморазведки объектам, ВНИГРИ разработана методика их экономической оценки [2]. Такие оценки выполнены ТП

НИЦ для Республики Коми [3], но при этом не была учтена низкая достоверность ресурсов УВ, что привело к существенному завышению их экономической значимости. Для оценки нелокализованных ресурсов методик не разработано, хотя они составляют львиную долю потенциальных ресурсов — более 70% для РК (табл. 3).

Поскольку величины ресурсов углеводородов категорий C_3 , D_1 и D_2 являются оценочными, задача относится к классу вероятностных. Мировая практика показывает, что такие оценки, неточные по своей сущности, при переводе их в запасы промышленных категорий обычно сокращаются, в среднем следуя уравнению приведения [6]

$$Q = 0,8(A+B) + 0,6C_1 + 0,4C_2 + 0,3C_3 + 0,2(D_1+D_2), \quad (3)$$

в котором коэффициенты представляют собой математическое ожидание подтвержденности соответствующих запасов и ресурсов, вычисленное по нефтегазоносным бассейнам планеты. Для неразведанных ресурсов, используя их разбиение на локализованные и нелокализованные, имеем соотношение

$$Q = 0,3Q_{\text{лок}} + 0,2Q_{\text{нелок}}. \quad (4)$$

Таблица 3

Состояние НСР углеводородов Республики Коми на 01.01.2008 г., отн. ед.

Показатели	Ресурсы нефти (извлекаемые)	Ресурсы свободного газа (геологические)	Всего ресурсов углеводородов
Начальные суммарные ресурсы	2,56	1,97	4,53
Добыча	0,52	0,49	1,03
Остаточные ресурсы, всего	2,04	1,48	3,52
в т.ч. промышленные запасы	0,54	0,23	0,77
Предварительно оцененные запасы категории C_2	0,18	0,06	0,24
Неразведанные ресурсы категорий C_3+D	1,32	1,19	2,51

Ввиду того, что запасов нефти промышленных категорий (до C_2 включительно) хватит для поддержания и умеренного наращивания их добычи до 2020 г., при оценке неразведанных ресурсов исходим из того, что они начнут вовлекаться в эксплуатацию после 2020 г. На этот период принят осторожный ценовой прогноз [8]: рост на 2,5% в год с 220 долл. за тонну нефти в 2020 г. и с 170 долл./1000 м³ газа с теми же тем-

пами роста. Применение расчетных формул (1), как уже отмечалось, допускается для достаточно больших (не менее 50 тыс. км²) территорий, обладающих собственным углеводородогенерационным потенциалом и реализующим его у себя. В Тимано-Печорской НГП можно выделить три таких самостоятельных территории, к которым применимы формулы (1), условно назовем их Север, Юг и Восток. Причем если Юг и Восток практически полностью лежат в пределах РК, то большая и менее разведанная и освоенная часть Севера — вне ее административных границ.

Результаты расчетов. Используя формулу (4), получим, что приведенные (расчетные) ресурсы нефти в Республике Коми составят примерно 0,3 ед. извлекаемых и свободного газа — 0,26 ед. Поддерживать высокий уровень нефтедобычи, достижимый к 2020 г., долго не удастся, но привлечение неразведанных ныне ресурсов позволит продлить нефтедобычу в республике. Учитывая сравнительно небольшие объемы добычи газа в РК, его неразведанные ресурсы могут обеспечить ее поддержание на современном уровне в течение примерно 50 лет. Удельный вес Севера, Юга и Востока в неразведанных ресурсах на территории РК соответственно округленно составляет: по нефти — 40%, 20% и 40%, по газу — 10%, 0% и 90%.

На рис. 3 представлена наиболее вероятная динамика добычи углеводородов в случае успешной работы геологоразведки. Результаты расчетов валовой выручки от реализации нефти на 2020–2050 гг. показывают, что суммарно за указанный период она достигла бы 39,4 млрд долларов, если бы все месторождения за этот период были выкачаны. Реальные цифры бу-

дут, конечно, меньше. В [3], исходя из близости перспективных на нефть структур (общим числом 68) к существующим месторождениям и обслуживающей их инфраструктуре, выделено 9 т. н. центров нефтедобычи для локализованных ресурсов общим объемом 0,05 ед. приведенных извлекаемых запасов нефти. Именно среди них предпочтительно вести ГРП для пополнения разведанных запасов за пределами 2020 г., это — **резерв второй очереди** после С₂. Не поддающиеся группировке структуры (общим объемом расчетных приведенных извлекаемых запасов нефти 0,6 ед.), но близкие к открытым месторождениям или нефтепромысловой инфраструктуре, образуют **резерв третьей очереди**. Условно они объединены в 32 узла потенциальной нефтедобычи. На этом локализованные неразведанные ресурсы нефти исчерпываются (табл. 3), и дальнейшие возможности нефтедобычи связаны с нелокализованными ресурсами, которые составят **резерв четвертой очереди**.

Зоной перспективной газодобычи, обладающей достаточной ресурсной базой, являются приуральские восточные районы РК, в особенности Интинский и Печорский. Эффективность освоения этих ресурсов в решающей мере зависит от прокладки многониточного магистрального газопровода Ямал — Европа через территорию республики, поэтому они рассматриваются в целом, без выделения очередности.

Расходы и чистая прибыль от освоения и эксплуатации ресурсов нефти из резерва второй и третьей очереди по расчетам ТП НИЦ оценены примерно одинаково [3]. После коррекции с учетом 30%-ной подтверждаемости локализованных ресурсов и с добавлением данных по

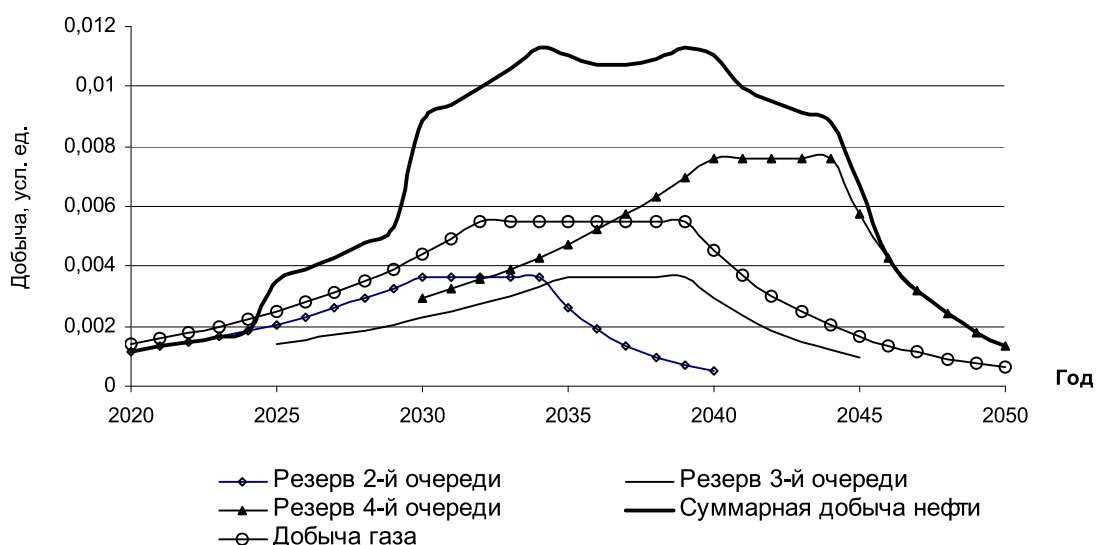


Рис. 3. Динамика прогнозной добычи нефти и газа в РК на основе неразведанных ресурсов

условным месторождениям четвертой очереди резерва, полученных путем аналогий, получены данные о затратах на освоение и эксплуатацию ресурсов (табл. 4).

Таблица 4

Затраты на разведку и освоение неразведанных ресурсов углеводородов Республики Коми, млрд долл.

Затраты	по очередям резерва			Сумма затрат
	второй	третьей	четвертой	
Затраты на ГРП	0,5	0,6	1,2	2,3
Кап. вложения (с ГРП)	3,6	4,0	3,4	11,0
Эксплуатационные затраты	1,9	2,1	4,1	8,1
Налоги и бюджетные платежи	0,5	0,6	0,9	2,0
Всего затрат	10,5	10,5	7,7	23,4

Видно, что сумма затрат уступает ожидаемой выручке 39,4 млрд долл. Запас прочности при выборе прогнозных цен позволяет надеяться, что эффективность нефтяной отрасли РК за пределами 2020 г. сохранится и при менее благоприятных ценовых условиях. Более же высокие цены увеличат ее эффективность, во-первых, за счет увеличения выручки от продаж, и, во-вторых, за счет увеличения числа месторождений, разработка которых станет рентабельной.

Размеры потенциальных месторождений газа не позволяют рассчитывать на прибыльность их освоения в рамках самостоятельного инвестиционного проекта. Другое дело, когда вблизи перспективных на газ районов пройдет магистральный газопровод Ямал – Европа. Тогда более крупные месторождения (общим объемом примерно 0,1 ед.) будут прибыльны как поставщики на экспорт. В противном случае перспективным направлением использования ресурсов может стать обеспечение потребностей районов их местонахождения в газе на местные нужды. Определение эффективности такого использования ресурсов газа выходит за рамки данной работы.

Список литературы

1. Ампилов Ю. П. Стоимостная оценка недр. М. : Геоинформцентр, 2003. 274 с.
2. Временные методические указания по экономической оценке ресурсов нефти и газа. СПб: ВНИГРИ, 1993.
3. Гайдеек В. И., Панкратов Ю. А., Прищепина О. М. Минерально-сырьевая база углеводородов Республики Коми // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. Спец. выпуск, июль 2000 г. с. 11-20.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М. : Мир, 1976. 165 с.
5. Картирование потенциальных ресурсов углеводородов с помощью математического аппарата / С.Л. Садов, Б.И. Тарбаев, Захаров А.А. и др. // Геология нефти и газ. 2005. № 2. с. 2-9.
6. Орлов В. П., Немерюк Ю. В. Государство и минерально-сырьевая база. М.: Геоинформмарк, 2001. 60 с.
7. Пространственное моделирование неопределенности при поисках залежей углеводородов северной части Предуральяского краевого прогиба / С. Л. Садов, Б.И. Тарбаев, А.А. Захаров и др. Сыктывкар : Коми научный центр УрО РАН, 2003. 88 с.
8. Садов С. Л. Методы оценки нефтегазового потенциала территорий. Сыктывкар : изд-во КНЦ УрО РАН, 2007. 248 с.
9. Садов С. Л. Прогноз затрат на освоение ресурсного потенциала Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции / Экономика региона. № 1. 2009. с. 182-186.
10. Садов С. Л., Тарбаев Б. И. Экономическое оценивание эффективности потенциальных нефтегазовых ресурсов // Пятые Мелентьевские теоретические чтения : сборник научных трудов. / под ред. А. А. Макарова. М. : ИНЭИ РАН, 2004. с. 257-266.
11. Тарбаев Б. И., Садов С. Л. Неопределенность и риск на примере освоения нефтегазоносного объекта // Экономика и математические методы. 2005. Т. 41. №3. с. 138-139.
12. Тарбаев Б. И., Садов С. Л. Учет неопределенности численных характеристик при экономической оценке перспективных ресурсов углеводородов // Геология нефти и газа. 2006. № 4. с. 2-8.
13. Шпильман В. И. Количественный прогноз нефтегазоносности. М. : Недра, 1982. 216 с.
14. Энергоэкономическое прогнозирование развития региона / Отв. ред. чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев. М. : Наука, 2008.
15. Chen Z., Sinding-Larsen R. Estimating petroleum resources using Geo-anchored method – a sensitivity study // Natural Resources Research, 1999. V. 8. N 1. pp. 49-58.
16. Cheng Q., Agterberg F. P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping // Natural resources research, 1999. V. 8. №1. pp. 27-35.