

УДК 553.98

## Оценка неоткрытых ресурсов газа арктических бассейнов Западного полушария (на основе графоаналитического анализа)

Е.Д. Ковалёва<sup>1\*</sup>, Ю.Б. Силантьев<sup>1</sup>, Т.О. Халошина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Российская Федерация, 142717, Московская обл., Ленинский р-н, с.п. Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый пр-д № 5537, вл. 15, стр. 1

\* E-mail: E\_Kovaleva@vniigaz.gazprom.ru

### Ключевые слова:

газ, ресурсный потенциал, Арктика, нефтегазоносный бассейн, вероятностная оценка, кластеризация, сбалансированность начальных суммарных ресурсов, интервал неопределенности.

**Тезисы.** В настоящее время наименее освоены ресурсы нефтегазоносных бассейнов Западного полушария: арктической части Аляски, Канадского Арктического архипелага, Гренландии и т.д. Имеющиеся оценки начальных суммарных ресурсов газа нефтегазоносных бассейнов отличаются большой неопределенностью. Это связано с низкой эффективностью геологоразведочных работ, проводимых с 1940-х гг. Единственное гигантское месторождение Прадхо-Бей было открыто после бурения на севере Аляски 46 глубоких скважин. Кроме этого, в пределах Американской Арктики открыты менее 100 преимущественно мелких месторождений (в бассейнах Бофорта, Свердрупском и северного материкового склона Аляски).

Рассмотрены результаты вероятностного моделирования неоткрытых ресурсов газа 13 нефтегазоносных бассейнов американского сектора Северного Ледовитого океана. Анализ интервалов неопределенностей и структурной сбалансированности оценок неоткрытых ресурсов, полученных Геологической службой США (USGS) в 2009 г., позволил провести их корректировку. Прогнозируются увеличение ресурсов газа западной части сектора и уменьшение оценок восточной (гренландской) части. В целом рассмотренные бассейны контролируют до 25 % ресурсов газа и до 60 % ресурсов нефти циркумполярных территорий планеты.

Освоение ресурсного потенциала арктических бассейнов Западного полушария лимитируется сложными физико-географическими и геолого-технологическими (в том числе геолого-экологическими) факторами. В настоящее время реализация крупномасштабных проектов ограничена. Однако проведение их может быть активизировано в процессе освоения Северо-Западного прохода (альтернативы Северному морскому пути).

Нефтегазоносные бассейны Крайнего Севера, в том числе акватории Северного Ледовитого океана, рассматриваются в качестве глобального стратегического резерва первичных энергетических ресурсов. Экспертные оценки показывают, что арктические регионы и акватории содержат примерно 13 % мировых неразведанных ресурсов нефти и до 30 % мировых неразведанных ресурсов газа [1, 2].

В пределах Северного полярного круга выделяются до 30 осадочных бассейнов, отличающихся особенностями строения, нефтегазоносности и уровнем освоения нефтегазового потенциала. Различия в формировании последнего объясняются сложными физико-географическими условиями и неравномерностью развития инфраструктуры вследствие удаленности от потребителя. Основная часть выявленных и разрабатываемых месторождений и ожидаемых ресурсов углеводородов (УВ) приурочена к двум нефтегазоносным бассейнам (НГБ) Восточного полушария – Баренцевскому и Западно-Сибирскому – и также НГБ северного материкового склона Аляски в Западном полушарии (рис. 1).

Прогнозируемое широкомасштабное освоение УВ-потенциала арктических регионов влияет на активизацию территориальных споров между Россией и Канадой, Канадой и Данией (включая суверенитет над о. Ганса) и вопросы прохода по Северо-Западному коридору между США и Канадой. К вопросам ресурсного освоения Арктического региона проявляют интерес и удаленные от него страны, такие как Китай, Япония, Индия, Южная Корея и др. Создание транспортных коридоров в Арктике позволит сократить морскую транспортировку УВ из Северной Атлантики в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В этом аспекте Арктика

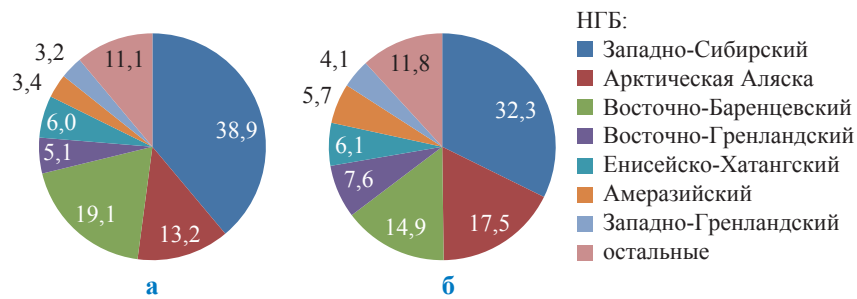


Рис. 1. Арктические НГБ. Распределение неоткрытых ресурсов, %:  
а – газ; б – УВ в целом

приобретает транзитную значимость, сопоставимую с Южно-Китайским и Красным морями, через которые в настоящее время проходит более 60 % экспорта энергоресурсов.

В связи с этим оценка неоткрытых ресурсов УВ может рассматриваться в качестве базовой для прогнозирования развития арктического шельфа и оценки геополитических рисков (в том числе стратегирования деятельности крупных вертикально интегрированных нефтяных компаний).

Авторы статьи поставили задачу оценить достоверность и сбалансированность имеющихся оценок ресурсного потенциала газа НГБ западного сектора циркулярной мегазоны (от акватории Чукотского моря до Гренландского моря) и вероятность их последующих корректировок. В качестве методологической основы анализа достоверности оценки ресурсов газа предложена система графоаналитического ресурс-менеджмента [3–5]. В данной статье объект исследования имеет ограниченный диапазон: рассмотрены лишь неоткрытые ресурсы, сопоставимые с перспективными и прогнозируемыми ресурсами категорий  $D_1$  и  $D_2$ , оценка которых характеризуется значительной неопределенностью.

Типовая динамика изменения структуры начальных суммарных ресурсов (НСР) УВ в процессе освоения ресурсного потенциала представлена ранее [5, с. 201, рис. 1]. Базовые варианты освоения УВ-ресурсов этих НГБ соответствуют начальному, зрелому и заключительному этапам формирования минерально-сырьевой базы (МСБ) региона. Первый этап характеризуется низкой разведанностью НСР, а последний – высокой. В процессе жизненного цикла доля неоткрытых ресурсов снижается, а достоверность их оценок повышается.

Геологической службой США (англ. United States Geological Survey, USGS)

в 2008 г. выполнено вероятностное моделирование оценки неоткрытых ресурсов газа [6]. Полученные модели послужили основой для корректировки оценок прогнозируемых ресурсов [3, 4].

Для выяснения причин возникновения погрешности на основе треугольной диаграммы (рис. 2) проанализирована структурная сбалансированность оценок неоткрытых ресурсов газа, контролируемых особенностями геологического информационного пространства освоения НГБ [5]. Диаграмма (см. рис. 2) отражает уровень самоорганизации оценки НСР и обладает свойствами открытой системы. Процессы самоорганизации контролируются вероятностной кластеризацией оценок [3]. Это позволяет выделять области нестабильности, связанные с характером проведения геологоразведочных работ, результаты которых становятся основой для дальнейших оценок на фоне эволюции стадийности геологоразведочных работ (см. рис. 2).

В тектоническом, географическом и геоморфологическом планах западноарктический сектор включает следующие элементы: центральную глубоководную часть Северного Ледовитого океана, Канадский Арктический архипелаг, моря Бофорта и Баффина, Канадский щит, хребты севера Аляски, ледовое плато Гренландии, акваторию Северной Атлантики, о. Ян-Майен, находящиеся в сочленении зон океано- и кратогенеза.

Особенности строения и нефтегазоносности НГБ контролируются наличием древних щитов палеозойско-мезозойских подвижных поясов ранне-позднеальпийского орогенеза Северной Атлантики (Иннутианского, Восточно-Чукотского, Восточно-Юконского и др.) и Центрально-Арктической зоны спрединга [7]. Последняя является узловым элементом развития Арктического мегабассейна,

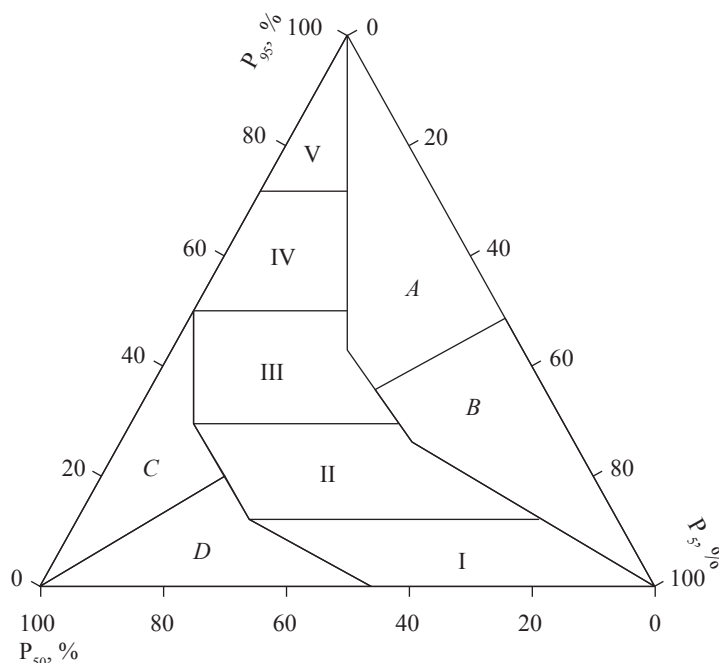


Рис. 2. Диаграмма оценки структурной сбалансированности НСР [4].

Области структурной несбалансированности за счет: *A* – отставания прогнозных и частично поисковых и оценочных работ; *B* – отставания прогнозных поисковых и оценочных работ;

*C* – опережения поисково-разведочных работ и отставания прогнозно-поисковых;

*D* – отставания разведочных и прогнозных работ. Стадии жизни МСБ:

*I* – начального изучения; *II* – развития; *III* – зрелости; *IV* – истощения; *V* – выбытия.

$P_5, P_{50}, P_{95}$  – вероятности 5, 50, 95 % соответственно

включающего систему глубоководных котловин – Канадской, Амундсена, Нансена (изобаты которых достигают 5,5 км в районе трога Литке) – и разделяющих их хребтов Менделеева, Ломоносова и Гаккеля [6].

Сложность и длительность освоения УВ-потенциала западноарктического сектора обусловлена экстремальными природно-климатическими условиями региона. Первое газовое месторождение Барроу открыто в 1949 г., нефтяное месторождение Иннуит – в 1950 г., наиболее крупное газонефтяное месторождение Прадхо-Бей – в 1968 г. после бурения на севере Аляски 14 глубоких поисковых скважин (его запасы оцениваются в 3,1 млрд т нефти и 0,75 трлн м<sup>3</sup> газа).

Максимальным уровнем освоенности ресурсного потенциала в Западной Арктике характеризуется НГБ северного материкового склона Аляски (Арктическая Аляска) [2]. В его пределах открыты более 40 (преимущественно небольших) скоплений УВ, в том числе около 20 – на прибрежном шельфе в море Бофорта, одно крупное – в акватории Чукотского моря, до 20 преимущественно мелких скоплений газа (Меаде, Губик,

Ковик и др.) – на суше. Исключение составляют месторождения-гиганты Прадхо-Бей и Купарук. Нефтегазоносность связана с каменноугольными известняками и песчаниками перми и мезозоя; залежи в основном литологические и стратиграфические [7].

В канадском секторе промышленная нефтегазоносность установлена в двух НГБ – бассейнах Бофорта и Свердрупском, расположенных соответственно в южной части Американо-Канадской впадины и северной части Канадского архипелага. Поисковое бурение в пределах НГБ Бофорта проводится с 1972 г. По результатам бурения 90 скважин в НГБ выявлены 25 месторождений УВ (Натик, Америк, Туи и др.). В Свердрупском бассейне по результатам бурения 34 скважин открыты 19 месторождений УВ (Дрейк-Пойнт, Хеша и др.). В качестве перспективных рассматриваются Гренландские НГБ – Восточный, Северный и Западный. В пределах «тыловых» (преимущественно сухопутных) районов Западной Арктики определенные перспективы имеют бассейны Хоуп, Юконский, Франклинский, Северо-Западной Канады [7].

В связи с экономическими проблемами, прекращением государственной поддержки, отсутствием инфраструктуры после 1980 г. разведочное бурение на арктическом шельфе (Чукотское море и море Бофорта) было практически прекращено. В настоящее время интерес к проведению разведочных работ возобновляется (выданы более 20 лицензий на разведку). В 2010 г. компания Cairn Energy обнаружила УВ в Гренландии: здесь планируется освоение проектов на площади 85 тыс. км<sup>2</sup>. Освоение ресурсов Центрально-Арктической системы НГБ (Амеразийский, хребет Ломоносова и др.) и субарктической Атлантики (Ян-Майенский микроконтинент) требует применения геотехнологий глубоководного бурения и является задачей второй половины текущего столетия.

Особенности тектонотипа и структуры седиментации арктических НГБ Западной Арктики определяют различия УВ-систем и масштабы аккумуляции газа [1, 9]. В табл. 1 приведены результаты прогнозного моделирования неоткрытых ресурсов газа при вероятностях  $P_{95}$ ,  $P_{50}$ ,  $P_5$ .

Представленная USGS оценка характеризуется:

- точностью до 1 млрд м<sup>3</sup> (очевидно, что на современном уровне геологического изучения оценки должны иметь кратность  $10^{-2}$  или  $10^{-1}$  трлн м<sup>3</sup>);
- несовпадением базовой и средней оценок (в трех случаях средняя оценка больше базовой, в трех случаях – наоборот. Очевидно,

это связано с характером распределения кривых Гаусса – левосторонней или правосторонней асимметрией [6]), что указывает на неравнозначность представленных оценок);

- отсутствием оценок для трех НГБ, которое следует рассматривать как погрешность алгоритма оценки слабоизученных бассейнов.

Наличие ресурсов, установленное с вероятностью  $P_{95}$ , указывает на сравнительно высокий уровень информационного обеспечения проведенной оценки, в том числе за счет относительно высокой разведанности начальных ресурсов. Базовая оценка основана на относительно высоком уровне геолого-геофизической изученности. Очевидно, эти оценки можно аппроксимировать категориями ресурсов соответственно  $D_0$  и  $D_{II}$ . Оценки ресурсов с вероятностью  $P_5$  сопоставимы с перспективными и прогнозируемыми ресурсами категорий  $D_1$  и  $D_2$ .

Наиболее высоким ресурсным газовым потенциалом, по оценке USGS, обладают бассейны Арктической Аляски и акватории Гренландского моря (Восточно-Гренландский НГБ), различающиеся уровнем освоенности: более высокий характерен для НГБ северного материкового склона Аляски. Сравнительно высокой освоенностью ресурсного потенциала характеризуются бассейны Свердрупский и Амеразийский (Бофорта), для которых имеются оценки с вероятностью  $P_{95}$ .

Сравнительно высокую опоскованность ( $P_{50}$ ) имеют бассейны гренландского кластера – Западной и Северной Гренландии. По оценкам

Таблица 1

**Арктические бассейны Западного полушария.  
Оценка неоткрытых ресурсов газа (USGS, 2009 г.), трлн м<sup>3</sup>**

НГБ	Оценка			
	оптимистическая с вероятностью $P_{95}$	базовая с вероятностью $P_{50}$	пессимистическая с вероятностью $P_5$	средняя
Арктическая Аляска	1,925	6,905	25,518	6,199
Восточно-Гренландский	–	1,493	8,296	5,891
Амеразийский (Бофорта)	0,158	0,546	2,035	0,748
Западно-Гренландский (Восточная Канада)	–	0,039	5,516	1,451
Северо-Гренландский	–	0,512	1,412	0,258
Ломоносовский	–	–	1,214	0,200
Свердруп	0,075	0,412	1,152	0,241
Северо-Чукотский	–	–	0,320	0,170
Хоуп	–	–	0,125	0,018
Северо-Западно-Канадский	–	–	0,172	0,009
Юконский	–	–	–	–
Ян-Майенский	–	–	–	–
Франклинский	–	–	–	–

USGS 2018 г., ресурсный потенциал УВ этих бассейнов достигает 20 млрд т нефтяного эквивалента (н.э.). Неоткрытые ресурсы газа при вероятности  $P_5$  оценены для десяти НГБ. По трем НГБ – Юконскому, Ян-Майенскому и Франклинскому – оценки ресурсов отсутствуют.

Анализ оценок ресурсного потенциала стран СНГ [7], выполненных в USGS и в Российской Федерации, выявил занижение варианта USGS, т.е. оценки USGS более вероятны.

На рис. 3 и 4 представлены модели вероятностной кластеризации неоткрытых ресурсов газа арктических бассейнов Западного полушария. Применительно к наиболее крупным НГБ Западной Арктики – Арктической Аляске, Восточно-Гренландскому и Амеразийскому (Бофорта) – наименьшим интервалом неопределенности (ИН) оценки неоткрытых ресурсов газа [4] характеризуется Амеразийский бассейн (см. рис. 3): ИН составляет 1877 млрд  $m^3$ , а интервал относительной неопределенности (ИНО) – 11,9. Эти показатели характерны для

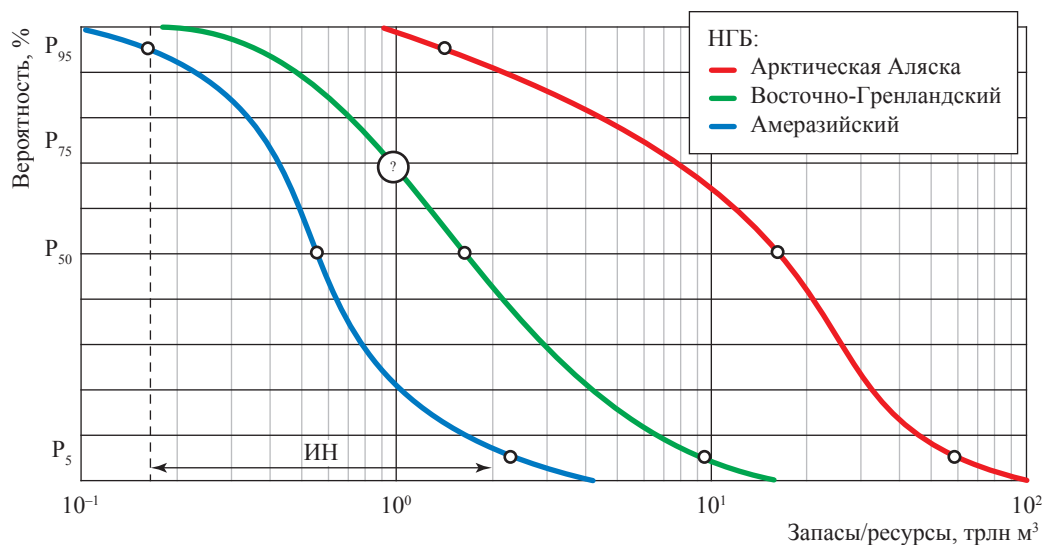


Рис. 3. Западная Арктика. Вероятностная кластеризация неоткрытых ресурсов газа крупных НГБ (с ресурсами > 1,0 трлн  $m^3$ ): здесь и далее на рис. 4 знак вопроса указывает на отсутствие оценки ресурсов с вероятностью  $P_{95}$ , поэтому кривые построены методом экстраполяции

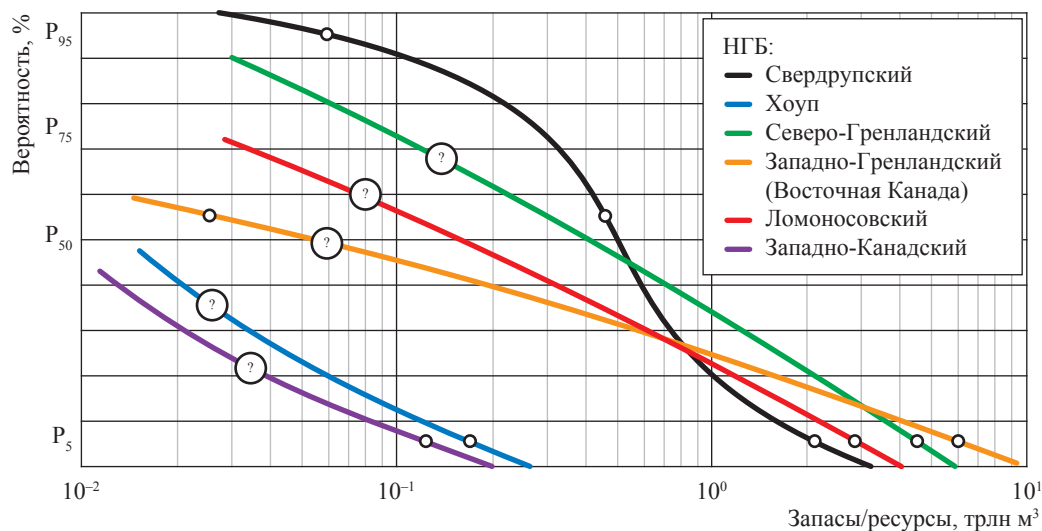


Рис. 4. Западная Арктика. Вероятностная кластеризация неоткрытых ресурсов небольших НГБ (с ресурсами < 1,0 трлн  $m^3$ )

оценок с небольшой вероятностью существенных корректировок в будущем [5]. Результаты анализа неопределенности оценок неоткрытых ресурсов газа значительно превышают эти показатели. Для Арктической Аляски значения ИН и ИНО составляют соответственно 25593 млрд м<sup>3</sup> и 13,27. Оценка Восточно-Гренландского НГБ имеет еще больший ИНО. Отметим, что с учетом жизненного цикла оценок (см. рис. 1) наибольшим уровнем разведанности (поисковой зрелости) характеризуется Американо-Аляска, а наименьшим – Арктическая Аляска (см. рис. 3).

Структура неоткрытых ресурсов газа Свердрупского бассейна имеет наиболее «зрелый» характер по сравнению с другими бассейнами Западной Арктики (см. рис. 4): ИН и ИНО здесь составляют соответственно 1077 млрд м<sup>3</sup> и 14,36. Эти показатели близки к показателям бассейнов Бофорта и Арктической Аляски (см. рис. 3).

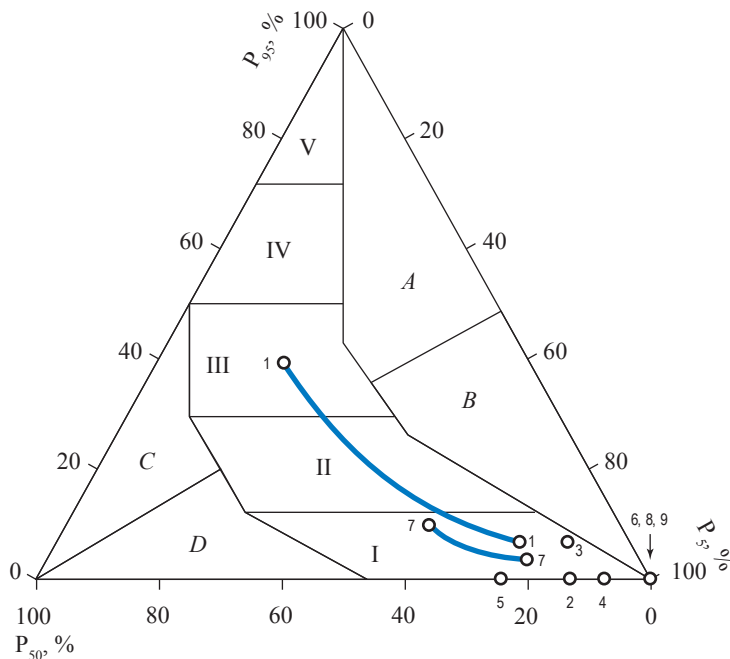
Среди остальных НГБ (см. рис. 4) выделяются две группы: (1) ИН > 2000 млрд м<sup>3</sup> (Ломоносовский, Западно- и Северо-Гренландский) и (2) ИН < 300 млрд м<sup>3</sup> (Западно-Канадский и Хоуп). Вероятно, для 1-й группы близка возможная оценка Северо-Чукотского перспективного НГБ, а для 2-й – совокупности

НГБ, включающей бассейны Юконский, Франклинский и Ян-Мейский. Таким образом, три оценки ресурсов (для НГБ Арктическая Аляска, Бофорта и Свердрупского) имеют характер 1-го приближения (начального изучения), а остальные – нулевого приближения (допоскового изучения).

На рис. 5 представлены результаты графо-аналитического анализа структурной сбалансированности неоткрытых ресурсов газа большей части объектов Западной Арктики [4].

Сбалансированный характер имеют вероятностные оценки бассейнов Бофорта, Свердрупского и Арктическая Аляска. Наименее сбалансирована структура неоткрытых ресурсов бассейнов Хоуп, Ломоносовского и Северо-Западной Канады: для них отсутствует базовая оценка с вероятностью P<sub>50</sub>. Структура оценки ресурсов Гренландской системы бассейнов имеет промежуточный характер.

Несбалансированность структуры ресурсных оценок связана с отставанием прогнозных, поисковых и оценочных работ (см. рис. 2, сектор В) в бассейнах Хоуп, Ломоносовском и Северо-Западно-Канадском. Для сбалансированных оценок бассейнов Свердрупского и Арктической Канады представлены варианты динамики структурной



**Рис. 5. Западная Арктика. Структурная сбалансированность неоткрытых ресурсов газа НГБ Арктическая Аляска (1), Восточно-Гренландского (2), Американо-Аляска (3), Западно-Гренландского (Восточная Канада) (4), Северо-Гренландского (5), Ломоносовского (6), Свердрупского (7), Северо-Западно-Канадского (8), Хоуп (9)**

сбалансированности при возобновлении поисков УВ и связанных с этим изменениях стадийности состояния МСБ.

Полученная информация позволяет провести корректировку представленной USGS оценки [3, 4, 5]. Алгоритм корректировки оценок НСР, или графоаналитического ресурс-менеджмента, показан ранее [3; 5, с. 205, рис. 4]. Аномальные отклонения фактической и прогнозируемой вероятностных кривых связаны с недостаточным геолого-информационным обеспечением оценки НСР газа для региона. Очевидно, что увеличение геолого-геофизических исследований позволит провести корректировку исходной кривой за счет ее сближения с прогнозируемой.

Предложенный алгоритм и выявленные особенности распределения вероятностной матрицы неоткрытых ресурсов газа позволили провести корректировку неоткрытых ресурсов газа бассейнов Западной Арктики (см. табл. 1) и получить уточненный вариант их оценки (табл. 2). Дополнительно выполнены оценки ресурсов газа слабоизученных НГБ (Юконского, Франклинского и Ян-Майенского), а также базовые и пессимистические оценки ресурсов ряда других НГБ. При этом учтены ресурсные возможности федеральных территориальных «резервов»: национального нефтяного резерва на Аляске (англ. National Petroleum Reserve in Alaska, NPRA), Арктического национального заповедника дикой природы (англ. Arctic National Wildlife

Refuge, ANWR), глубоководного шельфа и др. [6].

Отмечено уменьшение базовой и оптимистической оценок Гренландской системы бассейнов. В связи с получением притока нефти компанией Cairn Energy (Великобритания) можно прогнозировать, что бассейны этой системы могут быть потенциально нефтеносны. Оценки ресурсов НГБ Свердрупского и Западно-Канадского незначительно увеличились. Сравнительно невысокий ресурсный УВ-потенциал включенных в оценку Юконского, Западно-Канадского и Франклинского бассейнов указывает на граничный характер их экономического освоения.

Инновационно сложной проблемой является освоение глубоководных объектов НГБ Центрально-Арктической впадины, что обусловлено наличием мощного ледового покрова и суровыми климатическими условиями. Однако ускорение процессов глобального потепления – в настоящее время скорость таяния ледового покрова Гренландии увеличилась в четыре раза по сравнению с 2008–2010 гг. – может способствовать круглогодичной эксплуатации Северо-Западного прохода и проведению работ в акватории Канадской котловины и на смежных территориях. В свою очередь, это, вероятно, повлечет за собой возобновление территориальных споров по Центральной Арктике, в том числе в плане допуска к прогнозным энергетическим ресурсам неарктических стран.

Таблица 2

**Арктические бассейны Западного полушария.  
Оценка неоткрытых ресурсов газа (ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2018 г.), трлн м<sup>3</sup>**

НГБ	Оценка			
	оптимистическая с вероятностью P <sub>95</sub>	базовая с вероятностью P <sub>50</sub>	пессимистическая с вероятностью P <sub>5</sub>	средняя
Арктическая Аляска	2,0	6,9	27,2	8,2
Восточно-Гренландский	0,4	2,1	7,3	5,2
Амеразийский (Бофорга)	0,2	2,6	4,1	2,8
Западно-Гренландский (Восточная Канада)	< 0,1	0,6	4,2	0,9
Северо-Гренландский	< 0,1	0,5	2,1	0,7
Ломоносовский	< 0,1	0,4	1,4	0,5
Свердруп	0,1	0,6	1,3	0,7
Северо-Чукотский	< 0,1	0,4	0,8	0,5
Хоуп	< 0,1	0,3	0,7	0,4
Северо-Западно-Канадский	< 0,1	0,2	0,5	0,4
Юконский	< 0,1	0,1	0,3	0,2
Ян-Майенский	< 0,1	0,2	0,8	0,5
Франклинский	< 0,1	0,1	0,3	0,2

В настоящее время ресурсы НГБ западного сектора Арктики составляют до 40 % всех неоткрытых ресурсов УВ полярных регионов, в том числе 25 % газа и более 60 % нефти. Основные ресурсы УВ (более 35 %) локализованы в пределах северного материкового склона Аляски. Оценка ресурсов нефти Восточно-Гренландского НГБ [6] явно завышена.

Анализ матрицы неоткрытых ресурсов (см. табл. 2) указывает на ограниченный газовый потенциал НГБ арктических бассейнов Западного полушария (по сравнению с Восточным). Тем не менее он стратегически важен для развития газовой промышленности Северной Америки, имеющей сравнительно низкую обеспеченность запасами и добычей традиционного газа. При благоприятных

инвестиционно-технологических условиях газовый потенциал Западной Арктики (в первую очередь, Арктической Аляски) может способствовать формированию крупного регионального источника газа для стран Тихоокеанского региона, т.е. стать риск-фактором для реализации восточных проектов ПАО «Газпром». В настоящее время из-за санкций Китай прекратил импорт американского газа.

Адаптированная в статье методология корректировки оценки неоткрытых ресурсов газа сравнительно эффективна для анализа ресурсно-добычного потенциала слабоизученных регионов России [4, 5] и стран дальнего зарубежья на начальных этапах формирования инвестиционного замысла региональных нефтегазовых проектов.

### Список литературы

1. Клещев К.А. Оценка ресурсов нефти и газа нефтегазоносных систем мира / К.А. Клещев, Г.Ф. Ульмишек. – М.: ВНИГНИ, 2008. – 325 с.
2. Высоцкий В.И. Мировые ресурсы нефти и газа и прогноз их освоения / В.И. Высоцкий, В.И. Ермолкин // Труды РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2012. – № 1. – С. 3–28.
3. Силантьев Ю.Б. Особенности агрегированной методики оценки достоверности НСР углеводородов сибирских регионов на этапе предынвестиционных исследований / Ю.Б. Силантьев, А.А. Алексеева, А.А. Киселева // М-лы Научно-практической конференции «Перспективы развития нефтегазового комплекса востока России». – СПб.: Наука, 2006. – С. 221–228.
4. Силантьев Ю.Б. Принципы оценки достоверности начальных суммарных ресурсов углеводородов на этапе предынвестиционных исследований / Ю.Б. Силантьев, Н.Ю. Юферова // Перспективы развития минерально-сырьевой базы газовой промышленности на этапе предынвестиционных исследований. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2008. – С. 196–207.
5. Силантьев Ю.Б. Ресурсный потенциал газа краевых прогибов Российской Федерации (вероятностная оценка) / Ю.Б. Силантьев, Е.Д. Ковалёва // Вести газовой науки. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 199–207.
6. Ganter D.L. Assessment of undiscovered oil and gas in the Arctic / D.L. Ganter, K.J. Bird, R.R. Carpienter, et al. // Science. – 2009. – Т. 324. – С. 1175–1179.
7. Zabanbark A. Circumpolar oil and gas bearing basins of Arctic part of the North American continent / A. Zabanbark, L.I. Lobcovsky // Oceanology. – 2015. – Т. 56. – № 5. – С. 750–759.

## Assessment of undiscovered gas resources in the Arctic basins of Western Hemisphere (graphoanalytical analysis)

Ye.D. Kovaleva<sup>1\*</sup>, Yu.B. Silantsev<sup>1</sup>, T.O. Khaloshina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gazprom VNIIGAZ LLC, Bld. 1, Estate 15, Proyektiruemyy proezd no. 5537, Razvilka village, Leninskiy district, Moscow Region, 142717, Russian Federation

\* E-mail: E\_Kovaleva@vniigaz.gazprom.ru

**Abstract.** Nowadays, the resources of the oil-gas bearing basins in the Western Hemisphere are developed worst of all, namely: Arctic part of Alaska, Canadian Arctic Archipelago, Greenland, etc. The available assessments of the initial total gas resources in the oil-gas-bearing basins are characterized with considerable uncertainty. It depends on low efficacy of geological prospecting, which has been carried out since 1940s. The only gigantic Prudhoe Bay



field was discovered after 46 deep wells had been drilled at north of Alaska. Besides, within the margins of the American Arctic less than 100 fields mostly small were discovered (the basins of Beaufort, Sverdrup, and the northern continental slope of Alaska).

This paper reveals probabilistic models of the undiscovered gas resources in 13 oil-gas-bearing basins at the American sector of the Arctic Ocean. Analysis of the uncertainty intervals and structural balance of USGS's resource estimations (2009) enables their correction. Authors predict increase of gas resources in a western part of the sector, and their decrease in its eastern (Greenlandian) part. In total, the studied basins control up to 25 % of gas resources, and up to 60 % of oil resources at the circumpolar territories of our planet.

Development of the Arctic resource potential in the Western Hemisphere is limited with the challenging physical-geographical and geological-technological factors including the geological-environmental ones. Nowadays, implementation of major projects is troublesome. Nevertheless, they could be activated during development of the North-West Passage alternative to the Northern Sea Route.

**Keywords:** gas, resource potential, the Arctic, oil-gas-bearing basin, probabilistic assessment, clusterization, balance of initial total resources, interval of uncertainty.

### References

1. KLESHCHEV, K.A., G.F. ULMISHEK. *Assessment of oil and gas resources in the oil-gas-bearing systems of the world* [Otsenka resursov nefi i gaza neftegazonosnykh system mira]. Moscow: All-Russian Research Geological Oil Institute (VNIGNI), 2008. (Russ.).
2. VYSOTSKIY, V.I., V.I. YERMOLKIN. World oil and gas resources and prediction of their development [Mirovyye resursy nefi i gaza i prognoz ikh osvoyeniya]. *Trudy of Gubkin University*. 2012, no. 1, pp. 3–28. ISSN 2073-9028. (Russ.).
3. SILANTYEV, Yu.B., A.A. ALEKSEYEVA, A.A. KISELEVA. Specific qualities of an aggregated procedure for assessing authenticity of total initial hydrocarbon resources of Siberian regions in course of pre-investment research [Osobennosti agregirovannoy metodiki dostovernosti NSR uglevodorodov sibirskikh regionov na etape predynvestitsionnykh issledovaniy]. In: *Proc. of sci.-practical conf. "Outlooks for development of the oil-gas complex in the east of Russia"*. St.-Petersburg, 2006, pp. 221–228. (Russ.).
4. SILANTYEV, Yu.B., N.Yu. YUFEROVA. Principals of assessing authenticity of total initial hydrocarbon resources during pre-investment research [Printsipy otsenki dostovernosti nachalnykh summarnykh resursov uglevodorodov]. In: *Prospects for developing mineral resource base of gas industry during pre-investment research* [Perspektivy razvitiya mineralno-syryevoy bazy gazovoy promyshlennosti na etape predynvestitsionnykh issledovaniy]: collected papers. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2008, pp. 196–207. (Russ.).
5. KOVALEVA, Ye.D., Yu.B. SILANTYEV. Gas resource potential of fore deeps in Russian Federation (probabilistic assessment) [Resursnyy potentsial gaza krayevykh progibov Rossiyskoy Federatsii (veroyatnostnaya otsenka)]. *Vesti Gazovoy Nauki*: collected scientific technical papers. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2018, no. 3(35): Issues for resource provision of gas-extractive regions of Russia, pp. 199–207. ISSN 2306-9849. (Russ.).
6. GANTER, D.L., K.J. BIRD, R.R. CARPIENTER, et al. Assessment of undiscovered oil and gas in the Arctic. *Science*. 2009, vol. 324, pp. 1175–1179. ISSN 0036-8075.
7. ZABANBARK, A., L.I. LOBCOVSKY. Circumpolar oil and gas bearing basins of Arctic part of the North American continent. *Oceanology*, 2015, vol. 56, no. 5, pp. 750–759. ISSN 0001-4370.