

УДК 553.98:550.8

Поиски месторождений и залежей углеводородов в осадочных бассейнах Северной Евразии: итоги, проблемы, перспективы

В.А. Скоробогатов^{1*}, В.В. Рыбальченко², Д.Я. Хабибуллин², А.Н. Рыбьяков²

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

² ПАО «Газпром», Российская Федерация, 190900, г. Санкт-Петербург, BOX 1255

* E-mail: V_Skorobogatov@vniigaz.gazprom.ru

Ключевые слова: поиски, месторождение, залежь, геолого-разведочные работы, нефть, газ, углеводороды, запасы, геостатистика, Северная Евразия, Западно-Сибирская и Восточно-Сибирская мегапровинции.

Тезисы. Приведены результаты ретроспективного анализа динамики открытия месторождений нефти и газа в мире и России за 170 лет ведения поисково-разведочных работ, а также современная нефтегазовая геостатистика (2014–2018 гг.).

В XX в. ежегодно в России в среднем открывались 34...35 новых месторождений, но в 1961–1990 гг. часто до 70...80, причем как среди газовых, так и среди нефтяных месторождений до 1991 г. числом преобладали крупные (соответственно 30 млрд м³, более 30 млн т) и средние (10...30 млн т условного топлива) по запасам. В период 2001–2014 гг. количество открытий месторождений углеводородов (МУВ) в мире снизилось до 400 в год (в том числе в России до 50...60 в год), в последующие годы эта величина уменьшилась до 170...180 (соответственно в России до 40...45).

К началу 2019 г. во всем мире открыты и частично разведаны около 77 тыс. МУВ различной крупности (по запасам нефти, свободного газа и суммарных углеводородов) и разного фазового состояния: чисто нефтяных – без залежей свободного газа, газовых, газоконденсатных и смешанных. Большинство МУВ многозалежные, с числом единичных скоплений (залежей) углеводородов от 2...3 до 45...50, редко более. По экспертной оценке, всего в мире открыты примерно 350 тыс. скоплений: от мельчайших (десятки тысяч тонн и миллионы метров кубических) до уникальных 35 млрд т и 36 трлн м³ (геол.).

В России с 2001-го по 2018 г. число вновь открываемых МУВ уменьшилось с 55 до 45 в год и менее (в отдельные годы), их средняя крупность составила в 2016 г. по нефти 1,6 млн т, по газу 2,2 млрд м³. «Измельчание» средних запасов в Северной Евразии происходит вследствие продолжающихся открытий МУВ в старых европейских районах, а также в Ханты-Мансийском автономном округе (с единичными запасами, как правило, менее 1,0 млн т, 1,0 млрд м³).

Расширенное воспроизводство минерально-сырьевой базы газодобычи предопределяет необходимость выхода с поисками в новые районы и области суши, активизации геологоразведочных работ в пределах акваторий арктических и дальневосточных морей России, а также обоснование новых перспективных направлений и крупных неопроискованных объектов.

Общий прирост новых разведанных/доказанных запасов газа за 2019–2040 гг. на суше России и в пределах акваторий Северной Евразии по ПАО «Газпром» составит 16...18,0 трлн м³ с коэффициентом восполнения добычи около 1,18...1,24, в целом по России (по всем компаниям-операторам) – 24...26 трлн м³. Согласно экспертной оценке авторов, всего в России прогнозируются 6400...6500 месторождений крупнее 0,1 млн т нефти и 0,1 млрд м³ газа, в том числе до 2800 неоткрытых, из них не менее 800...1000 – месторождения преимущественно свободного газа и смешанные, с нефтяными оторочками. Предполагаются еще 1500...1800 месторождений с запасами менее 0,1 млн т, 0,1 млрд м³.

В силу сложившихся обстоятельств объемы поисково-разведочных работ на суше должны постоянно возрастать при существенном увеличении доли поисковой компоненты. Только в этом случае углеводородный потенциал недр России будет успешно осваиваться, так как именно поиски и новые открытия определяют долгосрочную стратегию развития минерально-сырьевой базы газодобычи.

В статье обсуждаются проблемы поиска новых месторождений углеводородов в 2019–2020 гг. и вплоть до 2040 и 2050 гг. на суше и арктическом шельфе России.

Исследований, посвященных проблемам именно поисков новых залежей и месторождений углеводородов (МУВ), насчитывается немного [1–7]. Обычно рассматриваются результаты и проблемы поисково-разведочных работ (ПРР) в целом [8–12]. Настоящая статья является логическим продолжением более ранних публикаций по проблемам поисков и разведки МУВ [13–16].

Главное в научно-геологической деятельности – аналитически осмысленное и обоснованное предвидение будущих открытий МУВ. Суть научного прогноза – предсказать, какие месторождения (по величине запасов и фазовому состоянию), где, на каких глубинах, с какими добычными возможностями и с какой геолого-экономической эффективностью будут открыты, разведаны и освоены для промышленной добычи газа и нефти.

Проблема геологоразведочных работ (ГРР) и ПРР заключается не столько в объемах, сколько в целевом назначении бурения и, главное, в результативности в отношении новых открытий и новых приростов запасов газа, конденсата и нефти там, где они нужнее всего для обеспечения бескризисного развития добычи углеводородов всеми компаниями-операторами в средне- и долгосрочной перспективе (до 2040–2050 гг.).

Поиски и разведка МУВ в различных осадочных бассейнах мира и России проводятся уже более 150 лет, особенно активно во второй половине XX в. Главная цель – создание и развитие надежной минерально-сырьевой базы (МСБ) газо- и нефтедобычи. Важнейшей составной частью МСБ являются запасы, текущие и будущие, получаемые в ходе ПРР на нефть и газ, а также прогнозные ресурсы углеводородов – под будущие поиски, разведку и приросты запасов.

Научно-производственная цепочка создания и развития МСБ добычи любых полезных ископаемых, в том числе горючих – угля, нефти и газа, такова: научное предвидение → научно-обоснованный прогноз → поиски → разведка → освоение → эксплуатационная доразведка с уточнением моделей строения и промышленных запасов. Главное связующее звено этой цепочки – поиски. Действительно, труднее и ответственнее всего найти, открыть новое месторождение или залежь, гораздо легче и менее рискованно их разведать и далее освоить. Без научно обоснованного прогноза и оценки перспективных объектов поиски оказываются часто малорезультативными и высокочрезвычайными.

Верхнюю часть земной коры осложняют 550 осадочных бассейнов (ОБ) и суббассейнов (ОСБ) различной площади и глубины погружения фундамента (от 1...3 до 18...22 км), из них к мегабассейнам (МБ) относятся семь площадью более 2 млн км² каждый: Восточно-Сибирский (ВСМБ), Западно-Сибирский

(ЗСМБ), Мексиканского залива, Арабо-Персидский, Средиземноморский, Баренцево-морский, Бенгальского залива. Двести сорок из 550 бассейнов являются нефтегазоносными (НГБ), т.е. с открытыми МУВ. К ним приурочены одноименные провинции (НПП) и мегапровинции (МП) [17–19].

Под Северной Евразией (СЕА) авторы понимают территорию России и акватории окружающих арктических и дальневосточных морей. Поиски и разведка нефти и газа проводятся в пределах 30 ОБ и ОСБ СЕА. Преимущественно месторождения и залежи углеводородов открыты на суше СЕА.

Проблемы динамики (геостатистики) открытий МУВ в России и современном мире обсуждаются в работах А.П. Афанасенкова, А.М. Брехунцова, А.И. Варламова, В.И. Высоцкого, И.И. Нестерова, В.П. Орлова, Е.Е. Полякова, В.В. Рыбальченко, Ю.Б. Силантьева, В.А. Скоробогатова, Д.Я. Хабибуллина и многих др. [6, 9, 13, 17, 20]. Структурирование начальных потенциальных ресурсов газа (НПР) и нефти (официальных и корпоративных) по различным методикам проводили Т.В. Гудымова, В.И. Демин, А.Э. Конторович, Н.А. Крылов, В.А. Скоробогатов, М.О. Хвилевичкий, В.И. Шпильман и др. [21–24]. НПР углеводородов (УВ) складываются из открытых запасов (ОЗ), перспективных (ПР) и прогнозных, неоткрытых, (ПрР) ресурсов УВ:

$$\text{НПР УВ} = \text{ОЗ} (\text{НД} + \text{A} + \text{B}_1 + \text{C}_1 + \text{C}_2) + \\ + \text{ПР} (\text{D}_0, \text{D}_n) + \text{ПрР} (\text{D}_1 + \text{D}_2),$$

где НД – накопленная добыча; А, В₁, С₁, С₂, D₀, D_n, D₁, D₂ – категории запасов и ресурсов согласно Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов.

Среднее число открытий МУВ в мире в XX в. составляло 600...650 в год, при этом до 1940 г. во всех странах открывались единицы и первые десятки МУВ, среди них уникальные и крупнейшие по запасам. Во второй половине XX в. число открываемых месторождений увеличилось до 700...800, однако их размер стал прогрессивно снижаться. К началу 2019 г. во всем мире открыты и частично разведаны около 77 тыс. МУВ различной крупности (по запасам нефти, свободного газа (СГ), УВ в сумме) и фазового состояния: чисто нефтяных (Н) – без залежей СГ, газовых (Г) и газоконденсатных (ГК), смешанных (НГ, НГК, ГКН и т.д.) [2, 6, 12].

Большинство МУВ многозалежные, с числом единичных скоплений (залежей) УВ от 2...3 до 45...50, редко более. По экспертной оценке, всего в мире открыты примерно 350 тыс. скоплений: от мельчайших (десятики тысяч тонн и миллионов метров кубических) до уникальных 35 млрд т и 36 трлн м³ (геол.).

Главные мировые тенденции в области поисков и разведки:

1) неуклонное – год от года – снижение числа и общих запасов вновь открываемых МУВ, особенно в старых нефтегазодобывающих регионах (Европа, США, ближний шельф);

2) продолжение крупных открытий – преимущественно газосодержащих месторождений – только на малоизученных акваториях (восток Средиземного моря, шельф Гайаны, Западная Африка, приамальская часть Южно-Карской области, присахалинский шельф и др.);

3) экспоненциальное уменьшение средних доказанных запасов, приходящихся на одно новое месторождение и на одну удачную скважину;

4) преимущественная газоносность большинства шельфовых областей (открытие месторождений Г, ГК и ГКН);

5) повсеместное исчерпание в большинстве ОБ на суше возможностей для открытия крупнейших месторождений УВ (более 100 млн т условного топлива – у.т., при номинальном отношении 1 т жидких УВ = 1000 м³ СГ);

6) осознание экспертами всех компаний-операторов необходимости «поискового ренессанса» в большинстве регионов суши: резкого увеличения объемов ГРП и роста доли поисковой компоненты для открытия большого числа новых месторождений и залежей УВ любой крупности, которые ранее имели место в разные периоды развития МСБ газо- и нефтедобычи различных стран, регионов и областей (в России – это двадцатилетие 1966–1985 гг., позднее – преимущественно разведка и доразведка МУВ).

В частности, по данным В.И. Высоцкого, в 2010 г. во всем мире были обнаружены 479 МУВ (в том числе 213 – газосодержащих), соответственно в 2012 г. – 377 (255) МУВ, в 2014 г. – 294 (154) МУВ, в 2016 г. – 207 (80) МУВ. Как видно, в последние годы по числу открытий преобладают нефтяные месторождения. Средние доказанные запасы, приходящиеся на 1 месторождение, уменьшились по нефти с 4,5 до 2,8 млн т, по газу с 8,9 до 5,7 млрд м³.

В любой провинции или области в числе первых обнаруженных трех-семи МУВ оказывается и месторождение – лидер по запасам нефти или СГ. Например, уникальное по запасам СГ Бованенковское ГК месторождение на Ямале было открыто в 1971 г. третьим по счету, самое крупное на Гыдане ГКН месторождение Утреннее – вторым и т.д. Открываются массово сначала крупнейшие, далее крупные и средние и в конце преимущественно мелкие и мельчайшие, но и отдельные средние и иногда даже крупные по запасам МУВ, пропущенные ранее. Это общемировая закономерность, но при относительно равномерном размещении по площади поисковых скважин. При концентрации ПРП в одной какой-либо области или зоне она нарушается вследствие отсутствия опосредования других, возможно, более богатых, областей (зон). Так было, например, в ЗСМП, когда в 1953–1960 гг. поиски проводились в окраинных Березовском и Шаимском районах и открывались небольшие МУВ, и только с выходом бурения в центральные и северные области с 1961 г. начались открытия уникальных, гигантских и крупнейших МУВ в целом для провинции – Самотлорского по нефти (1964 г.), Уренгойского по газу (1966 г.) – и наступило «десятилетие гигантов» (до 1974 г.).

Практически все месторождения-лидеры (и по газу, и по нефти) на суше США открыты также в первые два десятилетия ведения интенсивных ПРП, т.е. после 1910 г. (Панхэнл-Хьюгтон – 1924 г., Ист-Тексас – 1926 г. и др.). В России большинство крупнейших нефтяных гигантов были обнаружены в двадцатилетие 1948–1967 гг. – Ромашкино, Усть-Балыкское, Самотлорское, Новопортовское и др. [25].

Все уникальные (более 3 трлн м³ начальных запасов) и сверхгигантские (1...3 трлн м³) газосодержащие месторождения на суше СЕА обнаружены в период с 1965-го по 1990 г. включительно. Особенно «урожайным» стало двадцатилетие 1965–1976 гг., когда были открыты все уникальные на суше, шесть из восьми сверхгигантских и 15 из 25 гигантских месторождений газа. Единственное на шельфе СЕА уникальное по запасам Штокмановское ГК месторождение (3,9 трлн м³) обнаружено в 1988 г. [26]. Примечательно, что в 1991–2000 гг. в мире выявлены 110 гигантских МУВ, в том числе только два в России, однако преимущественно за счет шельфовых

областей (в СЕА бурение на море только началось).

В XX в. ежегодно в России в среднем открывалось 34...35 новых месторождений, но в 1961–1990 гг. часто до 70...80, причем, как среди газовых, так и среди нефтяных месторождений до 1991 г. числом преобладали крупные (более 30 млн т, 30 млрд м³) и средние (10...30 млн т у.т.). В период 2001–2014 гг. число открытий МУВ в мире снизилось до 400 в год (в том числе в России до 50...60), в последующие годы эта величина уменьшилась до 170...180 (соответственно 40...45).

В последнее двадцатилетие (2000–2019 гг.) газосодержащие месторождения-гиганты (более 300 млрд м³) открывались в пределах акваторий морей (Обская губа, присахалинский шельф в Охотском море), а поиски на суше приводили к открытию крупных (30...100 млрд м³), средних и мелких месторождений и отдельных залежей. Все сказанное справедливо и по отношению к поискам и открытию нефтесодержащих месторождений [27].

В главном нефтеносном регионе России – Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) – за период 1993–2012 гг. (20 лет) обнаружены более 100 месторождений нефти, в том числе семь крупных (от 30 до 95 млн т, извлек.) и 22 средних, остальные – мелкие и мельчайшие найдены преимущественно в зонах впадин и прогибов (своды и мегавалы были опоскованы еще в 1970–1980-х гг.). На севере ЗСМП (суша) в XXI в. продолжались открытия достаточно крупных по запасам газосодержащих месторождений (Ярудейское, Северорусское, Зап.-Юрхаровское и др.), но запасы каждого составляли менее 100 млн т у.т.

В России поиск и разведку газа и нефти проводят компании-операторы, владельцы месторождений (при их доразведке) и перспективных лицензионных участков с неоткрытыми ресурсами СГ и нефти. Например, за 18 лет XXI в. предприятиями ПАО «Газпром» открыты 110 новых залежей УВ и 54 МУВ (по три в год), преимущественно газосодержащие, в том числе три гигантских (Южно-Кириновское – 677,1 млрд м³, Каменномыское-море – 555,0 млрд м³ и Северо-Каменномыское – 404,9 млрд м³), 3 крупных, 45 средних и 3 мелких, в том числе: в европейских областях – 18, в Надым-Пур-Тазовском регионе – 14, в Восточной Сибири и на шельфе – по 7,

в Томской области – 2 и т.д. Однако в Ямало-Карском регионе и на Гыдане открытий месторождений не произошло (прирост запасов по разведке).

В период с 2002-го по 2016 г. включительно (17 лет) всеми компаниями-операторами в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) открыты 40 новых месторождений углеводородов: 10 ГК, 10 ГКН/НГК, 20 Н, в том числе предприятиями ПАО «Газпром» 14 МУВ: 5 ГК, 6 НГК, 3 Н, в том числе два средних по запасам газа (15,6 и 17,1 млрд м³), остальные мелкие (по кат. В₁+С₁). Таким образом, в среднем на севере мегапровинции в последние годы открываются по два-три МУВ.

Точная геостатистика открытий отдельных залежей УВ, общая по России, а также по регионам и периодам, отсутствует, но она весьма показательна по отдельным областям. В частности, за период 2002–2009 гг. в пределах ЯНАО (суша) открыты 60 залежей, в том числе 18 нефтяных и 42 газосодержащих (Г, ГК, ГКН и др.), в том числе с оторочками нефти, из них 20 в юрском продуктивном комплексе, наименее изученном, и только одна залежь газа в сеномане: как поисковый объект альб-сеноманский комплекс «завершился» к 1990 г. (на суше), когда начальные запасы сеноманских газовых залежей достигли 30 трлн м³ [28].

Нефтегазовая геостатистика СЕА последних лет такова. По состоянию на 01.01.2016 в России насчитывались 3454 МУВ, в том числе 2462 – чисто нефтяных, 420 – Г и ГК (без нефти), 572 – смешанных (НГК, ГКН и др.), в диапазоне крупности от 25...30 тыс. т у.т. до 7,3 млрд т нефти (Самотлор, геол.) и 12,3 трлн м³ СГ (Уренгой), в том числе 58 на шельфе, 904 в пределах ЗСМП, 88 в Восточно-Сибирской мегапровинции (ВСМП) и т.д.

На начало 2017 г. в России насчитывались уже 3498 месторождений, в том числе 949 с запасами СГ, в том числе с разведанными и предварительными запасами 50,5 и 18,7 трлн м³ соответственно. Начальные ОЗ СГ превысили 92 трлн м³. По оценке авторов, на 01.01.2019 общее число МУВ России приблизилось к 3,6 тысячи.

В России с 2001-го по 2018 г. (табл. 1 в том числе) число вновь открываемых МУВ уменьшилось с 55 до 45 и менее (в отдельные годы), средняя крупность составила в 2016 г.: по нефти 1,6 млн т, по газу 2,2 млрд м³. «Измельчание» средних запасов в СЕА происходит вследствие

продолжающихся открытий МУВ в старых европейских районах, а также в ХМАО (с единичными запасами, как правило, менее 1,0 млн т или 1,0 млрд м³).

За все годы эксплуатации открытых и разведанных МУВ на 01.01.2019 НД нефти в России составила 24,3 млрд т, газа – 23,6 трлн м³, текущие разведанные извлекаемые запасы нефти промышленных категорий (A+B₁+C₁) – 18,5 млрд т, СГ – 51,0 трлн м³ (геол.). Вместе с нефтяным газом извлекаемые запасы природного газа составляют 42 трлн м³. Даже ничего не предпринимая в рамках дальнейшего развития МСБ газа, Россия может добывать до 1 трлн м³ традиционного газа до 2050–2055 гг. [10, 29].

Очень показательна нефтегазовая геостатистика открытий МУВ по отдельным регионам, например, по ЗСМП. Целенаправленные ПРР на нефть и газ в Западной Сибири начались в 1948 г. Первое месторождение, кстати, газовое, с залежью в породах контакта юры и доюрских образований – Березовское, малое по запасам, было обнаружено в сентябре 1953 г., три последних на суше (небольших по разведанным запасам) – в 2018 г. По состоянию на 01.01.2019 всего известны 915 месторождений. Таким образом, ежегодно открывались от 13 до 14 новых МУВ (от 2 до 16, редко более, хотя и «пустых» лет тоже практически не было). Наибольшее число месторождений открыто в ХМАО, наименьшее – в южных областях и в Красноярском крае на левобережье р. Енисей (20). В частности, в ХМАО на 01.01.2016 на государственном балансе числились 470 МУВ, в том числе 444 нефтесодержащих – 406 Н, 16 ГН, 22 НГК;

на 01.01.2018 их число увеличилось до 475. В среднем с 1953-го по 2018 г. ежегодно обнаруживались до семи МУВ.

В ЯНАО (суша) известны 226 МУВ, темп их открытия составлял 4 месторождения в год (с 1964 г.), вместе с тем крупность газосодержащих месторождений на севере существенно выше, чем в центральных нефтегазоносных областях: известны четыре уникальных по газу месторождения (более 3 трлн м³ каждое) и только одно гигантское нефтесодержащее по извлекаемым запасам, но три по геологическим. В ХМАО есть только одно уникальное МУВ – Самотлорское.

На шельфе ЗСМП (Южно-Карская область с губами) открыты 12 месторождений Г и ГК, в том числе Нярмейское и Динковское (достаточно крупные) в 2018–2019 гг. Известны еще 10 месторождений типа суша/море (Харасавэйское, Крузенштерновское и др.).

И совсем не показательна история поисков в Восточной Сибири: с 1956-го по 2018 г. включительно здесь обнаружены всего 92 МУВ, в том числе ряд средних и мелких по запасам, – менее двух в год (в среднем). Некоторые месторождения (Моктаконское и др.) были выявлены, но на баланс не поставлены в силу ряда причин, а большое число перспективных площадей и аномалий типа «залежь» оказались водоносными и выведены из бурения (в ареале Вилуйской впадины, в Иркутской области и др.) [30].

Общемировой тенденцией XXI в. является экспоненциальное уменьшение средних единичных запасов УВ вновь открываемых месторождений и залежей, особенно нефти,

Таблица 1

Итоги ПРР в России в 2018 г. (по данным Роснедр за 2018–2019 гг.)

Совокупное количество МУВ, открытых всеми компаниями-операторами при объеме бурения 1247 тыс. пог. м,	55 (C ₁ +C ₂)
в том числе газосодержащих МУВ	8 (1 крупное, 1 среднее, 3 мелких, 3 очень мелких)
Прирост по новым МУВ, млрд м ³	289
Суммарный прирост по открытиям, млн т у.т.	486
Суммарный прирост газа, млрд м ³	1095
Прирост по ПАО «Газпром», млн т у.т.	818
Наиболее крупные открытия	Сев.-Обское – 274 млрд м ³ ; Нептун – 70,1 млн т; Тритон – 44,9 млн т; Иртышское – 21,4 млн т; Киренское – 15,2 млн т
Открытия ПАО «Газпром» в 2019 г.	2 ГК МУВ (Динковское – 391 млрд м ³ , Нярмейское – 121 млрд м ³) + 7 залежей

Примечание. За многие годы вплоть до 2018 г. включительно ПАО «Газпром» не было открыто ни одного нового МУВ, открытия возобновились в 2019 г.

вместе с тем на шельфах продолжают открытию преимущественно газовых гигантов (300...1000 млрд м³) (табл. 2).

Современный период поисков и разведки газа и нефти в России (2018–2020 гг.) характеризуется:

- усложнением геолого-поискового пространства и, как следствие, увеличением геологических рисков производства работ, особенно на глубокие горизонты, повсеместно и в ВСМП;

- увеличением глубинности поисков и разведки, ужесточением термобарических и катагенетических условий локализации новых залежей и, как следствие, ухудшением коллекторских свойств пород природных резервуаров;

- усложнением фазового состояния и строения залежей углеводородного сырья на средних, повышенных и больших глубинах (3,2...4,5 км);

- измельчением вновь открываемых месторождений;

- появлением многочисленных нефтяных оторочек даже в преимущественно газоносных районах как отрицательного (= сдерживающего) фактора разведки и освоения газосодержащих залежей;

- проведением преимущественно разведочных работ с получением тактической выгоды за счет прироста запасов;

- отсутствием в большинстве регионов суши крупных поисковых объектов, достойных внимания крупных компаний-операторов (для будущих ПРР);

- минимальным увеличением текущих промышленных запасов за счет «чистых открытий» и новых, недавно введенных объектов;

- повсеместно очень высокой площадью изученности и глубинной разбуренностью (до 3,5...4,0 км) перспективных земель в Сибири и на Дальнем Востоке (юг Сибирской платформы, 55...65 % по различным районам);

- ухудшением структуры перспективных и прогнозных ресурсов СГ и особенно нефти: в большинстве регионов суши открытие крупнейших газосодержащих (>100 млрд м³) и крупных нефтяных (более 30 млн т, извлеч.) МУВ уже не прогнозируется или имеет малую вероятность даже в таких регионах, как Обь-Енисейское арктическое междуречье и северо-запад Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции;

- открытием скоплений газа и нефти с пограничными по добычным возможностям запасами (дебитами 40...70 тыс. м³/сут и 3...5 т/сут), большую часть которых следует относить к нетрадиционным (в низкопроницаемых коллекторах на малых и средних глубинах), на севере ЗСМП (ачимовская толща и юра), на юге Восточной Сибири (терригенный венд) и др.;

- усилением конкурентной борьбы между компаниями-операторами за месторождения нераспределенного фонда и наиболее перспективные участки недр (под поиски).

Из опыта проведения ПРР известно, что весьма трудно найти новое МУВ, особенно в малоизученных или, наоборот, хорошо

Таблица 2

Распределение по крупности запасов самых значительных газосодержащих месторождений, открытых предприятиями ПАО «Газпром» в России в 2000–2016 гг.

Месторождение (год открытия)	Запасы газа, млрд м ³		Местоположение
	кат. А + В ₁ + С ₁	кат. В ₂ + С ₂	
1. Южно-Кириновское (2010)	677,1	34,1	Охотское море
2. Каменномыское-море (2003)	555,0	–	Обская губа
3. Сев.-Каменномыское (2000)	404,9	27,1	
4. Зап.-Астраханское (2005)	20,1	121,2	Астраханская обл.
5. Чугорьяхинское (2002)	42,5	4,4	Обская губа
6. Зап.-Часельское (2008)	39,9	19,0	Надым-Пур-Тазовский регион (НПТР)
7. Чиканское (2006)	25,0	66,3	Иркутская обл.
8. Абаканское (2010)	25,7	16,8	Красноярский край
9. Ильбокичское (2012)	12,8	46,3	
10. Юж.-Падинское (2011)	17,2	20,1	НПТР
11. Юж.-Парусовое (2005)	15,6	–	
12. Аюбинское (2006)	13,8	0,4	Оренбургская обл.
13. Падинское (2015)	8,2	185,4	НПТР

изученных районах и областях, где процесс изучения недр до больших глубин (5,0...6,0 км) зашел уже далеко. Найти новую залежь в пределах открытого месторождения в том или ином комплексе пород несколько легче. Особого труда не составляют разведка открытых залежей углеводородов и тем более эксплуатационная доразведка (первыми добывающими скважинами), но даже ее проведение дает порой неожиданные результаты (не только прирост, но и снижение величины разведанных запасов как неподтвердившейся).

Особенность поисковых работ: чем МУВ больше по площади и сложнее по строению, тем длительнее процесс его опоискования, тем больше поисковых, а в дальнейшем и разведочных скважин требуется для перевода реальных начальных ресурсов газа и нефти в разведанные запасы. То же справедливо и в отношении районов, областей и целых провинций нефтегазоаккумуляции. Число необходимых поисковых скважин для открытия месторождений/залежей определяется:

1) сложностью геологического строения перспективных площадей (локальных поднятий), включая структурные особенности (наличие одного или двух-трех куполов), литологической неоднородностью, наличием разломов. Всего авторами выделяются четыре уровня геолого-поисковой сложности. Например, четвертым уровнем сложности характеризуется Новопортовское НГК месторождение на Ямале, третьим – Уренгойское НГК месторождение и т.д.;

2) числом перспективно нефтегазоносных проницаемых комплексов пород, разделенных региональными и областными покрывками (глубинно-стратиграфическими уровнями поисков);

3) термобароглубинными условиями локализации углеводородного сырья.

Часто на многопластовых месторождениях выделяются этажи продуктивности, которые приходится опоисковывать специальными «разновозрастными» скважинами, как на севере ЗСМП в 1960–1990-х гг.: сначала газоносный сеноман (глубина погружения кровли 0,8...1,2 км), далее неоком (2,5...3,2 км), юра (2,8...3,8 км), потом доюрские комплексы (более 3,5 км). В идеале первая поисковая скважина должна быть пробурена на максимальную глубину (до подошвы осадочного чехла), технологически грамотно и без

аварий испытана, и в таком случае она открывает все существующие в разрезе данного месторождения залежи УВ и позволит оценить, пусть в первом приближении, его углеводородный потенциал. Дальнейшая разведка растягивается на многие годы на средних и малых месторождениях и часто десятилетия (до 20...40 и даже 50 лет) на гигантских и уникальных МУВ типа Большого Уренгоя, Ямбургского и др. Например, Уренгойское ГКН месторождение было открыто в 1966 г. поисковой скважиной № 2 (сеноман). Открытия неокомских залежей последовали в начале, а среднеюрских и ачимовских – в конце семидесятых, но средние и нижние горизонты мощной толщи тюменской свиты остались непоискованными до сих пор (2019 г.), не говоря уже о триасе и палеозое. Причем последующие поисковые скважины (на средние и большие глубины), естественно, доразведуют уже открытые залежи верхних горизонтов. Например, для полного опоискования и разведки гигантского Новопортовского НГК месторождения после его открытия в 1964 г. понадобились еще более 40 лет и бурение 145 скважин (!), причем доюрские толщи (газоносный палеозой) остаются непоискованными (полноценно) до сих пор. То же и на Бованенковском ГК месторождении: первые три скважины на доюрский комплекс оказались непродуктивными, а возможности открытия залежей УВ в базальных горизонтах юры и зоне контакта с доюрскими породами остаются.

Опыт ПРР до 1991 г. показывает, что «пробуксовка» поисковых работ (неоткрытие месторождений) началась на Ямале еще в середине 1980-х гг., когда бурение и испытание ряда глубоких скважин на малых локальных структурах и на дальних склонах мегавалов и сводов не приводили к открытию новых месторождений (по всему разрезу) или залежей ниже сеноманских газовых залежей (в неокоме и средней юре) на Вост.-Харасавэйской, Харатской, Тарминской, Пяседайской и Сядорской, Верхнетиутейской, Каменномысской, Южно-Нурминской, Малотамбейской и многих других площадях именно в силу избирательности процесса газонакопления в недрах (отсутствия в ряде зон благоприятных аккумуляционных условий в нижнемеловых породах и консервационных условий в среднеюрских) вне сводовых частей структур. То же наблюдалось и на Гыдане, где малые по запасам МУВ

(Штормовое, Ладертойское и др.) стали открывать уже в конце 1980-х гг., а поиски углеводородного сырья в породах юры не увенчались сколько-нибудь ощутимыми успехами (открыта одна ГК-залежь с запасами 1,3 млрд м³ в гор. Ю₂₋₃ на Геофизическом НГК месторождении, а поиски велись на шести площадях). Аналогичная ситуация характерна и для левобережного района Енисей-Хатангской области, где было пробурено большое число поисковых скважин, в том числе со вскрытием среднеюрской толщи, а крупные ГК месторождения открыты преимущественно в небольшой по площади Мессояхско-Пеляткинской зоне (менее 15 % от площади района).

Давно замечено, что если в поисковой скважине при испытаниях не получены результаты в виде открытия залежей УВ (месторождения в целом), то наиболее вероятны следующие причины:

- отсутствует замкнутая структура, или мала ее амплитуда (менее 10 м);
- скважина неверно расположена по отношению к своду структуры (на дальнем склоне или вообще вне замыкающей изогипсы);
- ранее существовавшие в течение геологического времени скопления УВ оказались разрушенными вследствие неблагоприятных консервационных условий в новейшее время (дегазация недр по разломам и др.).

Процесс поисков новых залежей на открытых месторождениях растягивается на многие годы (до 8...10 лет) для малозалежных средних и малых по запасам месторождений и десятилетия (до 30...40 лет и более) для многозалежных крупных и гигантских месторождений с большим стратиграфическим диапазоном продуктивности. Кроме того, независимо от тектонической позиции расположения МУВ установлено: чем больше геологические запасы МУВ, тем больше расстояния между их внешними границами. Это обусловлено масштабами процессов аккумуляции в пределах газо- и нефтесборных площадей и объемов пород, поэтому в окрестностях гигантских МУВ не стоит ожидать открытия даже средних по запасам МУВ, только мелких (например, ареал Бованенковского месторождения на Ямале, ареалы всех гигантов в НПТР, Юрубчено-Тохомская зона в ВСМП и др.)

Поиски месторождений планируются под неоткрытые (ПР + ПрР) ресурсы УВ – раздельно нефти и СГ, поэтому от достоверности

и достоверности количественных оценок НПР УВ зависит успех поиска. Чем точнее и корректнее количественный прогноз газо- и нефтеносности локальных перспективных объектов, тем выше успешность поисков новых месторождений и залежей [21, 24].

В связи с поисками новых месторождений настораживает наметившаяся после 2005 г. тенденция массового открытия малых месторождений и залежей УВ (на уровне первых и даже десятых долей миллиардов метров кубических и миллионов тонн), в том числе в регионах Сибири и даже на шельфе (Обское и Мынгинское месторождения, каждое менее 10 млрд м³).

Главная проблема поисков и разведки УВ в XXI в. – отсутствие новых массовых открытий крупных месторождений и залежей на суше [6]. Общероссийской проблемой является также высокая (> 60 %) и очень высокая (> 80 %) степень структурно-буровой изученности всех европейских и большинства сибирских регионов и областей суши (до глубин 4 км), кроме Гыдана и северо-запада Сибирской платформы (ВСМП), однако изученность шельфа глубоким бурением остается невысокой либо низкой (по разным морям).

В последнее десятилетие значительно сократился объем поискового бурения, проводимого крупнейшими компаниями России, за счет увеличения разведки и доразведки месторождений и залежей, открытых еще до 1990 г. Такая же тенденция сохранится, по видимому, и в 2020 г. Таким образом, можно говорить о том, что в первое двадцатилетие текущего столетия господствовала разведочная парадигма ГРП. В 2019–2020 гг. намечается переход к новой – поисковой – парадигме ведения работ, прежде всего на арктическом шельфе и в малоизученных районах ЗСМП и ВСМП. Это должно выразиться в усилении поисковой компоненты в структуре ГРП, увеличении объема поисковых работ до 30...35 %, а в совершенно новых районах – до 50 % и более, хотя основные приросты (85...90 %) новых запасов дают разведочные работы.

Представляется, что для крупных компаний два года – 2019 и 2020 гг. – станут переходными от этапа большой разведки к этапу массовых поисков (к периоду «поискового ренессанса») [31]. Двадцатилетняя (2021–2040 гг.) эволюция этого процесса в России, в частности, применительно к предприятиям

ПАО «Газпром», будет характеризоваться следующими условиями:

- завершением поисков на суше последних крупнейших (более 100 млрд м³), а также ряда крупных (более 30 млрд м³) газосодержащих месторождений в Западной и Восточной Сибири, их дифференцированной разведкой (в зависимости от крупности вновь открываемых залежей);

- опоискованием приамальского и присахалинского шельфов в 2021–2030 гг. и баренцевоморского шельфа (с 2031–3035 гг.) на новых перспективных структурах по схеме: одна-две поисковые присводовые (в том числе одна подтверждающая открытие МУВ) и одна оценочно-разведочная скважины на восточных склонах на реально возможную глубину (низы неокома в Южно-Карской области, верхи триаса в Баренцевом море и т.д.). Цели – открытие крупнейших и гигантских месторождений и залежей УВ; оценка геологических запасов газа и нефти (с их соотношением кат. $C_2 > V_1 + C_1$); при обнаружении относительно небольших по предполагаемым запасам (менее 100 млрд м³ и особенно менее 30 млрд м³) морских месторождений – временная консервация ПРР;

- завершением массовых поисков на глубокие горизонты (более 4 км) в большинстве областей суши России в связи с высокими рисками неполучения положительных результатов в виде новых открытий и приростов промышленных запасов газа и особенно нефти.

Все меньше на суше России остается мало и вовсе не исследованных областей, районов и комплексов пород. Во многих районах процесс ПРР близится к завершению в силу исчерпания возможностей обнаружения крупных, средних и даже небольших неоткрытых залежей УВ на глубинах менее 4,5 км. Многие даже уникальные газо- и нефтеносные комплексы практически закончились (или заканчиваются) как поисковые объекты (газоносный альб-сеноман на суше ЗСМП, неомом в ХМАО, верхняя юра в Томской области и др.). Вообще, проблемы развития и укрепления МСБ газа и нефти и стратегия проведения дальнейших ПРР в России активно обсуждаются последние два десятилетия [9, 11, 21, 29, 32–35 и др.].

В мире главные тренды развития МСБ газо- и нефтедобычи таковы:

1) тропические и субтропические зоны заливов, проливов, склоны эпиконтинентальных

морей (Мексиканский залив, Мозамбикский пролив, юго-восточный шельф Бразилии, моря Северной Австралии и др.);

2) кайнозойские дельты рек (Нила, Нигера, Инда, Ганга, Иравади, Махакама, Дуная, Пра-Амура, Пра-Волги и др.);

3) арктические моря;

4) на суше – Восточная Сибирь и арктические области СЕА;

5) подсолевые карбонатные толщи соленодных бассейнов повсеместно.

Безусловно, будущее развитие МСБ газодобычи связано с арктическим шельфом, хотя новые открытия и нефтяных, и газовых месторождений и залежей в Западной и Восточной Сибири будут продолжаться еще несколько десятилетий (до 2050 г. и далее), но до 90 % вновь открываемых скоплений будут относиться к мелким (менее 3 млн т у.т., извлеч.). Массовое открытие подобных скоплений в преимущественно нефтеносных районах уже началось в XXI в. (после 2002 г.).

Очевидны три главных (стратегических) направления развития МСБ газовой и нефтяной отраслей промышленности России на дальнюю перспективу за счет традиционных и «пограничных» ресурсов:

- западно-сибирское, имея в виду арктические области суши одноименной мегапровинции (газ) и юрский комплекс (газ/нефть – трудноизвлекаемые ресурсы);

- восточно-сибирское (Сибирская платформа, включая ее восточную – якутскую – часть);

- морское (шельфовое) – западноарктический шельф, а также Охотское море (газ + конденсат).

Расширенное воспроизводство МСБ газодобычи предопределяет необходимость выхода с поисками в новые районы и области суши, активизации ГРР в пределах акваторий арктических и дальневосточных морей России, а также обоснования новых перспективных направлений и крупных неопроискованных объектов для повышения эффективности развития сырьевой базы газодобычи. Общий прирост новых разведанных/доказанных запасов газа за 2019–2040 гг. на суше России и в пределах акваторий СЕА по ПАО «Газпром» прогнозируется в объеме 16...18,0 трлн м³ с коэффициентом восполнения добычи около 1,18...1,24. Будущие поиски МУВ в России будут иметь специфику в различных областях и регионах:

• **европейская часть.** В Предкавказье, на юге Волго-Уральской и на севере Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций в будущем будут открываться редкие средние и большое число мелких по запасам газосодержащих месторождений. Крупнейшие и тем более гигантские месторождения «запрещены» к открытию по генетическим и статистико-ресурсным условиям.

Возможны приятные неожиданности в плане новых открытий в российской газоносной части Прикаспийской впадины (провинции), где могут быть обнаружены два-три гиганта (более 300 млрд м³), однако обнаружение сверхгигантских месторождений в подсолевых карбонатах – событие маловероятное. Возможны открытия и нескольких крупнейших месторождений СГ (на уровне 100...200 млрд м³, вряд ли более);

• **Западная Сибирь.** В НПТР последние из числа открытых месторождений газа относились также к категории средних и малых, здесь вряд ли стоит ожидать обнаружения месторождений крупнее 50...70 млрд м³. В породах ачимовской толщи и средней юры к открытию предполагаются преимущественно средние и малые по запасам месторождения и залежи УВ (3...30 млн т у.т.).

На Ямале (суша) могут быть открыты одно-два новых крупнейших месторождения (с запасами не более 150...200 млрд м³ каждое), в Обь-Енисейском арктическом междуручье – не более четырех-пяти, да и то в самой неизученной восточной части Гыдана и западной – Енисей-Хатангской области.

В ЗСМП основные неоткрытые ресурсы газа сосредоточены в апте, неокме и средней юре арктических областей мегапровинции, включая Карское море. Среди газосодержащих прогнозируется открытие трех-четырёх сверхгигантских (более 1 трлн м³, открытый шельф), 22...25 крупнейших и гигантских (0,1...1,0 трлн м³), 70...80 крупных (30...100 млрд м³) и многих сотен средних и мелких месторождений (одно- и многозалежных);

• **ВСМП.** В южных областях ВСМП уже открыты два сверхгигантских газосодержащих месторождения, однако ни одного гиганта (0,3...1,0 трлн м³), и семь крупнейших, в том числе пять в Якутии (учитываются только разведанные запасы кат. В₁+С₁). В относительно изученных и разбуренных южных областях

обнаружение газовых гигантов маловероятно, но нескольких месторождений крупнее 100 млрд м³ вполне возможно;

• **арктический шельф.** Открытия гигантских и сверхгигантских МУВ вероятны до 2035 г., крупнейших, крупных и средних – в 2036–2050 гг., мелких – после 2050 г.

В конечном итоге суммарный геологически обоснованный прирост разведанных запасов кат. В+С₁ (всеми компаниями-операторами) к 2040 г. в целом по Ямальской, Гыданской (суша) и Южно-Карской (шельф) областям оценивается в 15,4...16,5 трлн м³ газа и до 2,5 млрд т нефти и конденсата. В отдаленной перспективе после 2040 г. достигнутый уровень добычи газа по арктическим месторождениям (380...450 млрд м³ в год) будет поддерживаться за счет месторождений-спутников, вновь открываемых на суше, и морских месторождений на карском шельфе (меловые продуктивные горизонты, юра, триас и палеозой – газ в плотных коллекторах).

По экспертной оценке авторов, в России прогнозируются всего 6400...6500 месторождений крупнее 0,1 млн т нефти и 0,1 млрд м³ газа, в том числе неоткрытых до 2800, из них не менее 800...1000 – месторождения преимущественно СГ и смешанные, с нефтяными оторочками. Прогнозируются еще 1500...1800 месторождений с запасами менее 0,1 млн т у.т. или 0,1 млрд м³, как правило, однозалежных, однако по величине начальных запасов они относятся уже к нетрадиционным. Поиски и разведка месторождений и залежей УВ продлятся весь XXI в., однако максимум открытий (по числу новых месторождений), по-видимому, придется на двадцатилетие 2031–2050 гг. (до 100 новых МУВ в год). При этом фонд реально существующих неоткрытых крупных и даже средних по запасам нефтесодержащих месторождений (более 10 млн т каждое) на суше будет исчерпан к 2035 г., газосодержащих – к 2040 г.

К 2050 г. общее число МУВ крупнее 0,1 млн т у.т. в пределах ЗСМП (суша) достигнет 1400...1500, ВСМП – вряд ли более 300, на шельфе – не менее 230...250 (с единичными запасами более 1 млн т у.т.).

В десятилетие 2051–2060 гг. освоение углеводородного потенциала недр России (суша и шельф), т.е. перевод реальных потенциальных ресурсов в начальные разведанные запасы, достигнет, по экспертной оценке авторов,

88...90 %. Неоткрытые (остаточные) ресурсы УВ будут «распылены» по многим сотням мелких и мельчайших месторождений и залежей на глубинах более 3 км преимущественно в арктических областях суши и шельфа с пониженными добычными возможностями.

Таким образом, в силу сложившихся обстоятельств объемы ПРР на суше должны постоянно возрастать при условии существенного увеличения доли поисковой компоненты. Только в этом случае стратегия освоения углеводородного потенциала недр России будет успешно реализована, так как именно поиски и новые открытия определяют дальнюю стратегию развития МСБ газо- и нефтедобычи России.

Выше речь шла об освоении традиционных запасов и ресурсов УВ (с высокими и средними добычными возможностями и с залежами крупнее 0,1 млн т у.т.). На смену поискам традиционных скоплений УВ после 2030 г. все более активно будут приходиться ПРР в плотных коллекторах с низкими и непромышленными по современным критериям добычными возможностями (с дебитами газа менее 20 тыс. м³/сут, нефти – менее 3 т/сут) [18, 36–38]. По оценке авторов, геологические ресурсы «плотного газа» (180...200 трлн м³ на глубинах 3...6 км) сопоставимы с ресурсами обычного,

традиционного, газа (не менее 200 трлн м³), однако извлекаемые (согласно современным возможностям) ресурсы этих двух важнейших видов СГ составляют, по расчетам, 60...75 и 170...180 трлн м³ соответственно (в соотношении 1:3). Точно так же ресурсы нефти в плотных, практически непроницаемых (проницаемость 0,05...0,2 мД, не более), терригенных и карбонатных коллекторах значительно уступают ресурсам обычной нефти.

В регионах СЕА поиски разновеликих (по геологическим и извлекаемым запасам) скоплений УВ в различных фазовых состояниях и с разными добычными возможностями останутся целесообразными и рентабельными еще много десятилетий XXI в. Параллельно будут происходить изучение и промышленное освоение рассеянных форм УВ – сланцевой нефти, сланцевого и угольного газов, а также газогидратов. Их опосредованное с подготовкой извлекаемых запасов – особая проблема нефтегазовой геологии России. Именно на ресурсное обеспечение бескризисного развития энергетических отраслей промышленности России и мира до 2040 и 2050 гг. и будут нацелены ПРР в ОБ Земли, на суше и в акваториях тропических и северных морей, предстоящие в дальнейшем компаниям-операторам [10, 19, 29, 31, 37, 39].

Список литературы

1. Алексин Г.А. Перспективы поисков нефти и газа в юрских отложениях полуостровов Ямал и Гыдан / Г.А. Алексин, З.Ж. Дурдиев, В.Н. Ростовцев // Геология нефти и газа. – 1983. – № 2. – С. 1–6.
2. Брехунцов А.М. Прогноз и поиск крупных и уникальных месторождений нефти и газа на севере Западной Сибири / А.М. Брехунцов, В.С. Бочкарев, Н.П. Дешеня // Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа. – М.: Геоинформмарк, 2004. – С. 72–80.
3. Васильев В.Г. Перспективы поисков газовых месторождений в угленосных толщах Советского Союза: тематический обзор / В.Г. Васильев, В.И. Ермаков, Н.Д. Елин и др. – М.: ВНИИЭГазпром, 1971. – 60 с.
4. Гулари Ф.Г. О поисках нефти в северных районах Западно-Сибирской провинции / Ф.Г. Гулари, Ю.Г. Зимин, А.А. Трофимук // Геология нефти и газа. – 1971. – № 10. – С. 6–10.
5. Карнаухова С.М. Где искать новые гигантские и уникальные газосодержащие месторождения в осадочных бассейнах мира? / С.М. Карнаухова, В.А. Скоробогатов // XX Губкинские чтения: Фундаментальный базис инновационных технологий поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа и приоритетные направления развития ресурсной базы ТЭК России (28–29 ноября 2013 г.): сб. тезисов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – С. 45–46.
6. Орлов В.П. О дефиците открытий в нефтегазовой геологии / В.П. Орлов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2015. – № 5. – С. 18–25.
7. Поляков Е.Е. Где искать новые крупнейшие, гигантские и уникальные газосодержащие месторождения в Северной Евразии? / Е.Е. Поляков, В.В. Рыбальченко, А.Е. Рыжов и др. // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с: Газпром ВНИИГАЗ – 70 лет. – С. 45–57.

8. Скоробогатов В.А. Поиски и разведка скоплений углеводородов в ловушках сложного строения в юрских и меловых отложениях северных районов Тюменской области / В.А. Скоробогатов // Обоснование направлений поисково-разведочных работ на газ и методы разведки газовых месторождений. – М.: ВНИИГАЗ, 1982. – С. 58–67.
9. Варламов А.И. Состояние и перспективы развития сырьевой базы нефти Российской Федерации в свете существующих проблем / А.И. Варламов // Геология нефти и газа. – 2016. – № 4ю. – С. 14–23.
10. Люгай Д.В. Развитие минерально-сырьевой базы газовой отрасли промышленности России и ПАО «Газпром»: итоги, проблемы, перспективы / Д.В. Люгай, В.В. Рыбальченко, А.Е. Рыжов и др. // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 33–45.
11. Подюк В.Г. Стратегические задачи и геологические возможности развития сырьевой базы газодобычи в России / В.Г. Подюк, Н.А. Крылов, В.А. Скоробогатов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 12. – С. 8–11.
12. Рыбальченко В.В. Поиски и разведка месторождений и залежей углеводородов предприятиями ПАО «Газпром» в России / В.В. Рыбальченко, А.Е. Рыжов, В.А. Скоробогатов и др. // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 46–57.
13. Карнаухов С.М. Развитие минерально-сырьевой базы газовой промышленности / С.М. Карнаухов, В.С. Коваленко, В.С. Парасына и др. // Газовая промышленность. – 2007. – № 3. – С. 22–25.
14. Скоробогатов В.А. Газовый потенциал недр осадочных бассейнов Северной и Восточной Евразии: стратегия освоения / В.А. Скоробогатов, С.М. Карнаухов // Газовая промышленность. – 2007. – № 3. – С. 16–21.
15. Хабибуллин Д.Я. Современная парадигма ведения геологоразведочных работ на газ и нефть предприятиями ПАО «Газпром» в России / Д.Я. Хабибуллин // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 81–85.
16. Черепанов В.В. Минерально-сырьевая база газодобычи России и ПАО «Газпром»: современное состояние и перспективы развития в XXI веке / В.В. Черепанов, Д.В. Люгай // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с: Газпром ВНИИГАЗ – 70 лет. – С. 17–30.
17. Высоцкий В.И. Нефтегазовая промышленность мира: информационно-аналитический обзор / В.И. Высоцкий. – М.: ВНИИзарубежгеология, 2017. – 59 с.
18. Гулев В.Л. Нетрадиционные ресурсы газа и нефти / В.Л. Гулев, Н.А. Гафаров, В.И. Высоцкий и др. – М.: Недра, 2014. – 284 с.
19. Скоробогатов В.А. Крупнейшие, гигантские и уникальные осадочные бассейны мира и их роль в развитии газовой промышленности в XXI веке / В.А. Скоробогатов // Деловой журнал Neftegaz.ru. – 2018. – № 10. – С. 126–141.
20. Скоробогатов В.А. Гигантские газосодержащие месторождения мира: закономерности размещения, условия формирования, запасы, перспективы новых открытий / В.А. Скоробогатов, Ю.Б. Силантьев. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – 240 с.
21. Гудымова Т.В. Газовый потенциал осадочных бассейнов России / Т.В. Гудымова, В.А. Скоробогатов // Газовые ресурсы России в XXI веке. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2003. – С. 73–82.
22. Конторович А.Э. Геология, ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России и перспективы их освоения / А.Э. Конторович, М.И. Эпов, Л.М. Бурштейн и др. // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 1. – С. 7–17.
23. Скоробогатов В.А. Опыт оценок потенциальных ресурсов свободного газа осадочных бассейнов России и их подтверждаемость при поисково-разведочных работах / В.А. Скоробогатов, Г.Р. Пятницкая, Д.А. Соин и др. // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с: Газпром ВНИИГАЗ – 70 лет. – С. 59–65.
24. Хвилевичкий М.О. Количественный прогноз газонефтеносности на разных этапах изучения регионов: обзор / М.О. Хвилевичкий, Т.В. Гудымова, В.И. Ермаков и др. – М.: ВНИИЭГазпром, 1983. – 42 с. – (Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. Вып. 8).
25. Крылов Н.А. Главные вехи истории нефтедобычи в России / Н.А. Крылов // Газовая геология России. Вчера, сегодня, завтра: сб. научн. тр. – М.: ВНИИГАЗ, 2000. – С. 12–17.

26. Старосельский В.И. История развития и современное состояние сырьевой базы газовой промышленности России: науч.-техн. обзор / В.И. Старосельский, Г.Ф. Пантелеев, В.П. Ступаков и др.; под ред. А.Д. Седых. – М.: ИРЦ Газпром, 2000. – 117 с.
27. Гриценко А.И. Сырьевая база и добыча газа в России в XXI веке / А.И. Гриценко, В.А. Пономарев, Н.А. Крылов и др. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. – 148 с.
28. Карнаухов С.М. Эра сеноманского газа: «от рассвета до заката» / С.М. Карнаухов, В.А. Скоробогатов, О.Г. Кананыхина // Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г.: сб. науч. статей. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. – С. 15–25.
29. Черепанов В.В. Российский газ в XXI веке / В.В. Черепанов, С.М. Карнаухов, В.А. Скоробогатов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. – М.: РГУНГ, 2012. – № 1. – С. 20–23.
30. Скоробогатов В.А. Енисей-Ленская мегапровинция: формирование, размещение и прогнозирование месторождений углеводородов / В.А. Скоробогатов // Геология нефти и газа. – 2017. – № 3. – С. 3–17.
31. Хабибуллин Д.Я. Новая парадигма ведения поисково-разведочных работ в России в 2021–2040 гг. для развития минерально-сырьевой базы газодобычи / Д.Я. Хабибуллин, В.А. Скоробогатов // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с: Газпром ВНИИГАЗ – 70 лет. – С. 67–73.
32. Гаврилов В.П. Состояние и перспективы доосвоения газового потенциала недр Западной Сибири / В.П. Гаврилов, С.М. Карнаухов, В.А. Скоробогатов и др. // Газовая промышленность. – 2010. – № 1. – С. 12–16.
33. Люгай Д.В. Концептуальные основы стратегии развития минерально-сырьевой базы газовой промышленности России и ПАО «Газпром» до 2050 г. / Д.В. Люгай, В.А. Скоробогатов // Вести газовой науки. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. – № 1 (25): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 4–15.
34. Парасына В.С. Стратегические и тактические направления развития минерально-сырьевой базы газовой промышленности России в первые десятилетия XXI века / В.С. Парасына, В.С. Коваленко, С.Н. Сивков и др. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ВНИИОЭНГ, 2006. – № 3–4. – С. 4–8.
35. Ремизов В.В. Проблемы освоения ресурсов газа Сибири и Дальнего Востока / В.В. Ремизов, В.И. Резуненко, А.И. Гриценко и др. // Газовая промышленность. – 2000. – № 9. – С. 9–13.
36. Пятницкая Г.Р. Изучение и освоение углеводородного потенциала нижне-среднеюрской толщи северных областей Западной Сибири: итоги и перспективы / Г.Р. Пятницкая, В.А. Скоробогатов // Вести газовой науки: науч.-техн. сб. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2018. – № 3 (35): Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – С. 86–104.
37. Скоробогатов В.А. Будущее российского газа и нефти / В.А. Скоробогатов // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4с: Газпром ВНИИГАЗ – 70 лет. – С. 31–43.
38. Скоробогатов В.А. Ресурсы газа в низкопроницаемых коллекторах осадочных бассейнов России и перспективы их промышленного освоения / В.А. Скоробогатов, В.А. Кузьминов, Л.С. Салина // Газовая промышленность. – 2012. – № 676 (спецвыпуск): Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. – С. 43–47.
39. Варламов А.И. Газовое будущее России: Арктика / А.И. Варламов, А.П. Афанасенков, О.М. Прищепа и др. // Мировые ресурсы и запасы газа и перспективные технологии их освоения (WGRR-2017): тезисы докладов IV Межд. научно-практ. конференции. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2017. – С. 9–10. – http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/wgrr-2017_ru.pdf

Searching hydrocarbon fields and deposits in sedimentary basins of Northern Eurasia: results, issues and outlooks

V.A. Skorobogatov^{1*}, V.V. Rybalchenko², D.Ya. Khabibullin², A.N. Rybyakov²

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

² Gazprom PJSC, BOX 1255, St. Petersburg, 190900, Russian Federation

* E-mail: V_Skorobogatov@vniigaz.gazprom.ru

Abstract. There are retrospective dynamics of the oil and gas fields discoveries in Russia and in the World for 170 years long, as well as the state-of-art petroleum geostatistics (2014–2018).

In 20th century, in Russia 34...35 new hydrocarbon fields have been opened annually, but for 1961–1990 when often up to 70...80 fields have been discovered a year. Before 1991, both oil and gas fields mostly were big (reserves exceeded $30 \cdot 10^6$ t either $30 \cdot 10^9$ m³) or medium (reserves equaled 10...30 M tons of reference fuel). During 2001–2014, globally an annual number of discoveries decreased down to 400 per year (in Russia down to 50...60 per year), next years this magnitude went down to 170...180 fields (correspondingly in Russia it dropped to 40...45).

By early 2019, as referred to the overall, World nearly 77000 hydrocarbon fields have been discovered and partially prospected. They differ by amounts of reserves (oil, free gas, hydrocarbons in sum) and phase envelope (there are the purely oil ones, the gas, gas-condensate and the hybrid ones). Mostly they have from 2...3 up to 45...50 deposits, rarely more. According to expert estimations, nearly 350000 agglomerations of hydrocarbons have been discovered in the World in general including the tiniest (dozens of thousands tons and millions of cubic meters) and unique ($35 \cdot 10^9$ t and $36 \cdot 10^{12}$ m³ (geological)) ones.

In Russia, during 2001–2018, the quantity of newly discovered hydrocarbon fields decreased from 55 down to 45 per year. In average the fields discovered in 2016 possessed either $1,6 \cdot 10^6$ t of oil, or $2,3 \cdot 10^9$ m³ of gas. “Dwarfing” of the average reserves in Northern Eurasia occurs due to ongoing discoveries in the old European regions and the Khanty-Mansi autonomous district (with the singular reserves usually less than 10^6 t or 10^{12} m³).

Extended reproduction of the mineral resource base of gas recovery predestinates necessity to embrace new lands, to boost geological prospecting in Arctic and Far-Eastern waters of Russia, to substantiate new promising target directions and objects.

In 2019–2040, in respect to the Gazprom PJSC the general increment of new known and proven gas reserves at lands of Russia and within the framework of Northern-Eurasian waters will constitute $(16...18) \cdot 10^{12}$ m³ with a reserve replacement ratio of 1,18...1,24. Totally within the borders of Russia for all the operating companies this increment is going to equal $(24...26) \cdot 10^{12}$ m³. Authors expect in Russia totally 6400...6500 hydrocarbon fields bigger than 10^6 t of oil and 10^9 m³ of gas including up to 2800 not-discovered ones. Not less than 800...1000 fields will dominantly contain free gas, or will be hybrid and will have oil rims. Also 1500...1800 fields with reserves less than 10^6 t / 10^{12} m³ are supposed.

Due to the emerged circumstances, the onshore prospecting must constantly expand at considerable increase of a searching component. Only this way will enable successful development of hydrocarbon potential of Russian subsoil, as exactly new searches and new discoveries determine long-term strategy for development of mineral base of oil and gas production. This article discusses issues of hydrocarbon searching over lands and Arctic waters of Russia in 2019–2020 up to 2040 and 2050.

Keywords: search, field, deposit, geological prospecting, oil, gas, hydrocarbons, reserves, geostatistics, Northern Eurasia, Western-Siberian and Eastern-Siberian megaprovinces.

References

1. ALEKSIN, G.A., Z.Zh. DURDIYEV, V.G. ROSTOVTSEV. Outlooks for search of oil and gas in the Jurassic sediments of Yamal and Gydan peninsulas [Perspektivy poiskov nefi i gaza v yurskikh otlozheniyakh poluostrovov Yamal i Gydan]. *Geologiya Nefi i Gaza*. 1983, no. 2, pp. 1–6. ISSN 0016-7894. (Russ.).
2. BREKHUNTSOV, A.M., V.S. BOCHKAREV, N.P. DESHENYA. Forecast and search of big and unique oil and gas fields at north of Western Siberia [Prognoz i poisk krupnykh i unikalnykh mestorozhdeniy nefi i gaza na severe Zapadnoy Sibiri]. In: *Preferred directions for searching big and unique fields of oil and gas* [Prioritetnyye napravleniya poiskov krupnykh i unikalnykh mestorozhdeniy nefi i gaza]. Moscow: Geoinformmark, 2004, pp. 72–80. (Russ.).
3. VASILYEV, V.G., V.I. YERMAKOV, N.D. YELIN et al. Outlooks for fields prospecting in the coal-bearing strata of the Soviet Union [Perspektivy poiskov gazovykh mestorozhdeniy v uglenosnykh tolshchakh Sovetskogo Soyuz]: sci. review. *Geologiya i razvedka gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy*. Moscow: VNIIGazprom, 1971. (Russ.).
4. GURARI, F.G., Yu.G. ZIMIN, A.A. TROFIMUK. On search of oil in the northern region of Western-Siberian province [O poiskakh nefi v severnykh rayonakh Zapadno-Sibirskoy provintsii]. *Geologiya Nefi i Gaza*. 1971, no. 1, pp. 6–10. ISSN 0016-7894. (Russ.).

5. KARNAUKHOV, S.M., V.A. SKOROBOGATOV. Where must the new gigantic and unique gas-bearing fields be looked for in the sedimentary basins of the World? [Gde iskat novyye giganckiye i unikalnyye gazosoderzhashchiye mestorozhdeniya v osadochnykh basseynakh mira?]. In: *The XX Readings from Gubkin: Fundamentals of the innovative technologies for searching, prospecting and development of oil and gas fields and top directions to enlarge resource base of Russian fuel and energy industry* [Fundamentalnyy basis innovatsionnykh tekhnologiy poiskov, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy nefi i gaza i prioritetye napravleniya razvitiya resursnoy bazy TEK Rossii], 28–29 November 2013 г.): collected materials. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2013, pp. 45–46. (Russ.).
6. ORLOV, V.P. On deficit of discoveries in petroleum geology [O defitsite otkrytiy v neftegazovoy geologii]. *Mineralnyye Resursy Rossii. Ekonomika i Upravleniye*. 2015, no. 5, pp. 18–25. ISSN 0869-3188. (Russ.).
7. POLYAKOV, Ye. Ye., V.V. RYBALCHENKO, A. Ye. RYZHOV, et al. Where must the new the biggest, gigantic and unique gas-bearing fields be looked for in Northern Eurasia? [Gde iskat novyye krupneyshiye, giganckiye i unikalnyye gazosoderzhashchiye mestorozhdeniya v Severnoy Evrazii?]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2018, no. 4s: The 70th anniversary of the Gazprom VNIIGAZ, pp. 45–57. ISSN 0016-7894. (Russ.).
8. SKOROBOGATOV, V.A. Searching and prospecting agglomerations of hydrocarbons in the complex-structured traps at Jurassic and Cretaceous deposits in the north of Tyumen region [Poiski i razvedka skopleniy uglevodorodov v lovushkakh slozhnogo stroyeniya v yurskikh i melovykh otlozheniyakh severnykh rayonov Tyumenskoy oblasti]. In: *Substantiation of gas exploration leads and methods of gas field prospecting* [Obosnovaniye napravleniy poiskovo-razvedochnykh rabot na gaz i metody razvedki gazovykh mestorozhdeniy]. Moscow: VNIIGAZ, 1982, pp. 58–67. (Russ.).
9. VARLAMOV, A.I. Status and prospects for development of the crude oil in-situ resources of Russian Federation through the lens of actual problems [Sostoyaniye i perspektivy razvitiya seryevoy bazy nefi Rossiyskoy Federatsii v svete sushchestvuyushchikh problem]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2016, no. 4yu, pp. 14–23. ISSN 0016-7894. (Russ.).
10. LYUGAY, D.V., V.V. RYBALCHENKO, A. Ye. RYZHOV, et al. Developing a base of raw materials for gas industry of Russia and the Gazprom PJSC: overall results, issues, outlooks [Razvitiye mineralno-syryevoy bazy gazovoy otrasli promyshlennosti Rossi ii PAO “Gazprom”: itogi i perspektivy]. *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. 33–45. ISSN 2306-9849. (Russ.).
11. PODYUK, V.G., N.A. KRYLOV, V.A. SKOROBOGATOV. Strategic tasks and geological opportunities to develop raw materials sources for gas production in Russia [Strategicheskiye zadach i geologicheskiye vozmozhnosti razvitiya syryevoy bazy gazodobychi Rossii]. *Geologiya, Geofi zika i Razrabotka Neftyanyykh i Gazovykh Mestorozhdeniy*. 2004, pp. 8–12. ISSN 2413-5011. (Russ.).
12. RYBALCHENKO, V.V., A. Ye. RYZHOV, V.A. SKOROBOGATOV, et al. Searching and prospecting of hydrocarbon fields and deposits by the enterprises of the Gazprom PJSC in Russia [Poiski i razvedka mestorozhdeniy i zalezhey uglevodorodov predpriyatiyami PAO “Gazprom” v Rossii]. *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. 46–57. ISSN 2306-9849. (Russ.).
13. KARNAUKHOV, S.M., V.S. KOVALENKO, V.S. PARASYNA et al. Development of mineral and raw material resources of gas industry [Razvitiye mineralno-syryevoy bazy gazovoy promyshlennosti]. *Gazovaya promyshlennost*. 2007, no. 3, pp. 22–25. ISSN 0016-5581. (Russ.).
14. SKOROBOGATOV, V.A., S.M. KARNAUKHOV. Subsoil gas potential of the sedimentary basins at Northern and Eastern Eurasia: strategy of development [Gazovyy potentsial nedr osadochnykh basseynov Severnoy i Vostochnoy Evrazii: strategiya osvoyeniya]. *Gazovaya Promyshlennost*. 2007, no. 3, pp. 16–21. ISSN 0016-5581. (Russ.).
15. KHABIBULLIN, D.Ya. Modern paradigm of oil and gas geological prospecting carried out in Russia by the enterprises of the Gazprom PJSC [Sovremennaya paradigm vedeniya geologorazvedochnykh rabot na gaz i nefi predpriyatiyami PAO “Gazprom” v Rossii]. *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. 81–85. ISSN 2306-9849. (Russ.).
16. CHEREPANOV, V.V., D.V. LYUGAY. Mineral resource base of gas production by Russia and the Gazprom PJSC: modern status and outlooks for development in the XXI century [Mineralno-syryevaya basa gazodobychi Rossi ii PAO “Gazprom”: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya v XXI veke]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2018, no. 4s: The 70th anniversary of the Gazprom VNIIGAZ, pp. 17–30. ISSN 0016-7894. (Russ.).
17. VYSOTSKIY, V.I. *Global petroleum industry in 2010–2016* [Neftegazovaya promyshlennost mira v 2010–2016 gg.]: analytical review. Moscow: VNIIZarubezhgeologiya, 2017. (Russ.).
18. GULEV, V.L., N.A. GAFAROV, V.I. VYSOTSKIY et al. *Alternative gas and oil resources* [Netraditsionnyye resursy gaza i nefi]. Moscow: Nedra, 2014. (Russ.).
19. SKOROBOGATOV, V.A. The biggest, gigantic and unique sedimentary basins of the World and their impact to development of the gas industry in the XXI century [Krupneyshiye, giganckiye i unikalnyye osadochnyye

- basseyiny mira i ikh rol v razvitii gazovoy promyshlennosti v XXI veke]. *Delovoy zhurnal Neftegaz.ru*. 2018, no. 10, pp. 126–141. ISSN 2410-3837. (Russ.).
20. SKOROBOGATOV, V.A., Yu.B. SILANTYEV. *Gigantic gas-bearing fields of the World: patterns of allocation, conditions for generation, reserves, prospects for new discoveries* [Gigantskiye gazosoderzhashchiye mestorozhdeniya mira: zakonomernosti razmeshcheniya, usloviya formirovaniya, zapasy, perspektivy novykh otkrytiy]. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2013. (Russ.).
 21. GUDYMOVA, T.V., V.A. SKOROBOGATOV. Gas potential of sedimentary basins in Russia [Gazovyye resursy potentsial osadochnykh basseynov Rossii]. In: *Gas resources of Russia in XXI century* [Gazovyye resursy Rossii v XXI veke]. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2003, pp. 73–82. (Russ.).
 22. KONTOROVICH, A.E., M.I. EPOV, L.M. BURSHTEYN, et al. Geology, offshore hydrocarbon resources in Arctic seas of Russia and outlooks for their development [Geologiya, resursy uglevodorodov shelfov arkticheskikh morey Rossi i perspektivy ikh osvoeniya]. *Geologiya i Geofizika*. 2010, vol. 51, no. 1, pp. 7–17. ISSN 0016-7886. (Russ.).
 23. SKOROBOGATOV, V.A., G.R. PYATNITSKAYA, D.A. SOIN, et al. Practice of estimation of potential resources of the free gas in sedimentary basins of Russia and their validation during prospecting works [Opyt otsenok potentsialnykh resursov svobodnogo gaza osadochnykh basseynov Rossi i ikh podtverzhdayemost pri poiskovo-razvedochnykh rabotakh]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2018, no. 4s: The 70th anniversary of the Gazprom VNIIGAZ, pp. 59–65. ISSN 0016-7894. (Russ.).
 24. KHVILEVITSKIY, M.O., T.V. GUDYMOVA, V.I. YERMAKOV et al. Quantitative forecast of oil-gas presence at various stages of studying regions [Kolichestvennyy prognoz gazoneftenosnosti na raznykh etapakh izucheniya regionov]: review. *Geologiya i Razvedka Gazovykh i Gazokondensatnykh Mestorozhdeniy*. Moscow: VNIIEGazprom, 1983, is. 8. (Russ.).
 25. KRYLOV, N.A. Main milestones of oil production in Russia [Glavnyye vekhi istorii nefte dobych v Rossii]. In: *Gas geology of Russia. Yesterday, today, tomorrow* [Gazovaya geologiya Rossii. Vchera, segodnya, zavtra]: collected scientific papers. Moscow: VNIIGAZ, 2000, pp. 12–17. (Russ.).
 26. STAROSELSKIY, V.I., G.F. PANTELEYEV, V.P. STUPAKOV et al. *History and modern state of the Russian gas industry base of mineral and raw materials* [Istoriya razvitiya i sovremennoye sostoyaniye syryevoy bazy gazovoy promyshlennosti Rossii]: sci.-tech. review. Moscow: IRTs Gazprom, 2000. (Russ.).
 27. GRITSENKO, A.I., V.A. PONOMAREV, N.A. KRYLOV et al. *A base of raw materials and production of gas in Russia in XXI century* [Syryevaya baza i dobycha gaza v Rossii v XXI veke]. Moscow: Nedra-Bisnestsentr, 2000. (Russ.).
 28. KARNAUKHOV, S.M., V.A. SKOROBOGATOV, O.G. KANANYKHINA. The age of Cenomanian gas: “From the dawn to the sunset” [Era senomanskogo gaza: “ot rassveta do zakata”]. In: *Challenges of supplying resources to gas producing regions of Russia to 2030* [Problemy resursnogo obespecheniya gazodobyvayushchikh rayonov Rossii do 2030 g.]: collection of sc. articles. Moscow: Gazprom VNIIGAZ LLC, 2011, pp. 15–25. (Russ.).
 29. CHEREPANOV, V.V., S.M. KARNAUKHOV, V.A. SKOROBOGATOV. Russian gas in the XXI century [Rossiyskiy gaz v XXI veke]. *Teoreticheskiye Osnovy i Tekhnologii Poiskov i Razvedki Nefti i Gaza*. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas (national research university), 2012, no. 1, pp. 20–23. ISSN 2307-9411. (Russ.).
 30. SKOROBOGATOV, V.A. Yenisey-Lena megaprovince: generation, location and prediction of hydrocarbon fields [Yenisey-Lenskaya megaprovintsiya: formirovaniye, razmeshcheniye i prognozirovaniye mestorozhdeniy uglevodorodov]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2017, no. 3, pp. 3–17. ISSN 0016-7894. (Russ.).
 31. KHABIBULLIN, D.Ya., V.A. SKOROBOGATOV. New paradigm of prospecting and exploration operations in Russia in 2021–2040 aimed at development of mineral resource base of gas production [Novaya paradigm vedeniya poiskovo-razvedochnykh rabot v Rossii v 2021–2040 dlya razvitiya mineralno-syryevoy bazy gazodobychi]. *Geologiya Nefti i Gaza*. 2018, no. 4s: The 70th anniversary of the Gazprom VNIIGAZ, pp. 67–73. ISSN 0016-7894. (Russ.).
 32. GAVRILOV, V.P., S.M. KARNAUKHOV, V.A. SKOROBOGATOV, et al. Status and prospects for further exploration of subsoil gas potential in Western Siberia [Sostoyaniye i perspektivy doosvoeniya gazovogo potentsiala neдр Zapadnoy Sibiri]. *Gazovaya Promyshlennost*. 2010, no. 1, pp. 12–16. ISSN 0016-5581. (Russ.).
 33. LYUGAY, D.V., V.A. SKOROBOGATOV. Conceptual foundation of strategy for development of minerals and raw materials reserves for gas industry and PAO «Gazprom» up to 2050 [Kontseptualnyye osnovy strategii razvitiya mineralno-syryevoy bazy gazovoy promyshlennosti Rossi i PAO “Gazprom” do 2050 g.]. *Vesti Gazovoy Nauki*. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2016, no. 1 (25): Issues for resource provision of gasextractive regions of Russia, pp. 4–15. ISSN 2306-8949. (Russ.).
 34. PARASYNA, V.S., V.S. KOVALENKO, S.N. SIVKOV, et al. Strategic and tactical trends in development of a mineral resource base of Russian gas industry in first decades of the XXI century [Strategicheskiye i takticheskiye napravleniya razvitiya mineralno-syryevoy bazy gazovoy promyshlennosti Rossii v pervyye desyatiletiya XXI veka]. *Geologiya, Geofizika i Razrabotka Neftnykh i Gazovykh Mestorozhdeniy*. 2006, no. 3–4, pp. 4–8. ISSN 2413-5011. (Russ.).

35. REMIZOV, V.V., V.I. REZUNENKO, A.I. GRITSENKO, et al. Challenges of gas resource development at Siberia and the Far East [Problemy osvoyeniya resursov gaza Sibiri i Dalnego Vostoka]. *Gazovaya Promyshlennost*. 2000, no. 9, pp. 9–13. ISSN 0016-5581. (Russ.).
36. PYATNITSKAYA, G.R., V.A. SKOROBOGATOV. Studying and developing hydrocarbon potential of Lower-Middle-Jurassic deposits in northern areas of Western Siberia: resume and perspectives [Izucheniya i osvoyeniye uglevodorodnogo potentsiala nizhne-sredneyurskoy tolshchi severnykh oblastey Zapadnoy Sibiri: itogi i perspektivy]. *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. 86–104. ISSN 2306-9849. (Russ.).
37. SKOROBOGATOV, V.A. Future of Russian gas and oil [Budushcheye rossiyskogo gaza i nefi]. *Geologiya Nefi i Gaza*. 2018, no. 4s: The 70th anniversary of the Gazprom VNIIGAZ, pp. 31–43. ISSN 0016-7894. (Russ.).
38. SKOROBOGATOV, V.A., V.A. KUZMINOV, L.S. SALINA. Gas resources in the low-permeable reservoirs of the sedimentary basins of Russia, and outlooks for their industrial development [Resursy gaza v nizkopronitsayemykh kollektorakh osadochnykh basseynov Rossi ii perspektivy ikh promyshlennogo osvoyeniya]. *Gazovaya Promyshlennost*. 2012. Spec. is.: Alternative resources of oil and gas [Netraditsionnyye resursy nefi i gaza], pp. 43–47. ISSN 0016-5581. (Russ.).
39. VARLAMOV, A.I., A.P. AFANASENKOV, O.M. PRISHCHEPA et al. Gas future of Russia: Arctic. In: *IV International Conference "World Gas Resources and Reserves and Advanced Development Technologies" (WGRR-2017)*: Abstract of papers presented at the International Conference, November 08–10, 2017 [online]. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2017, pp. 8–9. Available from: http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/wgrr-2017_en.pdf