

УДК 553.98

## НЕФТЬ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

К.О. Исказиев, П.Е. Сынгаевский, С.Ф. Хафизов

*Независимо от направления развития и изменений в энергетическом секторе экономики мира будут опираться преимущественно на углеводородные ресурсы как минимум в ближайшие 20 лет и, весьма вероятно, и далее. Собственно, ресурсы углеводородов «в земле» в сравнении с потреблением являются практически неисчерпаемыми, поэтому вопрос стоит только в себестоимости добычи единицы их объема. По этой причине поиск новых коммерческих залежей, которые в течение длительного периода времени могли бы «выдержать» колебания цен, будет играть определяющую роль. При этом одним из самых перспективных направлений является поиск новых скоплений нефти и газа на сверхбольших, более 6000 м, глубинах.*

*Накопленные геологами в последнее время сведения позволяют говорить о высокой вероятности открытия рентабельных запасов, в т.ч. жидких углеводородов, в сверхглубоких горизонтах, ранее считавшихся бесперспективными из-за крайне неблагоприятных термобарических условий.*

*Промышленная нефтегазоносность различных осадочных комплексов в таких условиях установлена в более чем 70 бассейнах мира. Здесь встречены крупные и гигантские газовые, газоконденсатные, нефтяные и смешанные залежи, из которых более 1200 уже разрабатываются. За последние 10 лет наиболее значительного успеха добились в Мексиканском заливе (США, Мексика), бассейнах Тарим и Сычуань (Китай), Южно-Каспийском бассейне (Азербайджан, Россия и Казахстан), бассейне Сантос (Бразилия) и Арабском бассейне (Ближний Восток). В них было открыто более 120 залежей углеводородов, коммерческое значение большей части из которых ещё предстоит оценить.*

*Одним из наиболее перспективных регионов является Прикаспийский бассейн, изученность глубоких горизонтов которого невелика. Для лучшего понимания его особенностей на основе изучения аналогов была собрана статистика по 106 обломочным и 36 карбонатным залежам и рассмотрено 22 палеозойских бассейна. В данной работе с разной долей значимости и с применением элементов обработки алгоритмом искусственного интеллекта (AI) учитывались данные из 15084 публикаций. Их интерактивное использование позволило выделить несколько вероятных аналогов Прикаспийского бассейна и обосновать исключительно высокую перспективность его сверхглубоких комплексов.*

*Многие исследователи выделяют 3 стратегических направления развития поисково-разведочных работ. К первому относятся новые глубокие комплексы в новых бассейнах, второе направление связано с новыми комплексами в уже известных нефтегазоносных бассейнах, к последнему, третьему, типу относятся открытия в уже известных продуктивных разрезах ранее опоскованных бассейнов. Прикаспийский бассейн в той или иной степени соответствует всем трем группам, но, преимущественно, второй и третьей. Основной интерес здесь представляют хорошо изученные на периферии и быстро погружающиеся в направлении центра бассейна, главным образом, девонские отложения, а также практически неизученные к настоящему моменту нижнепалеозойские горизонты.*

*Данная статья открывает серию публикаций, посвященных теме поиска и освоения залежей углеводородов на больших глубинах.*

*Ключевые слова: Прикаспийский бассейн, бассейны Тарим и Сычуань, бассейн Сантос, температуры и давления сверхглубоких разрезов, сверхглубокие залежи углеводородов, глубоководные турбидитные комплексы, «газовое окно», разрезы со смешанной («двойной» терригенно-карбонатной) седиментацией*

## АНАЛИЗ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКА СВЕРХГЛУБОКИХ ЗАЛЕЖЕЙ

### Введение

Начиная примерно с конца 2014 г., нефте- и газодобывающий сектор попал в «идеальный шторм» сочетания целого ряда неудачных факторов, неожиданно затянувшийся более чем на 6 лет. Продолжавшееся падение цен на сырье при возрастании стоимости разработки привело к ожидаемым сокращениям инвестиций в эту область, которая традиционно рассматривается большинством операторов как «статья расходов». Однако, несмотря на это, в ряде бассейнов были достигнуты впечатляющие результаты, а индустрия, в целом, ещё раз показала свою «устойчивость» [1]. Есть все основания полагать, что, несмотря на различные варианты переходного периода и частичного замещения углеводородных (далее – УВ) ресурсов другими источниками, необходимость в нефти и газе сохранится до 2050 г. и далее.

Даже при консервативном (минимальном) сценарии к концу 2030 г. введенные в разработку месторождения с доказанными запасами смогут обеспечить не более половины потребности рынка. Среднегодовой спад добычи при отсутствии ввода в эксплуатацию новых объектов к началу 2020 г. оценивался специалистами в области энергетической политики для гигантских нефтяных месторождений мира в ~6,5%, а в отношении средневзвешенной добычи - в 5,5% [2, 3].

Начиная с кризиса 2014–2015 гг., основные сокращения бюджета добывающих компаний были связаны с уменьшением расходов на разведку новых залежей (по некоторым из них сокращалось до 70% от начально запланированных значений). При этом одним из обоснований компании считали достаточные объемы уже разведанных ресурсов. Для восполнения своих активов достаточно бывает купить одну из более мелких компаний и её запасы (или объединиться)<sup>1</sup>. Последними примерами таких «объединений» являются сделки Occidental Petroleum – Anadarco (57 млрд долл. США) и Chevron – Noble Energy (около 15 млрд долл. США) [4, 5]. Первая покупка оказалась катастрофически убыточной, а изначально инициировавшая её корпорация Шеврон получила 1 млрд

долл. США за разрыв предварительного соглашения, для оценки результатов второй понадобится некоторое время, однако даже с учетом затяжного эффекта «пандемии» цена только за «работающие» активы Нобл представляется исключительно низкой [3].

Практически повсеместно (Северная Америка, Европа, постсоветские государства, частично Южная Америка и Азия<sup>2</sup>) среди операторов и особенно их «кредиторов» разведка запасов УВ рассматривается как «произвольные» и необязательные затраты. Одновременно в средствах массовой информации доминируют мнения, что новые открытия продлевают эру так называемой «углеводородной зависимости». Принципиально другой точки зрения придерживаются китайские национальные компании (PetroChina и Sinopec), которые весьма эффективно выполняют обширную программу по опискованию новых коммерческих ресурсов, в т.ч. и на сверхглубоких объектах [6–10].

По нашему мнению, именно разведка новых залежей по-прежнему должна оставаться основным направлением развития крупных и средних добывающих компаний, т.к. способна обеспечить максимально эффективный прирост запасов и капитализации. Предпочтение должно отдаваться проектам с меньшими затратами и потенциально крупными объемами, дающими возможность для некоторого маневра в условиях нестабильности цен рынка УВ. Для формирования портфолио таких проектов потребуется развитая инфраструктура – в пределах бассейнов с уже доказанной промышленной нефтегазоносностью и предпочтительно на континентах или мелководном шельфе.

Согласно региональным обобщениям, к 2040 г. должно быть открыто запасов не менее 188,2 млрд барр. нефти и эквивалента, из которых более половины, вероятнее всего, придется на Южную Америку и Африку. Для этого понадобится не менее 7300 разведочных и оценочных скважин и до 320 млрд долл. США инвестиций [11].

Данная статья открывает серию публикаций, посвященных теме обнаруже-

1. Так называемые процессы поглощений – объединений «acquisition and merger», или M&A  
2. За исключением Китая

ния и освоения залежей углеводородов, в т.ч. жидких, на глубинах, ранее считавшихся бесперспективными из-за крайне жестких термобарических условий. На-

копленные данные позволяют уверенно говорить о высокой вероятности открытия рентабельных запасов в т.н. сверхглубоких горизонтах.

## Перспективы развития нефтегазового сектора и роль сверхглубоких залежей УВ

### *Применение современных научно-аналитических сервисов для обоснования оптимальных направлений разведки*

В настоящее время большинство палеогеографических построений основываются на так называемом «принципе актуализма», который в 1830–1833 гг. был введен в геологию английским ученым Ч. Лайелем [12–14]. Отдельные элементы этого принципа встречаются в работах Г. Фюкселя, посвященных стратиграфии Тюрингии (1762 г.), и Джеймса Геттона, который, в своем труде «Теория Земли», сделал, вероятно, первое обобщение геологических знаний (1788 и 1795 гг.). [15]

Актуализм Лайеля носит характер униформизма, т.е. предполагает постоянство проявления геологических процессов в истории Земли в одних и тех же условиях: «Силы, ныне действующие как на земной поверхности, так и под нею, могут быть тождественны по роду и степени с теми, которые в отдаленные эпохи производили геологические изменения» [12]. Таким образом, предполагается, что все сходные геологические тела были сформированы в результате сходных палеогеографических обстановок и процессов [16]. Этот подход, имеющий ряд принципиальных ограничений, вполне успешно используется в практике современных геологоразведочных работ.

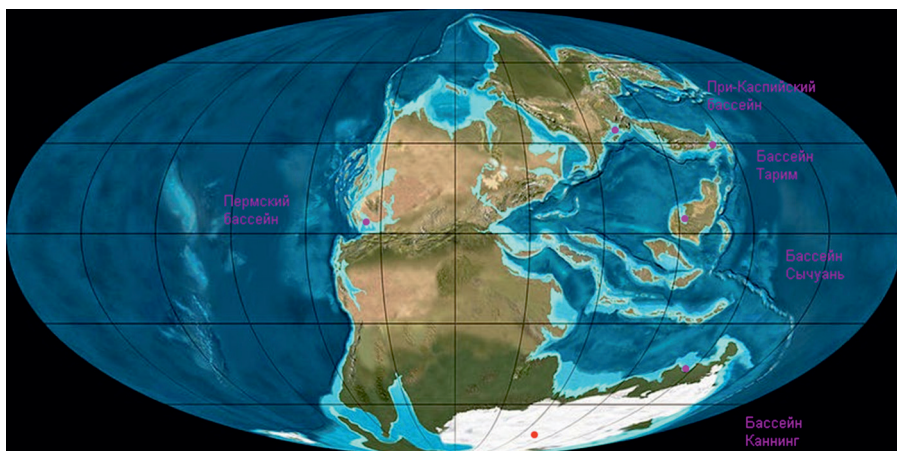
Признавая абсолютную правомочность теории литогенеза Страхова [17–18], в которой указываются принципиальные ограничения метода актуализма, мы полагаем, что данный подход можно успешно применить для прогноза развития осадков смешанной, «двойной» седиментации, глубоководных турбидитных комплексов и оценки связанных с ними перспектив нефтегазоносности верхнепалеозойских (преимущественно девонских и пермских) отложений Прикаспийской впадины в Казахстане и бассейна Каннинг на северо-западе Австралии. При этом за основную «точку отсчета» был принят расположенный на территории США, существенно более изученный Пермский бассейн. Метод аналогий был ограничен рассмотрением

примеров отложений сходных в тектоническом развитии бассейнов, стратиграфических интервалов и лито-фациальных комплексов.

Аналитическая обработка больших объемов геолого-геофизической и промысловой информации позволяет эффективно обобщить данные по намеченному объекту/группе объектов и обосновать статистические распределения наиболее важных параметров. Весьма хорошо себя зарекомендовали научно-аналитические сервисы компаний C&C Reservoirs (DAKS™) и Elsevier Solutions (Geologic data – Geofacets™). ДАКС (DAKS) [19–21] – база данных месторождений мира, позволяющая делать статистическую выборку для выявления вероятных аналогов и сравнивать более 420 различных характеристик УВ-систем. Геофасетс (Geofacets) – сервис, обеспечивающий высокоскоростной поиск по более чем 2 млн документов – научно-технических публикаций 15 международных издательств.

Их одновременное интерактивное использование позволило выделить несколько вероятных аналогов Прикаспийского бассейна и обосновать исключительно высокую перспективность его сверхглубоких комплексов (рис. 1). При этом была собрана статистика по 106 обломочным и 36 карбонатным залежам и рассмотрено 22 палеозойских бассейна. В предлагаемом Обзоре с разной долей значимости и с применением элементов обработки Искусственным Интеллектом (AI) учитывались данные из 15084 работ.

Анализ опубликованных результатов не позволил выявить каких-либо стратиграфических или лито-фациальных закономерностей нефтеносности сверхглубоких разрезов: промышленные скопления были обнаружены в кайнозойских, мезозойских и палеозойских комплексах (табл. 1). На представленных по первым 25 объектам выборка видно, что в первой десятке (экономическая значимость/перспективность) находятся, преимущественно, бассейны с уже доказанными сверхглубокими залежами нефти и газа (рис. 2 и 3).



Положение полюса на конец Золеденения (СЗ-Р1, 260 Ma), по Gamundi, 2010

**Рисунок 1.** Реконструкция палеоконтинентов к середине верхнепермского времени (259.1 Ma) (по Scotese, 2013, [22, 23]). Примерное положение бассейнов со смешанной седиментацией – вероятных аналогов Прикаспийской депрессии – и полюса на конец III этапа верхнепалеозойского оледенения (по Lopez-Gamundi, 2010, [24])

**Таблица 1.** Характеристика некоторых сверхглубоких разрезов нефтегазоносных бассейнов мира (данные IHS, 2012, [25])

Бассейн	Коллектор							Нефтематеринская толща	
	возраст	литология	глубина, км	пористость, %	АВПД***	залежь (тип)*	флюид**	возраст	тип бассейна
<b>Северная Америка</b>									
Скалистые горы	J-K	обломочный известняк	6200	5-15	нет	с	г-к-н	K	Форланд
Анадарко	O1	обломочный	8100	4-15	да	л-с	г	C	Форланд
Пермский	O-D	известняк	>6500	>5	нет	с-с	г-к	D	Краевой рифт – долина
Побережье Залива	J-E	песчаник	7000	10-15	да	с	г-н	J	Пассивная окраина
Калифорнийский	E	песчаник	>6000	31	да	с	г	K	Форланд
Аляска	E	песчаник	6500	28	нет	с	Г	K-E	Пассивная окраина
<b>Центральная и Южная Америка</b>									
Маракайбо	K	известняк	6000		да	с	н	E	Форланд
Санта-Крус Тариха	S-D	оолит известняк	7200	4-15	да	с	н-г	S-D	Форланд
Сурести	J-K	доломит	>6500	8-12	да	л-с	н-г	J-K	Пассивная окраина

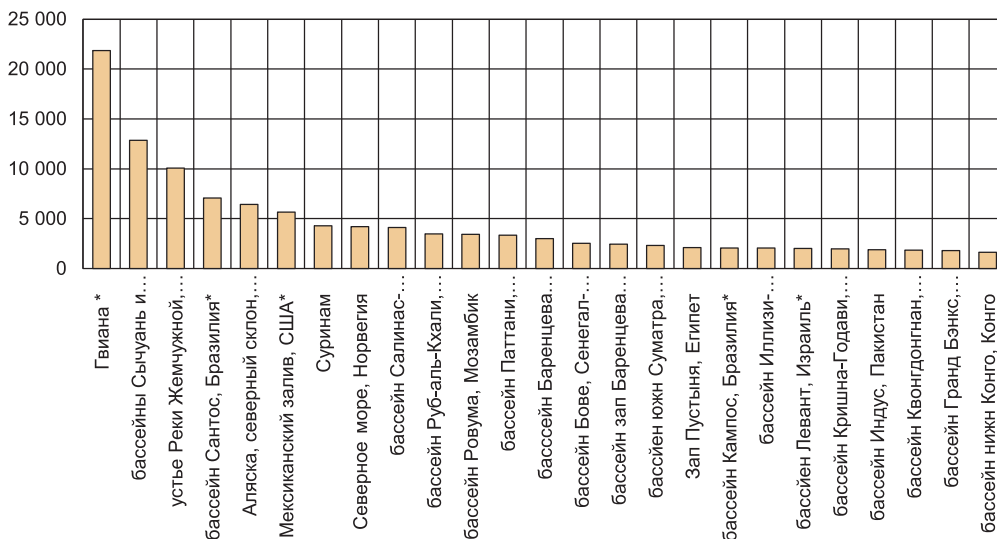
Европа									
Долина По	Т	платформ известняк	6300		да	с	г-н-к	T2	Форланд
Аквитан	Е	известняк/обломочный	8000		нет	с	г-н	К	Форланд
Средний Восток									
Оман	О	обломочный и известняк	6000	5–10	нет	с	г	P1	Пассивная окраина
Африка									
Сирт	Е	обломочный	7000		да	с	г	К-Е	Рифт-долина
Россия									
Аму-Дарья	Ж-К	известняк и песчаник	>10000	18–20	нет	л-с	г-н	Ж	Депрессия, рифт-долина
Ферганская долина	К	углистые отложения	7500		да	с	н	Ж-Е	Предгорный прогиб

\* Тип залежи: с = структурный, с-л = структурно-литологический,

с-с = структурный с осложнениями;

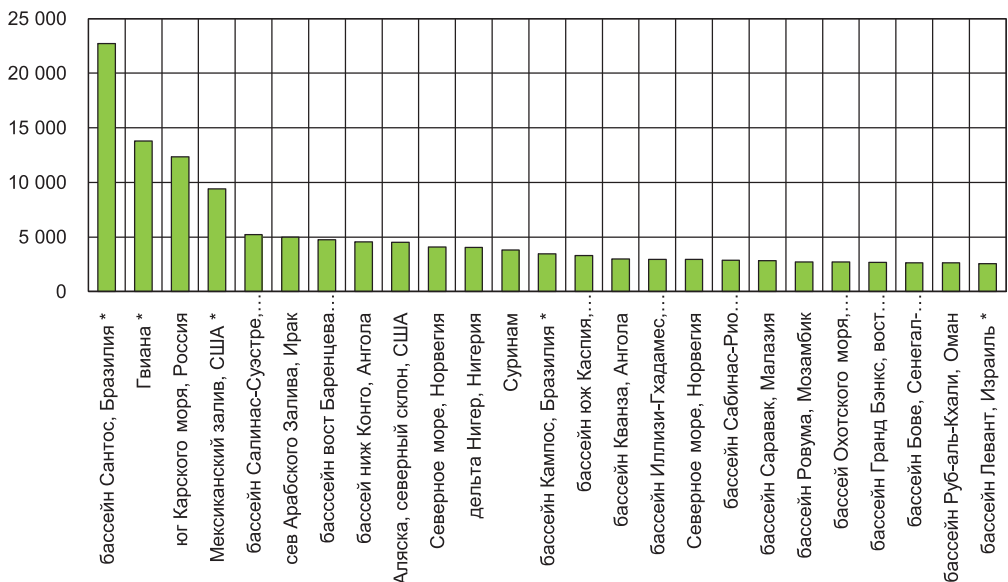
\*\* Флюиды: г = газ, к = конденсат, н = нефть.

\*\*\* АВГД – аномальное пластовое давление.



\*объекты с доказанной продуктивностью сверхглубоких коллекторов (по DAKS&Geofacets)

**Рисунок 2. Распределение экономической значимости по 25 нефтегазоносным бассейнам мира, млрд долл. США (IHS, 2019 & Wood Mackenzie, 2020, [25–27])**



\*объекты с доказанной продуктивностью сверхглубоких коллекторов (по DAKS&Geofacets)

**Рисунок 3. Распределение перспективных ресурсов, по 25 нефтегазоносным бассейнам мира, в млн барр. нефтяного эквивалента (IHS, 2019 & Wood Mackenzie, 2020, [25, 27])**

Потенциал сверхглубоких разрезов трудно переоценить. За последние 10 лет наиболее значительного успеха добились в Мексиканском заливе (США, Мексика), бассейнах Тарим и Сычуань (Китай), Южно-Каспийском бассейне (Азербайджан, Россия и Казахстан), бассейне Сантос (Бразилия) и Арабском Бассейне (Ближний

Восток)<sup>1</sup>. В них было открыто более 120 залежей углеводородов, коммерческое значение большей части из которых ещё предстоит освоить (табл. 2).

<sup>1</sup> Большая часть сверхглубоких залежей, не вошедших в первые 3 части данного Обзора, включены в приложение в виде справки

**Таблица 2. Характеристика коллекторов некоторых сверхглубоких месторождений УВ (данные IHS, 2012 с дополнениями по Geofacest, [20, 21, 25])**

Название	Год	Характеристика коллектора*				Запасы	
		флюиды	глубина	пористость	проницаемость	нефть	газ
		тип	м	%	мД	10 <sup>4</sup> т	10 <sup>8</sup> м <sup>3</sup>
<b>Бассейн Сычуань, Китай</b>							
Юань	2007	Газ, конд.	7427	15,4			56,63
<b>Бассейн Анадарко (мини-бассейн Сагсби), США</b>							
Миллз Франки	2006	Газ	8083	22,3			112
<b>Глубоководье Мексиканского залива, Северная Америка</b>							
Принцесса	2000	Нефть, газ	9046	25		1759,89	73,34
K2	2004	Нефть, газ	7887	22	2000	1428,5	33,98
Уано	2000	Нефть, газ, конд.	7681	29	505	696,75	38,82

Плутон	2000	Нефть, газ, конд.	7176	36	1496	144,61	28,72
Мак-Кинли	2000	Нефть, газ	7120	36		155,66	9,7
Доусон Дип	2001	Нефть, газ	7620	35	45	136,43	1,98
Таити	2002	Нефть, газ	8225	25	2000	5457,03	57,77
Шензи	2002	Нефть, газ	7356	25	2000	4774,9	49,55
Телемарк	2000	Нефть, газ	7159	30	1778	182,81	5,67
Озона Дип	2002	Нефть, газ	7030	31	950	682,13	9,91
Тонга	2003	Нефть, газ	8289	25	2000	1364,26	19,82
Табулар Белз	2003	Нефть, газ	8160	30	700	2728,51	39,64
Стиргис	2003	Нефть, газ	7324	25		1882,67	55,78
Нотти Хед	2005	Нефть, газ	9333	25		3069,58	38,23
Банзай	2005	Нефть	8082	24	600	2046,38	29,73
Пони	2006	Нефть, газ	8823	25	2000	2455,66	35,40
Каскида	2006	Нефть, газ	8116	28	200	8867,67	99,11
Фрейсиан	2006	Нефть, газ	7797	28	2000	1364,26	19,82
Цезарь	2006	Нефть, газ	7698	25	2000	1023,19	14,72
Джулия	2007	Нефть, газ	7533	28	200	1909,96	16,99
Кодиак	2008	Нефть, газ	7975	26	620	682,13	9,36
Фридом	2008	Нефть, газ	7134	30	650	2592,09	39,64
Самурай	2009	Нефть	8627	25	2000	1239,67	16,99
Тибр	2009	Нефть	9426	28	200	8264,46	113,27
Вито	2009	Нефть, газ	8523	30	300	1101,93	33,98
Шенандоа	2009	Нефть, газ	7628	28	200	2523,87	25,49
Хейдельберг	2009	Нефть, газ	7053	25	2000	1296,04	16,99

\*максимальные значения

## Ресурсы и экономическая значимость сверхглубоких залежей

Независимо от направления развития и изменений в энергетическом секторе, связанных с затяжным кризисом 2020 г., экономики мира будут опираться преимущественно на УВ ресурсы, вплоть до 2040 г., и весьма вероятно – далее [28]. Хотя доля нефти и газа в процентном отношении может снижаться с 53% (2017 г.) до 44% (к 2050 г.), их абсолютное потребление будет возрастать до 2030 г., а затем, возможно, выравниваться, в основном, из-за повышения эффективности использования. В этом смысле запасы углеводородов являются практически неисчерпаемыми, поскольку вопрос стоит только в себестоимости добычи единицы их объема. По этой причине поиск новых коммерческих залежей, которые в течение длительного периода времени могли бы «выдержать» колебания цен, будет играть критическую

роль [11]. При этом одним из самых перспективных направлений является поиск новых скоплений нефти и газа на сверхбольших, более 6000 м, глубинах, и в пределах участков с уже доказанными «работающими» УВ системами.

В аналитических обзорах специалисты Wood Mackenzie [27], провели сравнительный анализ распределения ресурсов и коммерческой значимости 218 различных продуктивных комплексов в 140 бассейнах мира. Согласно их экономическим моделям, рентабельность новых месторождений начинается со средней цены в 42–45 долл. США/барр. для проектов на континентах, и 52–57 долл. США/барр. для офшорных (морских) залежей. С учетом дополнительных рисков, связанных с наличием и развитием инфраструктуры, а также ликвидации или переориентации

объектов на поздней стадии, предпочтительнее выглядят области суши.

Промышленная нефтегазозносность различных осадочных комплексов в таких условиях установлена в более чем 70 бассейнах мира. Здесь встречены крупные и гигантские газовые, газоконденсатные, нефтяные и смешанные «фазово-гетерогенные» залежи [29–30], из которых более 1200 уже разрабатываются.

С точки зрения развития отдельной нефтегазовой компании, предпочтение должно отдаваться именно поискам собственных залежей, а не наращиванию ресурсов поглощениями или долевыми участиями в проектах с доказанной продуктивностью. В качестве исключительно неудачного «перекося» можно привести действия компании Нобл Энерджи, которая после 5 провальных, с точки зрения собственной разведки, лет (12 «пустых» и 2 непромышленных скважины) все усилила перебрисла на покупку операторов меньшего размера (Клейтон Уильямс и Розетта Ресурсес) и участие в сверхдорогих проектах с BP (Ньюфаундленд офшор) и Шелл (Колумбия офшор). Затянувшийся до 2020 г. кризис снизил её капитализацию, что позволило Шеврону легко поглотить<sup>1</sup> эту в прошлом перспективную компанию, в основном, для монетизации разработки Израильских газозносных гигантов (Тамар и Левиафан) и нефтяных объектов бассейна Денвер-Джулисбург (Ниобрара-Коделл), и частично Пермского бассейна (Дэлавэр).

Поглощение «объединением» или участие в уже существующих объектах (особенно своими наличными ресурсами) на практике оказывается значительно дороже, чем собственная разведка, хотя и выглядит предпочтительнее в первые несколько лет.

Председатель и главный аналитик Wood Mackenzie Саймон Флауэрс выделяет 3 стратегических направления развития поисково-разведочных работ [31]. К первому относятся новые комплексы в новых бассейнах, эти объекты характеризуются наибольшими рисками и, очевидно, расположены на границе спектра возможностей отдельной (частной) компании. В таких областях, скорее всего, отсутствует минимально необходимая инфраструктура и ограничены возможности сервиса. Здесь также наиболее вероятны связанные с отсутствием прецедентов лицензионных соглашений и налоговой политики, суще-

ственные политические риски. Ситуация может радикально меняться с первым же значительным открытием. Так, начиная с 2014 г., успехи Exxon Mobil в Гвиане, ЭНИ в Египте, ЭНИ-Тоталь на Кипре и альянса Карин-Космос-BP в Сенегале/Мавритании принципиально изменили ситуацию в этих районах.

Второе направление связано с новыми комплексами в уже известных нефтегазозносных бассейнах. Успехи, возможно, и не такие значительные по объемам, как в новых областях, часто оказываются максимально привлекательными с точки зрения инвестиций. В качестве примера можно привести «второе дыхание» Мексиканского залива (США), связанное с открытиями нефтяных залежей сверхглубоких разрезов верхнеюрского возраста (свита Норфлет)<sup>2</sup>: Аппоматтокс (2009 г.), Вискбург-А (2013 г.), и Баллимор (2017 г.). Эти месторождения содержат почти 2 млрд барр., и связаны преимущественно с золотыми коллекторами исключительно высокого качества. Другим примером могут служить открытия мелового возраста в свите Нанушук, на северном побережье Аляски, оцененные на конец 2018 г. более чем в 5 млрд долл. США.

К этому же типу относятся многочисленные открытия нефти и газа в сверхглубоких комплексах бассейнов Тарим и Сычуань в Китае, где сочетание исследовательских работ в геохимии, петрофизике, геологии и моделировании позволили открыть залежи жидких УВ, в районах (и условиях), традиционно считавшихся исключительно газозносными.

К последнему, третьему типу, относятся открытия в уже известных продуктивных разрезах ранее опосредованных бассейнов. Здесь даже небольшие по размеру залежи могут оказаться исключительно прибыльными.

Согласно анализу руководителя отдела исследований разведки, Wood Mackenzie, Эндру Латхема [31], в период с 2009 по 2016 гг. разведка новых залежей являлась убыточным процессом, потери от которого составили более 134,2 млрд долл. США. Компании существенно переоценивали свои риски, в т.ч. в расчетах на постоянный рост цен на сырье. Ситуация стала меняться, и в 2017–2018 гг. разведка дала прибыль около 15,1 млрд долл. США, при средней прибыльности из расчета 60 долл. США/барр. в 2018 г. – в 13,2 %.

1. «Покупка» была осуществлена обменом бумаг (акций) в отношении 0,1192  
2. Более детально рассмотрены в последующих публикациях



Доля собственно сверхглубоких объектов в структуре доказанных запасов 2008–2018 гг. меняется непропорционально общим объемам нефти или газа (конденсата), что, вероятно, свидетельствует об их исключительной сложности (рис. 4). Однако дальнейшее наращивание экономически значимых ресурсов связывается преимущественно с объектами, расположенными на глубинах более 6000 м. Обобщение данных по 1477 сверхглубоким залежам мира показало, что чисто газовые залежи составляют в них до 42%, чисто нефтяные – только 7%, а смешанные – 51% [32]. Такая диспропорция может быть связана с неправомерностью применения традиционных методик поиска жидких УВ. Некоторые результаты геохимических исследований указывают на возможность существования нефтей при температурах

до 200°С и за пределами традиционного «газового окна» зрелости органики в 0,6–1,35% [33, 34]. Кроме того, фазовые состояния обнаруженных залежей оказываются нередко смешанными, с существенными долями конденсированных и адсорбированных компонент.

Сравнительно недавно перспективы сверхглубоких объектов в Китае были подтверждены находками нефтяных залежей на глубинах более 7000 м, на подъеме Тайбей в бассейне Тарим и в депрессии Джизхонг бассейна Бохай Бэй. В свите Джихиан (Туманная гора) из скважины Ньюдонг-1 (Niudong), с глубины 5639 м во время испытаний был получен смешанный приток с 56,3×103 м3 газа и 642,9 м3 нефти в сутки. Нефтепроявления на отметке 6027 м были также отмечены в скважине, расположенной на предгорном участке Восточного Китая [35].

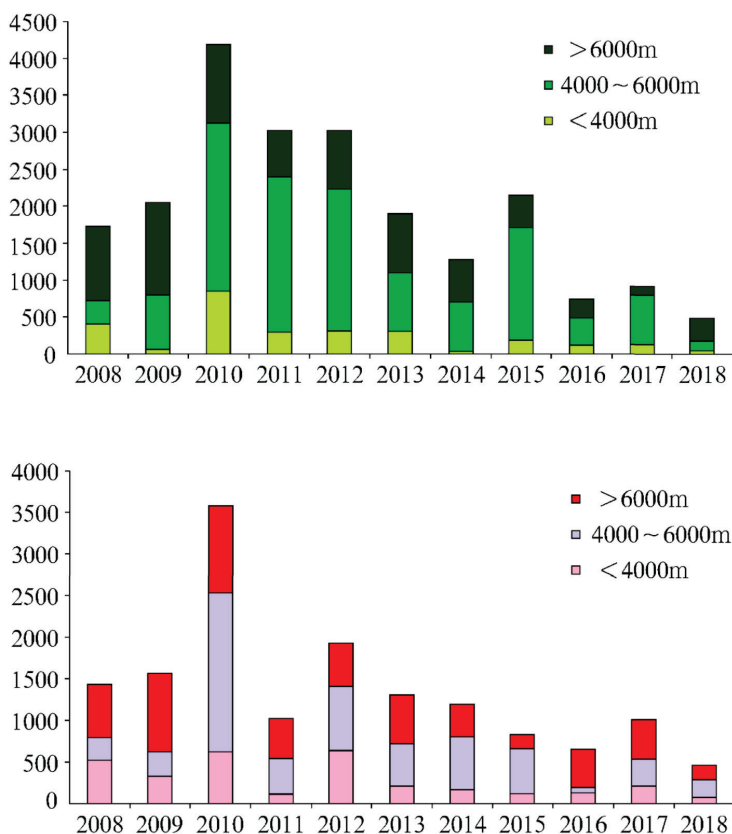


Рисунок 4. Распределение доказанных запасов УВ в мире по глубине: а) нефть в 10<sup>6</sup> т; б) газ и конденсат в 10<sup>6</sup> т нефтяного эквивалента (Yang, 2020)

## Некоторые особенности строения выбранных объектов

Продолжительные ледниковые периоды верхнего палеозоя могли покрывать до 18% существовавшей в то время суши, вбирая в себя огромные объемы воды [24]. Снижение уровня Мирового океана приводило к эрозии и выравниванию обширных областей, в т.ч. и по краям палеозойских бассейнов. Последовавшее за тем таяние привело к высвобождению водяных масс, опреснению океана, региональным трансгрессиям и периодам высокого стояния. В отличие от тектонических подвижек отдельных блоков, эти события имели глобальный характер и были особенно заметны на выравненных краевых территориях палеобассейнов.

При этом для формирования разрезов со смешанной (терригенно-карбонатной) седиментацией были также необходимы сходные температурные условия (развитие рифовых комплексов) и наличие источника сноса грубообломочного материала, какими являлись, например, складчатый пояс Урала для Прикаспийской депрессии или горная область Матадор – для бассейна Мидланд.

Многие разрезы бассейнов верхнепалеозойского возраста хорошо укладываются в теоретическую модель смешанной седиментации, предложенную Ван Сикленом [34], которая применялась для прогноза развития определенных лито-фациальных комплексов [35]. Пример описания таких условий в современных обстановках осадконакопления приводится для Большого

Барьерного рифа в работе Харпера [36].

В модели описывается циклостратиграфическая последовательность событий, начинающаяся во время высокого стояния уровня моря с быстрого накопления карбонатов и эвапоритов на обширной вдольбереговой территории шельфа и одновременно формирования рифовых поясов и чистых карбонатных обломочных отелей на окраине (бровке), а маломощных карбонатных турбидитов – в донной части бассейна. При последующем падении и периодах низкого стояния уровня моря на шельфе формируются аллювиальные и золотые терригенные комплексы, которые переносятся по системам прорезанных в склоне долин в погруженные части, где перекладываются в виде мощных конусов выноса и различных насыпей (рис 5).

Большая часть карбонатных окраин образуются в форме вытянутых валов/скатов (gap), с уклонами менее или около 1°; или каемок/окраин (rim), уклон которых превышает 4°. Наиболее крутой формой окраин считают подводные клиффы. Формирование склонов шельфа определяется скоростью накопления карбонатного материала, которое выше к поверхности воды и снижается последовательно в глубину с падением фотосинтеза. Эти особенности приводят к постоянным переходам от скатов к окраинам, и по мере погружения бассейнов для поддержания окраин им часто не хватает карбонатного материала. Перенос обломочного (терригенного) ма-

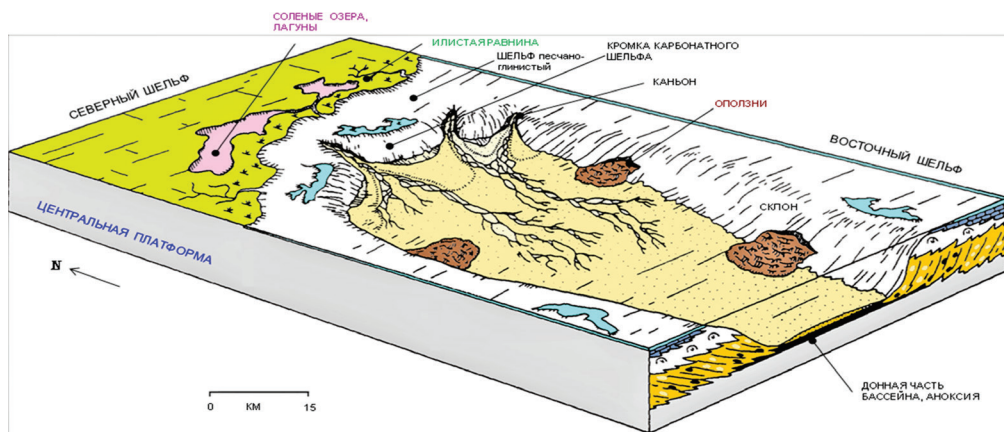


Рисунок 5. Модель смешанной (двойной) седиментации для отложений свит Спрабери и Диан в бассейне Мидланд, Леонардский ярус, 275 млн лет (по Handford, 1980, [39], и Van Siclen, 1958, [36], с изменениями)

териала достигает максимума в пределах склона во время падения и низкого стояния уровня моря и практически прекращается при его подъеме.

Формирование и сохранение коллекторов является ещё одной составляющей, отвечающей за успех разведки и требующей пристального анализа. В общем случае выделяют 3 группы факторов, связанных с формированием первичной пористости, её сохранением и развитием вторичной пористости. В рассматриваемых группах литофаций вторичные процессы чаще всего связаны с раство-

рением, доломитизацией и развитием различной трещиноватости.

Для терригенных пород сохранение первичных фильтрационно-емкостных свойств является ключевым. Так, например, в дельтовых отложениях средне-верхнего триаса, в месторождении Кешен-Дабей (рис. 6), на севере бассейна Тарим, расположенная на глубине 8000 м пачка песчаников характеризовалась межгранулярной пористостью в 5,7–7,9% [6]. В табл. 2 приводятся некоторые характеристики коллекторов сверхглубоких месторождений.

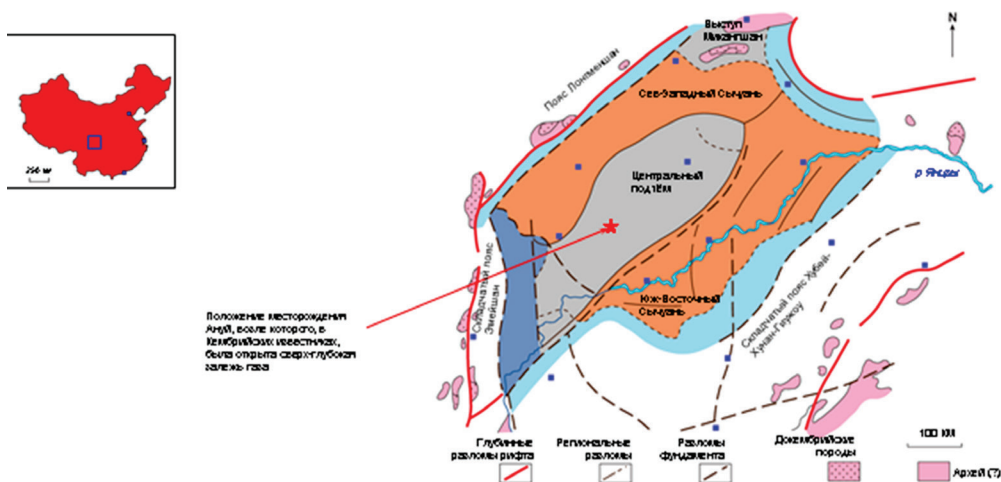


Рисунок 6. Бассейн Сычуань, центральный Китай (229,500 км<sup>2</sup>); основные структурно-тектонические элементы (Wu, 1985, [7])

## Температуры и давления сверхглубоких разрезов

Помимо обычного возрастания этих параметров с глубиной, в сверхглубоких разрезах часто отмечается присутствие нескольких частично перекрывающих друг друга систем, которые затрудняют их прогноз и, главное, оценку зрелости органики и фазового состояния УВ. Общая тенденция возрастания температур при возрастании давлений искажается в случае присутствия солей.

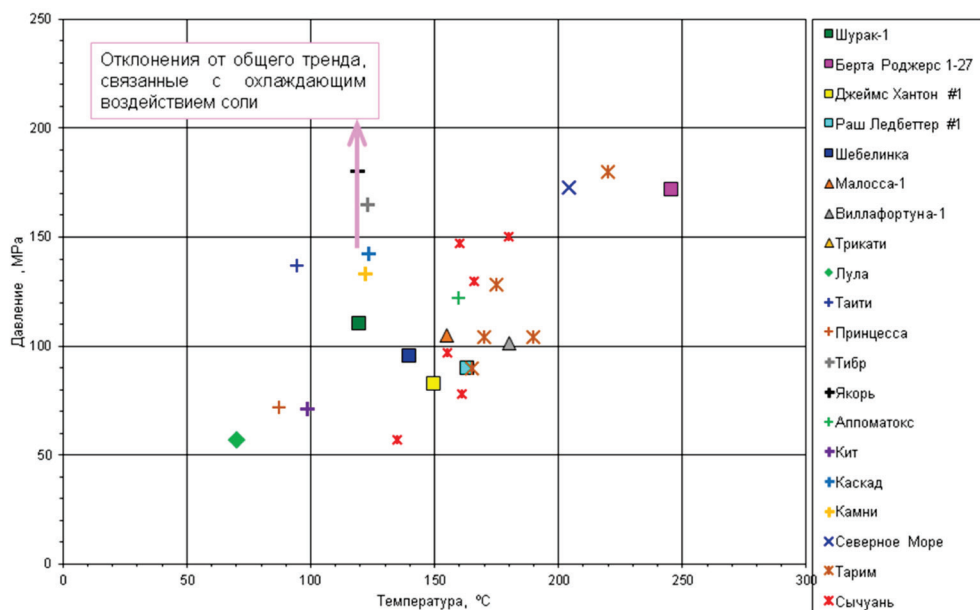
Соль (галит) обладает повышенной теплопроводностью и играет роль «теплоотвода». Пониженные температуры, в свою очередь, сдвигают окно нефте- и газогенерации, повышая перспективы глубоко залегающих комплексов. В табл. 3 приводятся данные по ряду сверхглубоких продуктивных разрезов мира, образующих

логичный тренд. В общем случае пластовые температуры возрастают с увеличением давлений, однако присутствие солей (галита) меняет температурные градиенты – все точки сверхглубоких залежей из Мексиканского залива, расположенные выше тренда, связаны с низкими температурами, обусловленными этим эффектом (рис. 7).

Одним из наиболее значимых и противоречивых вопросов при описании формирования сверхглубоких УВ систем является собственно генерация углеводородов. В подавляющем большинстве случаев классическая теория переработки органического вещества не может дать адекватное объяснение всем фактам и, соответственно, сформировать обоснованный прогноз. В результате сложного набора и длитель-

**Таблица 3. Пластовые давления и температуры сверхглубоких разрезов в нефтегазоносных бассейнах мира**

Бассейн	Месторождение / скважина	Дата	Забой, м	Температура, °С	Давление, МПа	флюиды	
Анадарко	Берта Роджерс 1-27	1974	9583	246	171,33	H <sub>2</sub> S, газ и нефтепроявления	
	Джеймс Хантон #1	1975	7451	150	82,39	газ	
	Раш Ледбеттер #1	1977	8091	163,3	89,49	газ	
	Дэвис Брайант #1	1976	7552	157,2	93,28	газ	
	Брайан Газ Юнит #1-22	1979	7514	138,3	83,08	газ	
	Онна Блэк #1	1981	7257	169,4	81,95	газ, нефть	
	Джей-Эф Даберри #3	1983	7967	161,1	84,35	авария, ликвидирована	
	Хайнес #1-84	1983	7207	129,4	79,69	сухо	
Долина По	Малосса -1	1973	5545	155	104,66	газ, конденсат	
	Виллафортуна -1	1984	6062	180,2	101,33	газ, конденсат	
	Трипати	1987	6377	172,2	107,21	газ, конденсат	
		1987	5970	167,8	102,75	газ, конденсат	
Сантос	Лула	2006	5250	70	56,88	нефть и газ	
Мексиканский залив	Таити (GC 640 #1)	2002	8171	94,4	137,05	нефть и газ	
	Принцесса (MC 765 #3)	2003	5607	87,22	71,77	нефть и газ	
	Тибр (KC-57)	2014	9305	123,16	164,80	нефть и газ	
	Якорь (GC 807)	2015	10295	118,89	180,43	нефть и газ	
	Аппоматокс (MC 392)	2014	7601	159,83	121,86	нефть и газ	
	Кит (AC 772)	2017	6717	98,89	71,00	нефть и газ	
	Каскад (WR 206)	2013	8125	123,3	142,52	нефть и газ	
	Камни (WR 508)	2005	8269	121,89	133,12	нефть и газ	
Тарим (Li Yang, 2020)	Тахи			165	90,0	нефть	
	Шунбэй			190	104,0		
	Халахатанг			170	104,0		
	Шантаогол Балджи			220	180,0		
	Кукакраси-Дабей			175	128,0		
Сычуань (Li Yang, 2020)	Чуаншен 1		8420	180	150,0		
	Чуанки 1		7560	166	130,0		
	Янба			160	147,0		газ
	Ануйи			161	78,0		газ
	Пагуанг			135	57,0		газ
	Сланцевый Газ			155	97,0		газ
	ДДВ (Лукин, 2014)	Шебелинка	1956	6194	140		95
Прикаспийский	Шурак - 1	2011	6569	120	110,3	газопроявления	



**Рисунок 7. Распределение пластовых давлений и температур сверхглубоких разрезов различных бассейнов**

*Примечание: цифрами показаны абсолютные отметки коллекторов. Ряд месторождений Мексиканского залива характеризуются пониженными значениями температур (<130°C), которые обусловлены охлаждением пластов эвапоритовыми массами*

ности различных геологических процессов большинство открытых залежей характеризуются многостадийностью, а нередко и вкладом нескольких источников УВ. Помимо 2 «стандартных» источников газа – переработки (разложения) сырой нефти и генерации из обогащенных органикой (гумусового типа) пород – весьма вероятно добавляется вклад мантийных газов.

Для сверхглубоких газоносных разрезов Китая одной из характерных особенностей состава является наличие H<sub>2</sub>S – компонента, полученного в результате пиролиза соединений серы из кергена и нефтей, деятельности бактерий и микроорганизмов и термохимической (гидротермической) переработки – восстановления сульфатов. Добавление мантийных компонентов, таких как гелий, азот и углекислый газ, ещё больше усложняет состав УВ смеси и интерпретацию её миграции и происхождения.

Отдельной темой, требующей специальных исследований и анализа, является обоснование присутствия жидких УВ нефтяного ряда. Полученные сравнительно недавно результаты свидетельствуют о том, что в условиях больших глубин пониженные геотермальные градиенты

(влияние соляных масс) и АВГД являются ключевыми факторами, влияющими на формирование залежей УВ. Быстрое погружение и накопление осадочного материала, а также пониженные пластовые температуры позволяют замедлить переработку органики, и, следовательно, генерацию УВ.

В работах, связанных с геохимией нефтематеринских толщ бассейна Тарим, приводятся расчеты нижних теоретических границ существования жидких УВ, которые оцениваются в 210°C и 9000–10000 м [9, 10].

Сложное многостадийное развитие палеозойских бассейнов контролирует многочисленные фазы УВ генерации и вовлечение различных нефтематеринских толщ. Данные геохимии и газожидкостных включений в песчаниках сверхглубокой залежи месторождения Дабей (в бассейне передового прогиба Куква) позволили выделить по крайней мере 2 последовательные фазы генерации нефти и еще 1 – газа [8].

Таким образом, геологами уже накоплен значительный объем данных по всему миру, позволяющий однозначно утверждать высокую перспективность сверхглубоких (6000 м и более) горизонтов как

одного из основных источников пополнения ресурсной базы как в уже освоенных, так и новых и перспективных районах. Внимательное изучение накопленного опыта

позволяет существенно оптимизировать как поиски залежей в таких горизонтах, так и их освоение.

## Список использованной литературы

1. Fracalossi F., Miles S., Latham A., Exploration future economics benchmarking. – Wood Mackenzie Asset Report, 2020.
2. Höök M., Hirsch R., Aleklett R. Giant oil field decline rates and their influence on world oil production. – Energy Policy, v. 37(6), 2009, p. 2262-2272.
3. Capital Market Outlo. – Merrill Lynch, Sept. 28, 2020.
4. Chevron to acquire Noble. – Press-release, Wood Mackenzie, July 2020.
5. Occidental to buy Anadarko. – Press-release, Wood Mackenzie, May 2019.
6. Wang Z.M. Formation mechanism and enrichment regularities of Kelasu subsalt deep large gas field in Kuqa Depression, Tarim Basin. – Natural Gas Geoscience, 2014, 25(2), pp. 153-166.
7. Wu M.D. Sichuan Basin. – Proceedings of Schlumberger Well Evaluation Conference, China, 1985, p. 31-36.
8. Mao Y.K., Zhong D.K., Neng Y., Zhang C.W., Liu Y.L., Wang A. et al. Fluid inclusion characteristics and hydrocarbons accumulation of the Cretaceous reservoirs in Kuqa foreland thrust belt, Tarim Basin, Northwest China. – J China U Min Techno, 2015, 44 (6), p. 1033-1042.
9. Zhu G.Y., Yang H.J., Su J., He K., Han J.F., Gu L.J. True exploration potential of marine oils in the Tarim Basin. – Yanshi Xuebao, 2012, 28 (3), p. 1333-1347.
10. Zhu G. et al. Potential and favorable areas of petroleum exploration of ultra-deep marine strata more than 8000 m deep in the Tarim Basin, Northwest China. – J. of Natural Gas Geoscience, 2018, 3, p. 321-337.
11. The Future of Oil and Gas Exploration. – Seminar IHS Markit, 2020, February, 20.
12. Lyell C. Principles of Geology. 3 vols. – Murray, London. 1830–1833.
13. Лайель Ч. Основные начала геологии или новейшие изменения земли и её обитателей. Пер. с англ. – Изд. А. Глазунова, 1866. 462 с.
14. Принцип развития и историзма в геологии и палеобиологии. Сборник научн. трудов. – СО АН СССР, «Наука», Новосибирск, 1990, 339 с.
15. Hutton J. Theory of the Earth with proofs and illustrations. In four parts. – Edinburgh, 1795, Vol. I.
16. Архангельский А.Д. Верхнемеловые отложения востока Европейской России – Материалы для геологии России, 1912, т. 25, 631 с.
17. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том 1. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. – Изд. АН СССР, Москва, 1960, 231 с.
18. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том 3. Закономерности состава и размещения аридных отложений. – Изд. АН СССР, Москва, 1962, 550 с.
- Digital Analogue Knowledge System. – Материалы сайта <https://www.cereservoirs.com/Geologic data – Geofacets TM.> – Материалы сайта
- Elsevier Solutions. – Материалы сайта <https://www.elsevier.com/en-gb/solutions/geofacets>
- Scotese C.R. Permo-Triassic Boundary (251 Ma). – PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS, 2013, v. 4, Late Paleozoic.
- Scotese, C.R., Late Middle Permian (263.1, Capitanian). – PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS, 2013, v. 4, Late Paleozoic.
- Lopez-Gamundi O., Buatois L. A. Late Paleozoic glacial events and postglacial transgressions in Gondwana. – Special Paper of the Geological Society of America, 2010, p.5-8.
- Energy Map Services. – Материалы сайта <https://energydataservices.ihenergy.com/portal/Home/#forward>
19. Simon Flowers How explorers can make money – three strategies. – Wood Mackenzie, 2019.
20. Southgate P.N., Kennard J.M., Jackson M.J., O'Brien P.E., Sexton M.J. Reciprocal lowstand clastic and highstand carbonate sedimentation, subsurface Devonian Reef Complex, Canning Basin, Western Australia. – Carbonate Sequence Stratigraphy: Recent Development and Applications. AAPG. Memoir AAPG, Tulsa, 1993. p. 157–179.

21. Лукин А.Е., Щукин Н.В., Лукина О.И., Пригарина Т.М. Нефтегазоносные коллекторы глубокозалегающих нижнекаменноугольных комплексов центральной части Днепровско-Донецкой впадины – Геофизический журнал, 2011, т. 33., № 1, с.3-27.
22. Лукин А. Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине. Геофизический журнал, 2014, т. 36, № 4, с.32-37.
23. Pang Xiongqi, Wang Wenyang, Wang Yingxun, Wu Luya. Comparison of otherness on hydrocarbon accumulation conditions and characteristics between deep and middle-shallow in petroliferous basins. – *Acta Petrolei Sinica*, 2015, 36(10), p.1167-1187.
24. Xu Chunchun, Zou Weihong, Yang Yueming, Duan Yong, Shen Yang, Luo Bing, Ni Chao, Fu Xiaodong, Zhang Jianyong. Status and prospects of deep oil and gas resources exploration and development onshore China. – *Journal of Natural Gas Geoscience*, 2018, Volume 3, Issue 1, p. 11-24.
25. Guo Xusheng, Dongfeng Hua, Yuping Li, Jinbao Duan, Xuefeng Zhang, Xiaojun Fan, Hua Duan, Wencheng Li. Theoretical Progress and Key Technologies of Onshore Ultra-Deep Oil/Gas Exploration. – *Engineering*, 2019, 5, p. 458–470.
26. Du Jinhu, Xianzheng Zhao, Yiming Zhang, Ruifeng Zhang, Lanzhu Cao, Jianzhang Tian. Great discovery made in risk exploration of Niudong I well and its significance. – *China Pet. Explor.*, 2012, 1, p. 1-7
27. Van S., DeWitt C. Depositional Topography – Examples and Theory, *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 1958, v. 42, n. 8, p. 1897-1913.
28. Ahr, W. M. The carbonate ramp: An alternative to the shelf model. – *Gulf Coast Assoc*, 1973, v. 23, p. 221-225.
29. Harper B. B., Puga-Bernabéu A., Droxler A., et al.. Mixed Carbonate–Siliciclastic Sedimentation Along the Great Barrier Reef Upper Slope: A Challenge To the Reciprocal Sedimentation Model. – *Journal of Sedimentary Research*, 2015, 85(9), p. 1019-1036.
30. Handford C. R. Sedimentology and Genetic Stratigraphy of Dean and Spraberry Formations (Permian), Midland Basin, Texas. - *AAPG Bulletin*, 1981, 65 (9).

## ТЕРЕҢДІКТЕГІ МҰНАЙ

**Қ.О. Есқазиев, П.Е. Сынгаевский, С.Ф. Хафизов**

Әлем экономикасының энергетика секторындағы даму бағыты мен өзгерістеріне қарамастан, ең аз дегенде таяудағы 20 жылда одан әрі де көмірсутегі ресурстары сұраныста болады. «Жердегі» көмірсутектердің ресурстары тұтынумен салыстырғанда іс жүзінде таусылмайтын ресурс болып табылады, сондықтан мәселе олардың көлем бірлігін өндірудің өзіндік құнында ғана тұр. Сол себепті ұзақ уақыт бойы бағаның өзгеруіне «төтеп бере» алатын жаңа коммерциялық кен орындарын іздеу шешуші рөл атқарады. Бұл ретте, ең перспективалы бағыттардың бірі-өте үлкен, 6000 м-ден астам тереңдікте мұнай мен газдың жаңа жиналған жерін іздеу.

Соңғы уақытта геологтар жинаған ақпарат өте қолайсыз термобариялық жағдайларға байланысты бұрын үмітсіз деп саналған өте терең горизонттардағы пайдалы қорларды, соның ішінде, сұйық көмірсутектерді ашудың жоғары ықтималдығы туралы айтуға мүмкіндік береді.

Мұндай жағдайларда әртүрлі шөгінді кешендерінің өнеркәсіптік мұнай-газдылығы әлемнің 70-тен астам бассейнінде белгіленген. Мұнда ірі және алып газ, газ конденсаты, мұнай және аралас кен орындары кездеседі, олардың 1200-ден астамы зерттеліп жатыр. Соңғы 10 жылда Мексика шығанағында (АҚШ, Мексика), Тарим және Сычуань бассейндерінде (Қытай), Оңтүстік Каспий бассейнінде (Әзірбайжан, Ресей және Қазақстан), Сантос бассейнінде (Бразилия) және араб бассейнінде (Таяу Шығыс) айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Оларда 120-дан астам көмірсутек кен орындары ашылды, олардың көпшілігінің коммерциялық мәні әлі бағаланбады.

Ең перспективалы өңірлердің бірі-терең горизонттарның зерттелуі аз Каспий маңы бассейні болып табылады. Оның ерекшеліктерін жақсы түсіну үшін аналогтарды зерттеу негізінде 106 кесекті және 36 карбонатты кен орындары туралы статистика жиналып, 22 палеозой бассейні қарастырылды.

Бұл жұмыста маңыздылығы әртүрлі және жасанды интеллект (AI) алгоритмімен өңдеу элементтерін қолдана отырып, 15084 басылымның деректері ескерілді. Оларды интерактивті пайдалану Каспий маңы бассейнінің бірнеше ықтимал аналогтарын бөліп көрсетуге және оның аса терең кешендерінің ең жоғары перспективасын негіздеуге мүмкіндік берді.

Көптеген зерттеушілер іздеу және барлау жұмыстарын дамытудың 3 стратегиялық бағытын белгілейді. Біріншісіне жаңа бассейндердегі жаңа терең кешендер жатады, екінші бағыт бұрыннан белгілі мұнай-газ бассейндеріндегі жаңа кешендермен байланысты, ал соңғысына, үшінші типке бұрын қазылған бассейндердің белгілі өнімді учаскелеріндегі ашылулары жатады. Каспий маңы бассейні қандай да бір дәрежеде барлық үш топқа сәйкес келеді, бірақ негізінен екінші мен үшіншіге жақындау. Мұнда негізгі қызығушылық шеткері жерлерде жақсы зерттелген және бассейннің орталығына тез батып кететін, негізінен Девон шөгінділері, сондай-ақ, қазіргі уақытта зерттелмеген төменгі палеозой горизонттары.

Бұл мақала ең төмен тереңдіктегі көмірсутек кен орындарын іздеу және игеру тақырыбына арналған бірқатар жарияланымдарға жол ашады.

Түйін сөздер: Каспий маңы бассейні, Тарим және Сычуань бассейндері, Сантос бассейні, өте терең қималардың температурасы мен қысымы, көмірсутектердің аса терең шоғырлары, терең теңіз турбидиттік кешендері, «газ терезесі», аралас («Қос» терригенді-карбонатты) седиментациясы бар тіліктер.



## DEEP OIL

**K.O. Iskaziyeu, P.E. Syngayevski, S.F. Khafizov**

*Regardless of the direction of development and changes in the energy sector, the World's economies will rely primarily on natural resources for at least the next 20 years and very likely beyond. Actually, the resources of hydrocarbons «in place» in comparison with consumption are almost inexhaustible, so the question is only in the cost of production. For this reason, the exploration for new commercial fields that can «withstand» price volatility over a long period of time will play a critical role. At the same time, one of the most promising areas is the exploration of the new super-deep (more than 6000 m.) oil and gas accumulations.*

*The information presently accumulated by geologists allows a high probability of finding profitable reserves, including liquid hydrocarbons, in ultra-deep horizons that were previously considered non-perspective due to extremely adverse thermobaric conditions. Commercial oil and gas potential of various sedimentary formations in such conditions is established for more than 70 basins around the world. There are large and giant gas, gas condensate, oil and mixed «phase-heterogeneous» fields, of which more than 1,200 are already being developed. Over the past 10 years, the most significant success has been achieved in the Gulf of Mexico (USA, Mexico), the Tarim and Sichuan basins (China), the South Caspian basin (Azerbaijan, Russia and Kazakhstan), the Santos basin (Brazil), and the Arab basin (Middle East). More than 120 hydrocarbon fields were discovered and most of them have yet to prove their commerciality.*

*Pre Caspian basin is one of the most prospective regions, where deep horizons are poorly explored. For a better understanding of its potential, statistics on 106 clastic and 36 carbonate fields was collected, and 22 Paleozoic basins were considered as analogs. Data from 15084 documents with varying degrees of significance was taken into consideration; and elements of Artificial Intelligence (AI) processing were applied. Their simultaneous interactive analysis allowed to identify several possible analogues for Pre-Caspian basin and to justify the exceptionally high perspectives of its ultra-deep horizons.*

*Many analysts identify three strategic directions for E&P activities. The first type includes new perspective horizons in new basins, the second direction is associated with new reservoirs in already known oil and gas basins, and the last, third type includes prospects in already known productive sections of previously explored basins. Pre Caspian basin to some extent, corresponds to all three groups, but mainly – to the second and third. Main interest is associated with well-studied Devonian reservoirs on the periphery, rapidly dropping towards the center of the basin, or with almost unexplored to date lower Paleozoic horizons. This article opens a series of publications devoted to the topic of discovery and development of ultra-deep hydrocarbons.*

*Key words: Pre Caspian basin, Tarim and Sichuan basins, the Santos basins, temperatures and pressures of ultra-deep sections, ultra-deep hydrocarbon deposits, deep-water turbidite sediments, «gas window», sections with mixed («reciprocal» clastic-carbonate) sedimentation.*

### Информация об авторах

**Исказиев Курмангазы Орынгаиевич** – канд. геол.-мин. наук, профессор, генеральный директор Председатель Правления АО «Разведка и Добыча «КазМунайГаз», [k.iskaziyeu@kmgep.kz](mailto:k.iskaziyeu@kmgep.kz).

АО «Разведка и Добыча «КазМунайГаз», г. Нур-Султан, Казахстан

**Сынгаевский Павел Евгеньевич** – канд. геол.-мин. наук, старший советник, петрофизик, [shadow63raven@yandex.ru](mailto:shadow63raven@yandex.ru).  
Noble Energy, США.

**Хафизов Сергей Фаизович** – докт. геол.-мин. наук, профессор, заведующий кафедрой поисков и разведки нефти и газа РГУ нефти и газа им. Губкина, [khafizov@gubkin.ru](mailto:khafizov@gubkin.ru).  
РГУ нефти и газа им. Губкина, г. Москва, Российская Федерация.