

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ БАССЕЙНОВ МИРА ПО НЕКОТОРЫМ СТАТИСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Н.Р. Абдуллаев

Институт Нефти и Газа НАНА

Резюме

В этой статье описываются зависимости нефтегазосодержания более 100 бассейнов мира от разных статистических параметров, также обсуждаются перспективы нефтегазосодержания по всему миру и предлагается методика учета неисследованных (прогнозируемых) УВ запасов бассейнов, используя степенной закон (закон Ципфа или распределение Парето). Кроме этого, в работе запасы УВ бассейнов мира сравниваются и коррелируются с площадями и объемом осадочного выполнения этих бассейнов и выводятся различные графики зависимости, используя публично доступные источники информации о запасах бассейнов.

Углеводородные бассейны мира – обзор этих бассейнов

На земном шаре из более 1000 [1] бассейнов выделяются более 260 глубоких нефтегазосодержащих бассейнов (НГБ) и перспективно нефтегазосодержащих бассейнов (ПНГБ). Все крупнейшие нефтегазосодержащие бассейны мира, где сосредоточено более 80 % ресурсов углеводородов связаны с глубокими впадинами, которых не больше 30 (бассейны Персидского залива, Мексиканского залива, Западной Сибири, ЮКБ, Прикаспийского, Пермского и т.д.). Большое количество бассейнов имеет меньшие запасы, но их число очень значительно. Около 170 бассейнов НГБ имеют запасы более 1 млрд. баррелей, что составляет около 30 % бассейнов НГБ [1].

В 143 бассейнах мощность осадочного выполнения достигает 5 км, а в отдельных случаях 20 км и более (Южно-Каспийский, Прикаспийский, Мексиканский залив, Афган-Таджикский, Средиземное море и т.д.). Общая площадь НГБ в глубоких впадинах, где мощность осадочного чехла превышает 5 км, составляет около 40 млн. км, или 70 % площади всех нефтегазосодержащих бассейнов мира [1].

Наиболее крупными НГБ и ПНГБ с мощностью осадочного выполнения свыше 5 км (пло-

щадью более 1.0 млн. кв км) является НГБ Персидского залива (сочленение погруженной платформы и складчатой зоны гор Загроса), НГБ Западной Сибири (погруженная платформа), Мексиканский залив (кратонная впадина), Баффин-Лабрадор ПНГБ (рифтогенная впадина). Общая площадь этих бассейнов составляет 15,6 кв. км или 40,5 % всех НГБ и ПНГБ земного шара с мощностью осадочного слоя в 5 км. Именно с этими нефтегазосодержащими бассейнами связаны крупнейшие открытия нефтяных и газовых месторождений-гигантов с запасами более 5 млрд. тонн.

С этими бассейнами связаны крупнейшие открытия нефтяных месторождений-гигантов с запасами, превышающими 1 млрд. т нефти или 1 трлн. м³ газа. При этом из 63 известных месторождений-гигантов более 30 сконцентрированы в Персидском заливе [1].

Необходимо начать наш обзор с перечисления НГБ. В Центральной Азии и на Дальнем востоке выделяются 33 НГБ и более 23 бассейнов мощностью осадочного выполнения более 5 км. Наиболее крупными НГБ являются Северо-Тайваньский, Тайвань-Вьетнамский, Северо-Китайский и др. В Юго-Восточной Азии и Океании из 21 НГБ площадью 2,6 млн. км², но только в 5-ти мощность осадочного чехла превышает 5 км.

В Африке выделяются 20 НГБ общей площадью 6,9 млн. км²; в том числе 16 НГБ с мощностью осадочного выполнения более 5 км. Наиболее крупнейшим НГБ является Сахаро-Ливийский, где открыты такие крупнейшие нефтяные месторождения-гиганты как Хасси-Месауд, Зарзаитин, Зельтен, Амаль, Гиало, Сарир и др. Кроме этого, крупнейшие месторождения имеются в дельте Нигера и Нила и пассивной окраины Атлантики и недавно открытые месторождения Индийского Океана (Танзания и Мозамбик).

В Западной Европе из 25 НГБ в 10 мощность осадочного чехла превышает 5 км, достигая в некоторых из них 10-12 км и более. Эти бассейны приурочены к кратонным прогибам и бассейнам

растяжения (бассейны Северного моря). В пределах этого НГБ выявлены крупнейшие нефтяные месторождения-гиганты Экофиск, Код и Гронинген. Залежи этих месторождений связаны с верхнемеловыми карбонатными и палеогеновыми терригенными коллекторами [2].

В Австралии и Новой Зеландии выделяют около 18 НГБ. В 9 из них общей площадью 2,5 млн. км мощность осадочного чехла превышает 5 км. Наиболее крупными из них являются Арафурский, Гипсленд, Кеннинг, Боуэн-Сураг.

В Южной Азии из известных 11 НГБ мощность достигает 20 км в Афгано-Таджикском, Бенгальском, Нижнеиндийском, Иравади и др (с мощностью осадков до 10 км). Крупнейший бассейн мира по размерам – Бенгальский является исключением и не содержит месторождений супер-гигантов. Нефтегазоносные бассейны с мощностью осадков более 5 км тектонически приурочены в основном к зонам сочленения древней платформы и предгорных прогибов.

На Ближнем востоке имеются 10 НГБ, в 6 из них мощность достигает более 5 километров и включает склоны Аравийской платформы, Месопотамский передовой прогиб (Загрос). Крупнейшими месторождениями с геологическими запасами более 3000 млн. т нефти являются Гхавар, Хуарис, Абкаик, Манифа, Хурсания, Даммам, Дукхан, Идд-Эль-Шарги, Умм-Шейф, Румейла, Киркук, Ахваз, Ага-Джари, Марун, Гечсаран, Катиф, Фередун-Марджан и др. Крупнейшие месторождения на платформенном склоне Персидского залива в основном связаны с карбонатными коллекторами верхней юры и терригенно-карбонатными коллекторами нижнего мела, а в Месопотамском прогибе - с терригенными коллекторами олигоцен-миоцена, аналога майкопской и диатомой свит Азербайджана [2].

В Северной и Центральной Америке из 44 известных НГБ площадью 10,8 млн. км², в 26 мощность осадочного выполнения в глубоких впадинах превышает 5 км, а иногда превышает 10 - 20 км (Свердруп, Бофорт, Мексиканский залив и др.) Крупнейшими месторождениями с геологическими запасами более 1000 млн. т нефти являются Прудо-Бей, Атабаска, Пис-Ривер, Ист Тексас.

В Южной Америке выделяются 50 НГБ. Из них в 17 мощность осадочного выполнения пре-

вышает 5 км, достигая в отдельных случаях 15 - 20 км (Маракайбо, Ориноко, Гайаны, Магдалена, Альтиплано и др.). Крупные месторождения Южной Америки являются месторождения Маракайбо (Боливар и Ламар).

На территории бывшего СССР основные НГБ, содержащие огромные запасы нефти и газа, уступающие только Персидскому заливу, находятся на территории России – в частности Западно-Сибирский бассейн. Он включает в себя Уренгойское, Медвежье, Ямбург, Заполярное, Нижневартовское месторождения [2].

В Прикаспийской впадине содержатся гигантские месторождения Тенгиз, Астраханское и Кашаган. В бассейне Амударьи находится второе по размеру в мире газовое месторождение Галкыныш, делающее этот НГБ одним из самых крупных в мире. Необходимо отметить, что запасы этого месторождения были открыты относительно недавно.

Нефтяные месторождения-гиганты, открытые за последние 20 лет, включают следующие - Даште-Абадан – 1 млрд. тон (2001), Ядавалан и Фирдоус - 2 млрд. тон каждый (2003), Джек – 2,4 млрд. тон (2004), Тупи – 2,1 млрд.тон (2006), Наньпу – 1,2 млрд. тон (2007), Кариока – 1,2 млрд. тон (2008), Тайбер – 1,8 млрд. тон (2009), Карабобо и Хунин – 10,4 млрд тон каждый (2010).

Газовые месторождения-гиганты, открытые за последние 20 лет это - Галкыныш - 14 трлн. куб метров (2006), Киш - 1 трлн. куб метров (2006), Гольшан -1 трлн. куб метров (2007), Зохран -1 трлн куб метров (2015), Левиафан – 0.6 трлн. куб метров (2010).

В настоящее время поиски залежей УВ на больших глубинах ведутся в десятках стран мира, причем в 32 из них добыча производится с глубин более 4500 метров [2]. Особенно большое количество бурения на больших глубинах производится в США, где накоплен большой опыт. В 2009 в Мексиканском заливе БП пробурила поисковую скважину Тайбер на глубине 11000 м, где получили нефть.

Наиболее глубокими впадинами на территории бывшего СССР, перспективными для поисков скоплений УВ на больших глубинах, являются Днепровско-Донецкая, Печорская, Прикаспийская, Предуральский прогиб, Предкарпатье, Мургабская и Ферганская впадины,

Предкопетдагский и Южно-Мангышлакский прогибы, Западно-Туркменская впадина, Куринский прогиб, Рионская впадина, акватории Каспийского, Черного, Баренцового, Карского, Охотского морей.

Особый интерес в этом мире представляет собой ЮКБ. Этот бассейн очень необычен по своей природе и отличается от других аномально высокой мощностью осадочного чехла [1]. Несмотря на длительную историю (140 лет) разведки и разработки месторождений этого нефтегазоносного бассейна, в настоящее время разведаны лишь бортовые и прибортовые части депрессионных зон. Значительная же часть бассейна остается малоизученной. Все перспективы залежей бассейна связаны с залежами с глубиной более 6 - 7 километров.

Зависимости объемов осадков в бассейнах от извлекаемых запасов бассейна

Согласно классификации НГБ, по величинам начальных геологических ресурсов Моделевский и др. [4] выделяют уникальные (100 млрд. т), крупнейшие (50 - 100 млрд. т), крупные (10 - 50 млрд. т), средние (10 млрд. т), мелкие (1 млрд. т)

бассейны по запасам. К уникальным относятся колоссальные НГБ Персидского залива, Западной Сибири и Мексиканского залива.

Важнейшими критериями оценки нефтегазоносности осадочных бассейнов является объем осадочного выполнения и частота открытия крупных месторождений нефти и газа [2]. В нашей работе собрана более новая информация по различным НГБ и на основе анализа установлена зависимость ресурсов (извлекаемых запасов) от объема осадочного слоя, которая опубликована в [1]. Это соответствует исследованиям Моделевского и др. [4, 1983г], которые показывают подобные зависимости.

Так, на *рисунке 1* показана логарифмическая зависимость между площадью бассейнов и извлекаемыми запасами. Здесь извлекаемые запасы служат «заменителем» геологических запасов (по всем бассейнам мира такие данные собрать не удалось). Скорее всего геологические запасы еще более подходят для подобной зависимости, но, как видно, имеется хорошая зависимость. На этом же рисунке видна зависимость от объема осадков (осадочного выполнения) с коэффициентом зависимости $R^2 = 0,2$, что является неплохим

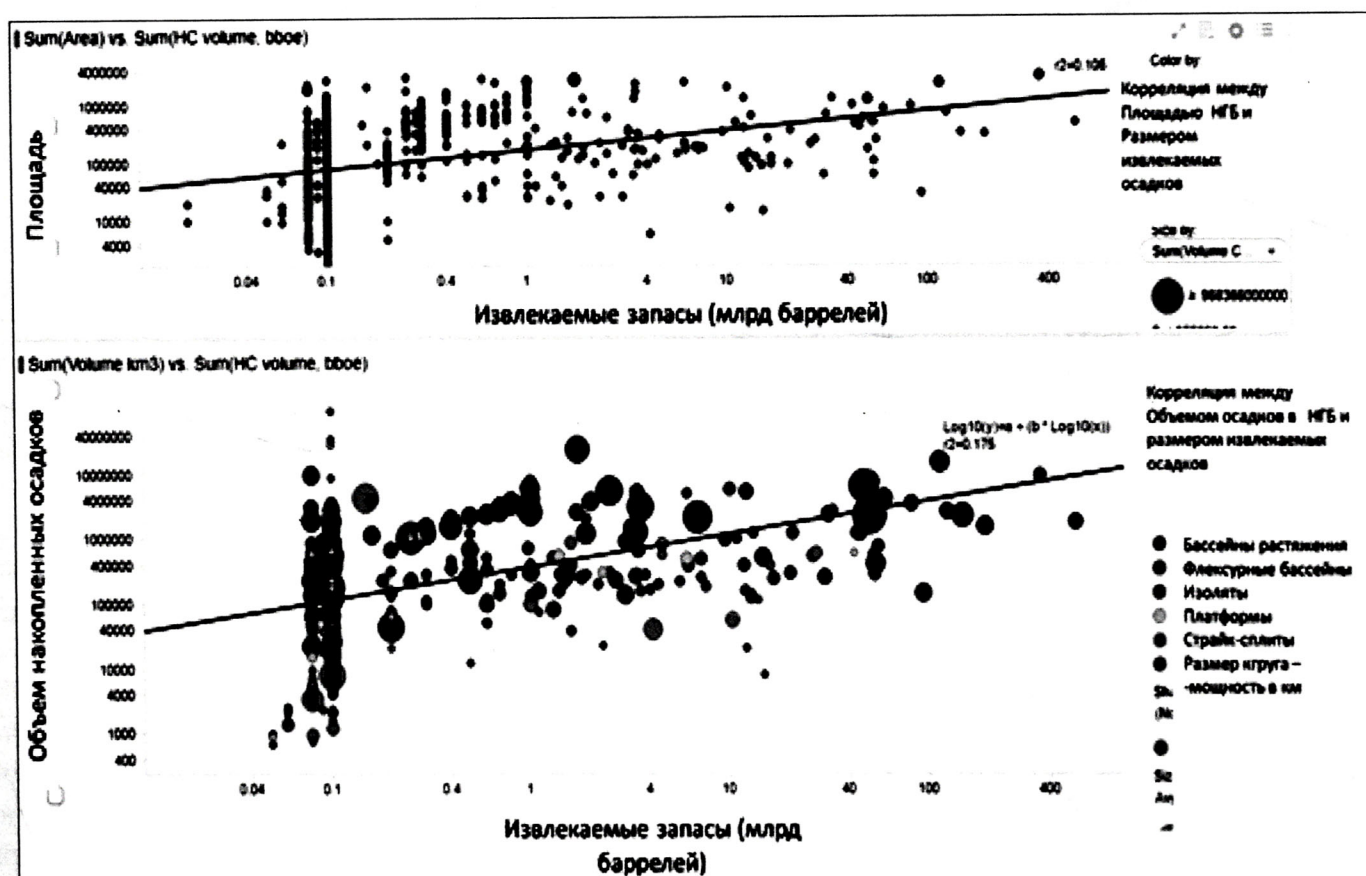


Рисунок 1. Зависимости объемов осадков в бассейнах от извлекаемых запасов в мировых бассейнах

коэффициентом измерения в данном случае. Кроме этого, заметно, что бассейны растяжения (extensional basins) и платформенные бассейны имеют хорошую зависимость, что, очевидно, связано с размером распространения структур и материнских пород в грабенах и депрессиях-авлакогенах. Флексурные бассейны не имеют подобной связи, бассейны изоляты и бассейны разрывов (Strike-slip wrench) также не имеют четкой зависимости из-за их гетерогенной природы, не требующей присутствия материнских пород. Эти графики показывают, что некоторые бассейны со

В заключение необходимо отметить что извлекаемые запасы бассейнов мира выведены из данных USGS¹ по бассейнам мира [5] и дополнены данными в работе [2]. По этим графикам видно, что логарифмическая зависимость между объемом осадков и извлекаемыми нефтегазовыми запасами бассейнов мира любых типов могут быть выведены довольно легко. Это позволит применить подобную зависимость к другим, еще не известным бассейнам мира, если они имеют нефтегазовые системы и вывести размеры еще не изведенных запасов (Таблица 1).

Таблица 1. Объем запасов нефти и газа в 500 основных седиментационных бассейнах мира (Распределение объемов запасов УВ в бассейнах мира по методу Парето и закону Ципфа)

| Количество бассейнов | Запасы млрд баррель | Мин запасы млрд баррель | % бассейнов | % запасов от общего |
|----------------------|---------------------|-------------------------|-------------|---------------------|
| 10 | 1744 | 55 | 2 % | 55 % |
| 20 | 2213 | 42 | 4 % | 69 % |
| 25 | 2360 | 27 | 5 % | 74 % |
| 30 | 2462 | 20 | 6 % | 77 % |
| 35 | 2541 | 15 | 7 % | 79 % |
| 50 | 2716 | 7 | 10 % | 85 % |
| 100 | 2960 | 3 | 20 % | 93 % |
| 150 | 3106 | 1 | 30 % | 97 % |
| 200 | 3150 | 0.5 | 40 % | 98 % |
| 500 | 3200 | 0.01 | 100 % | 100 % |

значительным объемом выполнения осадков не имеют больших запасов УВ. Это часто связано с недостаточной исследуемостью этих бассейнов разведочным бурением. Так, открытие новых провинций нефти и газа в Черном море, Гайане и Средиземноморье за последние 15 лет показывает, что потенциал мегабассейнов НГБ, где имеются большие запасы нефти и мощная осадочная оболочка далеко и совсем не исчерпан. Естественно, этот чисто статистический подход совершенно не учитывает геологию различных НГБ, наличие в них материнских пород, коллекторов, покрышек и соответствующей истории миграции, однако он дает возможность понять «нехватку» определенных запасов, некоторое несоответствие корреляции между различными параметрами.

Как правило, многие природные явления в бассейнах мира измеряются по закону Парето (power-law) или правилу 80/20, при помощи которых уже показывалось распределение объемов в бассейнах мира. Распределение Парето встречается при исследовании различных явлений, в частности, социальных, экономических, физических и других. Вне области экономики иногда называется также распределением Брэдфорда. Вилфредо Парето изначально использовал это распределение для описания распределения благосостояния, а также распределения дохода. Его «правило 20 к 80» (которое гласит: 20 % популяции владеет 80 % богатства) однако зависит от конкретной величины k и может меняться в больших пределах. В лингвистике распределение Парето известно под названием закона Ципфа. Этот

¹United States Geological Survey (USGS) Hydrocarbon Basin Assessment, 2012

закон показывает зависимость абсолютной частоты слов (сколько всего раз каждое конкретное слово встретилось) в достаточно длинном тексте от ранга (порядкового номера при упорядочении слов по абсолютной частоте).

Эти два закона всего лишь частные случаи степенного закона. Степенный закон показывает зависимость между двумя величинами, при которой относительное изменение одной величины приводит к пропорциональному относительному изменению другой величины, независимо от исходных значений этих величин: зависимость одной величины от другой представляет собой степенную функцию.

Степенной закон присутствует во многих физических, биологических и искусственных явлениях; например, размеры лунных кратеров и солнечных вспышек, число аварий в энергосистемах, число уголовных обвинений на одного преступника, количество извержений вулканов, человеческие оценки интенсивности стимулов и многие другие величины. Эмпирические распределения могут соответствовать степенному закону во всём диапазоне своих значений, либо, например, в хвосте. Затухание звуковых колебаний следует степенному закону в широких пределах частот во многих сложных средах. Природа, по которой некоторые явления соответствуют степенному закону, а некоторые нормальному распределению (например, человеческий рост в популяции или продолжительность жизни) заслуживает отдельного исследования.

Что касается нефти и газа, то Канторович и др., 1979, в работе [3] показали зависимость распределения месторождений и бассейнов от степенного закона. **Рисунок 37** (в работе [3]) из нашего исследования показывает, что на 5 % (25 бассейнов) всех 500 углеводородосодержащих бассейнов мира приходится 75 % запасов углеводородов, а на остальные 475 бассейнов – 25 %. ЮКБ входит в эти ведущие 5 % бассейнов, находясь на 15 месте. Первые 100 бассейнов

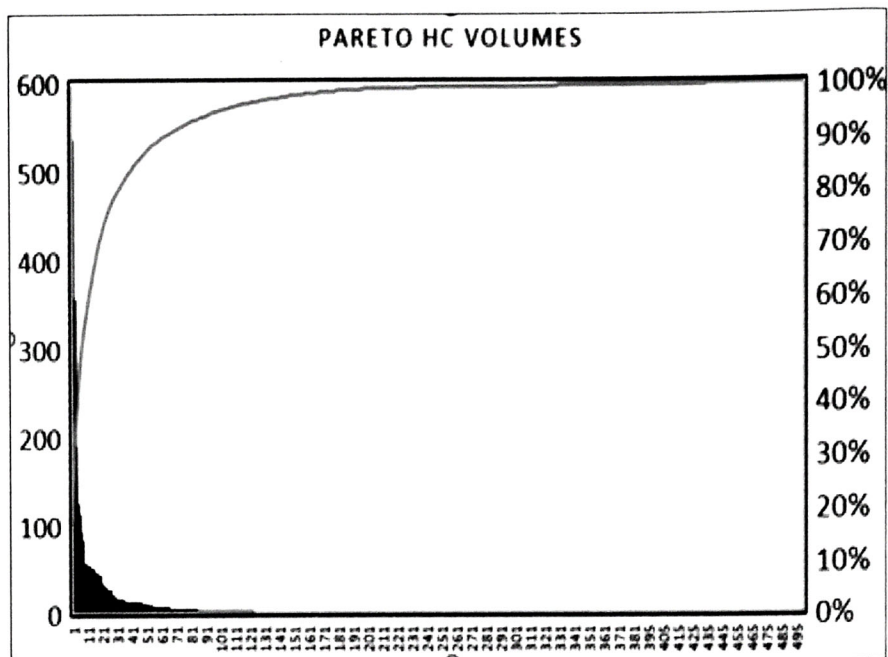


Рисунок 2. Распределение Парето по 500 основным нефтегазовым бассейнам мира по данным USGS

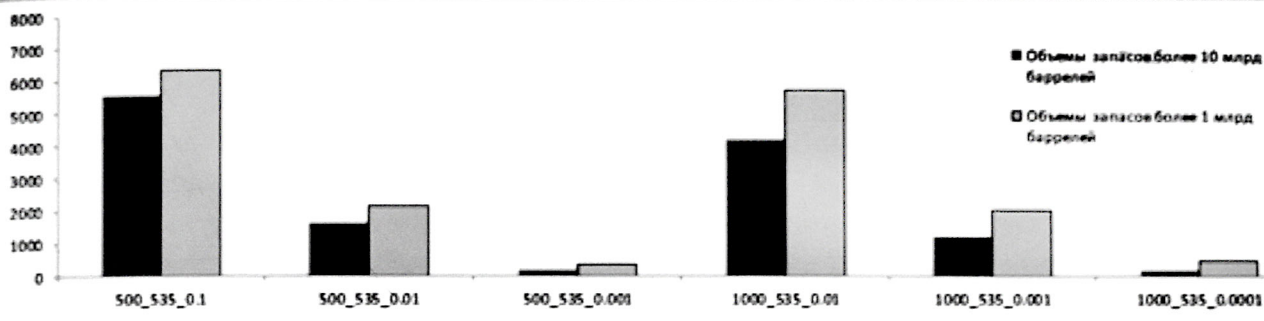
вообще содержат 93 % всех запасов УВ. И это притом, что общее количество бассейнов мира, потенциально содержащих УВ, может превышать 1000.

Рисунок 2 показывает это распределение в графической форме, где основным бассейном, содержащим самое большое количество УВ, является Западно-Сибирский бассейн (530 млрд. баррелей).

По закону Ципфа можно вычислить наконец и возможный объем УВ, еще не найденный, используя отклонения от степенного закона (Таблица 2). В этом случае основным критерием этой неопределенности будут являться размеры минимальных запасов и число бассейнов НГБ. Поскольку бассейн и число самых высоких запасов известны (530 млрд. баррелей в Западно-Сибирском бассейне), также известно максимальное число бассейнов, основным элементом является самый малый объем УВ, который варьируется от 0,1 млн. тонн до 100 млн. тонн в бассейне. По данным USGS в настоящее время извлекаемые запасы в мире составляют более 3000 миллиардов баррелей [5]. **На рисунке 3 и в таблице 2** (в работе [5]) представлены 6 возможных случаев (сценариев) потенциальных запасов УВ с порогом запасов выше 1 млрд. баррелей. 3 из них основаны на наличии 500 бассейнов НГБ и меняются от 6300 млрд. баррелей до 361 млрд.

Таблица 2. Изменение объемов УВ по закону Ципфа при разных степенных законах

| Cases | Самый малый объем УВ в бассейне, | Бассейны с запасами 1 млрд баррелей | Объемы запасов более 1 млрд баррелей | Средний размер объема УВ ПНГБ млрд баррелей | Бассейны с запасами более 10 млрд баррелей | Объемы запасов более 10 млрд баррелей | Средний размер объема УВ ПНГБ млрд баррелей |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| | млн. баррелей | | | | | | |
| 500_535_0.1 | 100 | 462 | 6334 | 14 | 205 | 5536 | 27 |
| 500_535_0.01 | 10 | 341 | 2145 | 6 | 101 | 1605 | 16 |
| 500_535_0.001 | 1 | 221 | 361 | 2 | 55 | 152 | 3 |
| 1000_535_0.01 | 10 | 694 | 5720 | 8 | 188 | 4208 | 22 |
| 1000_535_0.001 | 1.0 | 438 | 2008 | 5 | 96 | 1221 | 13 |
| 1000_535_0.0001 | 0.10 | 267 | 482 | 2 | 55 | 162 | 3 |



баррелей в зависимости от минимальных пределов (0,1; 0,01; 0,001 млрд. баррелей) месторождений. Другие 3 основаны на наличии 1000 НГБ и меняются от 5700 млрд. баррелей до 462 млрд.

руемых объемов (Yet-to-Find), когда геологические условия накопления УВ в ловушках не ясны. Таким образом, объем внутри красного полигона между пунктирной линией и сплошной красной

линией на рисунке 3 соответствует цифре в 362 млрд. баррелей на рисунке 3, а например, площадь между пунктирной линией и желтой линией соответствует цифре в 6334 млрд. баррелей. Эти запасы никак не лимитированы геологически по провинциям и представляют чисто статистический подход – в то время как в работе USGS [5] имеются большие запасы

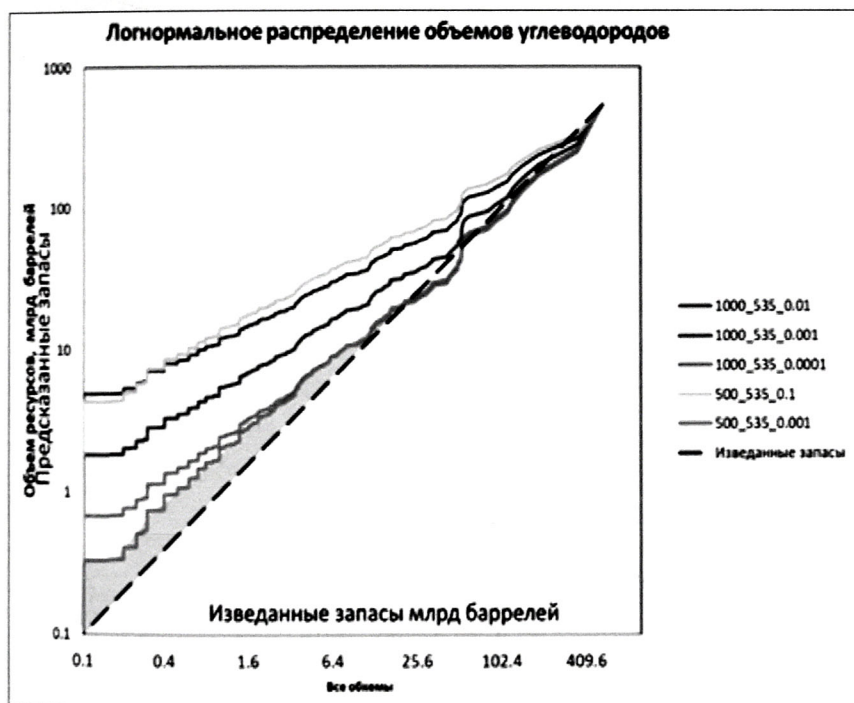


Рисунок 3. Изменение объемов УВ по закону Ципфа – графическое представление

баррелей. Если порог запасов увеличить до 10 млрд. баррелей, то запасы уменьшаются.

Это же может быть выражено и графическим способом, отражающим степенной закон. Такое графическое применение довольно обычно в нефтегазовом секторе, где метод Ципфа используется для статистического подсчета прогнози-

руемых объемов (Yet-to-Find), когда геологические условия накопления УВ в ловушках не ясны. Таким образом, объем внутри красного полигона между пунктирной линией и сплошной красной линией на рисунке 3 соответствует цифре в 362 млрд. баррелей на рисунке 3, а например, площадь между пунктирной линией и желтой линией соответствует цифре в 6334 млрд. баррелей. Эти запасы никак не лимитированы геологически по провинциям и представляют чисто статистический подход – в то время как в работе USGS [5] имеются большие запасы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение объемов еще не исследованных (прогнозированных) запасов УВ очень неопределенно. Существует большое количество различных методов подсчета подобных ресурсов. Чисто статистически известно, что подобные физические величины подчиняются степенному закону (power-law).

Используя имеющиеся у нас данные о нефтегазоносных бассейнах мира (НГБ) и запасах в них с помощью разных степенных законов показано, что эти запасы могут меняться в пределах от 160 млрд. баррелей (23 млрд. тонн) до 6300 млрд. баррелей (900 млрд. тонн). Имеется также четкая зависимость запасов УВ в бассейнах НГБ

от осадочного выполнения этих бассейнов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Guliyev I.S., Abdullayev N.R., Huseynova Sh.M. *Distribution and Volume of rocks in Sedimentary basins – Unusual case of the South Caspian Basin. SOCAR Proceedings No.3 (2020) 004 – 010.*

2. Алиев А.И., Алиев Э.А. *Нефтегазоносность больших глубин. 2011 ISBN 5-86874-359-8 OSKAR publishing, 2011, p.420.*

3. Конторович А.Э., Моделевский М.С., Трофимук А.А., 1979. *Принципы классификации седиментационных бассейнов в связи с нефтегазоносностью, Академия Наук СССР, Сибирское отделение, 1979.*

4. Моделевский М.С., Гуревич Г.С. и др *Ресурсы нефти и газа и перспективы их освоения, Москва, «Недра» 1983, 223.*

5. *World Oil and Gas Resource Assessments - United States Geological Survey (USGS) Hydrocarbon Basin Assesment, 2012.*

6. *World Oil and Gas Resource Assessments - United States Geological Survey (USGS) Hydrocarbon Basin Assesment, 2012.*

N.R. Abdullayev

BƏZİ STATİSTİK PARAMETRLƏR ƏSASINDA DÜNYA HÖVZƏLƏRİNİN NEFT-QAZLILIĞI

XÜLASƏ

Bu məqalədə dünya hövzələrinin neft və qaz proqnozlaşdırılan həcmərin müxtəlif parametrlərdən asılılığı təsvir olunur. Bu məqalədə həmçinin Dünya karbohidrogen perspektivləri müzakirə olunur və güc qanunu (Power Law) və Pareto Qanunundan istifadə edərək dünya hövzələrinin tədqiq olunmamış karbohidrogen ehtiyatlarını hesablamaq üçün yeni bir metod təklif olunur. Bundan əlavə, dünyanın hövzələri sahəsi, çökmə örtüyünün həcmi baxımından neft və qaz həcmələri ilə əlaqəsi ilə müqayisə edilir və bu hövzələrin ehtiyatları haqqında açıq məlumat mənbələrindən istifadə etməklə müxtəlif asılılıq qrafikləri nümayiş olunur.

N.R. Abdullayev

HYDROCARBON RESOURCES OF THE WORLD'S BASINS ON VARIOUS STATISTICAL PARAMETERS

ABSTRACT

This article describes the how the hydrocarbon resources of over 100 of the World's basins on various parameters depend on various statistical parameters. This paper also discusses and delineates hydrocarbon prospectivity of the World and proposes a new method for calculating the unexplored hydrocarbon resources (Yet to Find resources) of basins using a power law (Pareto distribution). In addition, the basins of the world are compared in the following way: volume of the sedimentary rocks in the basin versus hydrocarbon resources. Various graphs of dependence and correlation are displayed using publicly available sources of information on the resources of the World's basins.