



**SPE-171212-RU**

## **Геология и перспективы нефтегазоносности эксклюзивной экономической зоны республики Куба в Мексиканском заливе**

**Ананьев В.В., ООО «Газпромнефть-Сахалин»; Вержбицкий В.Е., ООО «Газпромнефть НТЦ»; Обухов А.Н., Борисов Д.В., ОАО «Газпром нефть»; Норцев Г.В., ООО «Газпромнефть-Сахалин»**

Авторское право 2014 г., Общество инженеров нефтегазовой промышленности

Этот доклад был подготовлен для презентации на Российской технической нефтегазовой конференции и выставке SPE по разведке и добыче, 14 - 16 октября, 2014, Москва, Россия.

Данный доклад был выбран для проведения презентации Программным комитетом SPE по результатам экспертизы информации, содержащейся в представленном авторами реферате. Экспертиза содержания доклада Обществом инженеров нефтегазовой промышленности не выполнялась, и внесение исправлений и изменений является обязанностью авторов. Материал в том виде, в котором он представлен, не обязательно отражает точку зрения SPE, его должностных лиц или участников. Электронное копирование, распространение или хранение любой части данного доклада без предварительного письменного согласия SPE запрещается. Разрешение на воспроизведение в печатном виде распространяется только на реферат объемом не более 300 слов; при этом копировать иллюстрации не разрешается. Реферат должен содержать явно выраженную ссылку на авторское право SPE.

### **Резюме**

Нефтегазоносность о-ва Куба установлена состоявшимися открытиями, среди которых наиболее крупные – месторождения тяжелых нефтей Бока-де-Харуко и Варадеро. В настоящее время потребности островного государства в нефти и нефтепродуктах удовлетворяются за счет собственных источников менее чем наполовину. Перспективы развития ресурсной базы углеводородов связываются с прилегающей акваторией Мексиканского залива, в которой с 2001 г. иностранным недропользователям предоставляются лицензионные участки с целью геологического изучения и последующей разработки. В освоении кубинской части Мексиканского залива в числе других принимали участие две российские компании – ОАО «Газпром нефть» и ОАО «Зарубежнефть». С 2004 г. на глубокой воде в эксклюзивной экономической зоне Кубы силами различных компаний было пробурено 5 скважин. Ни в одной из них не было установлено промышленной нефтегазоносности как по геологическим, так и по технологическим причинам. Тем не менее, только малая часть акватории оказалась охвачена бурением, а продуктивность разреза была опробована только на глубину меловых отложений. На наш взгляд перспективы нефтегазоносности эксклюзивной экономической зоны Республики Куба в Мексиканском заливе остаются недооцененными, и означенная акватория нуждается в геологическом доизучении. Планирование геологоразведочных работ в этом малоизученном регионе должно осуществляться системно и основываться на результатах региональных научных исследований.

### **Введение**

Зарубежные геологоразведочные проекты для ОАО «Газпром нефть» являются одним из приоритетных направлений развития ресурсной базы углеводородов. Согласно принятой «Стратегии 100-70-40» к 2020 г. Компания прогнозирует добывать 10 % продукции за рубежом. В настоящее время «Газпром нефть» ведет ряд проектов в Сербии, Ираке, Курдском автономном районе Ирака и Венесуэле. С 2010 г. Компания с малайской компанией Petronas участвовала в проекте по оценке перспектив нефтегазоносности 4 участков в эксклюзивной экономической зоне Кубы. В пробуренной в 2012 г. скважине Satoche-1 были обнаружены признаки наличия углеводородов, но промышленного месторождения открыть не удалось. Следует отметить, что это был первый опыт участия ОАО «Газпром нефть» в зарубежном проекте с бурением скважины на глубокой воде. Несмотря на то, что в настоящее время обе компании покинули кубинский проект, остается необходимость проанализировать сделанные шаги и критически их оценить. Такой анализ позволит учитывать в будущем разные обстоятельства, повлиявшие на исход дела, и реализовывать новые подобные проекты с существенно большей успешностью.

### **Оценка ресурсного потенциала углеводородов**

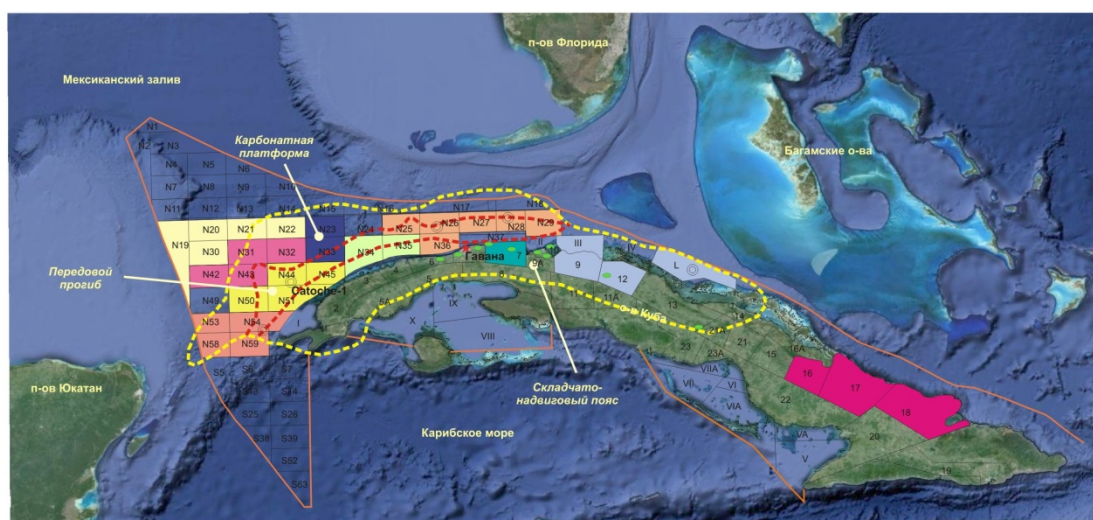
По оценке геологической службы США нефтегазовый потенциал Северо-Кубинского нефтегазоносного бассейна составляет чуть более 1 млрд. т н.э. По средней вероятностной оценке извлекаемые ресурсы нефти оцениваются 626 млн. т, газа – 277 млрд м<sup>3</sup>, конденсата – 124 млн. т (табл. 1). При этом, по заявлениям кубинских специалистов нефтегазовый потенциал Кубы составляет около 3 млрд т н.э. (<http://www.benzol.ru/news/newsone.php?id=184001>) Специалисты USGS выделяют одну, юрско-меловую углеводородную систему, внутри которой ресурсы оцениваются

для областей складчато-надвигового пояса, передового прогиба и карбонатной платформы (рис. 1). Границы УВ системы обосновываются тем, что в этих пределах возможна миграция УВ из катагенетически зрелых глинисто-карбонатных юрских и, возможно, меловых нефтегазоматеринских отложений (Schenk, 2008, 2010). Как наиболее богатая углеводородами оценивается область передового прогиба, в которой было сосредоточено бурение большинства морских глубоких скважин.

Таблица 1

Оценка юрско-меловой углеводородной системы Северо-Кубинского нефтегазоносного бассейна (по USGS, 2010)

Нефтегазоносная область	Нефть, млн т	Газ, млрд м <sup>3</sup>	Конденсат, млн т	Итого по НГО
Складчато-надвигового пояса	67	16	5	88
Передового прогиба	439	216	97	752
Карбонатной платформы	120	45	22	187
<b>Итого по фазовому состоянию</b>	<b>626</b>	<b>277</b>	<b>124</b>	<b>1027</b>



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.

Недропользователи: 1 – CNPC; 2 – Petrovietnam; 3 – PDVSA; 4 – Petronas / Gazprom нефть; 5 – ONGC; 6 – Repsol; 7 – Zarubezhneft; 8 – Sherritt; 9 – Sonangol; 10 – скважина; 11 – граница нефтегазоносной области.

**Рис. 1. Расположение лицензионных участков с участием ГПН и проектной скважины Catoche-1 на шельфе Кубы**

### Состояние геолого-геофизической изученности на суше и в море

Куба является территорией с установленной нефтегазоносностью с конца XIX века. Первое месторождение было открыто в 1881 году. В настоящее время на острове насчитывается 28 месторождений, геологические запасы нефти в каждом из которых составляют от нескольких миллионов до миллиарда баррелей (J. Schenk, 2008).

Наиболее крупные месторождения, Бока-де-Харуко и Варадеро с начальными геологическими запасами свыше 100 млн. т (около 1 млрд. баррелей) каждое, характеризуются сложным блоковым строением, значительной степенью выработанности и невысоким товарным качеством добываемой продукции. Так, плотность нефти месторождения Варадеро составляет 0,96-1 г/см<sup>3</sup> (9°-16° API), утяжеляясь к верхним горизонтам, КИН составляет 0,07-0,12, сернистость - более 2%. Коллекторы отличаются латеральной неустойчивостью, но проницаемость в них может составлять до 5-6 Дарси вследствие карстовых явлений, весьма характерных для Кубы.

В настоящее время Куба удовлетворяет примерно половину своих потребностей в нефти за счет собственных углеводородных ресурсов, добывая в год около 3,5 млн. тонн. Дефицит нефти покрывается поставками из Венесуэлы. Перспективы расширения ресурсной базы существуют на шельфе и, особенно, в глубоководной акватории Мексиканского залива, где возможны открытия крупных и гигантских месторождений углеводородов.

На кубинском морском шельфе, на мелкой воде, первые месторождения были открыты еще в 1990 году. Они приурочены к морскому продолжению нефтегазоносной территории, характерной складчато-надвиговой структурой. Месторождения являются мелкими по запасам, а нефть в них характеризуется высокой плотностью и значительным содержанием серы. Более обнадеживающие результаты были получены в конце 2004 г. близ северного побережья острова в районе Санта Круз дель Норте, в 60 км от Гаваны, где было открыто новое месторождение качественной нефти с запасами не менее 100 млн. баррелей (14 млн. т). (<http://www.mineral.ru/News/16055.html>)

В последние 10 лет не прекращались настойчивые попытки открыть месторождения УВ на глубокой воде в кубинской части Мексиканского залива. По инициативе кубинских властей в 2001 г. в акватории были выделены 59 лицензионных участков для поисков нефти средней площадью 2000 км<sup>2</sup> и средней глубиной воды 2000 м, на часть из которых получили доступ иностранные компании (**рис. 1**). В 2004 г. испанская компания Repsol пробурила скважину Yamaqua-1 на глубокой воде в пределах блока 27 (глубина толщи воды - 1631 м, забой - 3410 м), расположенную в 100 км восточнее Гаваны. Скважина не открыла промышленных скоплений УВ, несмотря на то, что в трех интервалах разреза обнаружены нефтепроявления. В результате последующего анализа отсутствие залежей углеводородов на структуре Yamaqua-1 было объяснено недостаточной мощностью покрывки и ее значительной трещиноватостью вследствие близости к зоне надвиговых деформаций острова Куба.

В мае 2012 г. та же Repsol с партнерами Statoil (Норвегия) и ONGC (Индия) объявили о том, что пробуренная глубоководная скважина Jaguey-1 (блок 26) оказалась «сухой». Забой скважины достиг отметки 6096 метров.

Примерно теми же результатами закончились попытки найти углеводороды на кубинском шельфе у Petronas совместно с ОАО «Газпром нефть» (скважина Catoche-1), а позже у венесуэльской PDVSA (скважина San Antonio).

ОАО «Зарубежнефть» в 2013 г. осуществляло бурение поисковой скважины L-1 на блоке L. Однако строительство скважины не удалось выполнить в срок. В процессе бурения скважины были выявлены сложные горно-геологические условия и высокая интенсивность поглощения бурового раствора, общий объем которой в 10-30 раз превосходил аналогичные уровни в пробуренных скважинах на шельфе в данном регионе. В результате ОАО «Зарубежнефть» совместно с «Кубапетролео» решили изменить программу строительства скважины разделением ее на 2 этапа. Ко второму этапу проведения геологоразведочных работ на блоке L планировалось приступить в 2014 году. (Нефть без границ, 2013)

#### **Опыт «Газпром нефти»: проект «Catoche»**

В мае-августе 2012 г при участии ОАО «Газпром нефть» осуществлялось бурение скважины Catoche-1 в эксклюзивной экономической зоне Кубы (оператор – Petronas). Доля ОАО «Газпром нефть» в проекте по геологическому изучению северо-западной акватории Кубы (участки 44,45,50,51 общей площадью более 7 тыс. км<sup>2</sup>) совместно с малайзийским Petronas составляла 30%. В нефтегеологическом отношении блоки были приурочены к перспективной нефтегазоносной области передового прогиба Северо-Кубинского нефтегазоносного бассейна.

Предварительно в пределах участков 44,45,50,51 была проведена региональная и детальная сейсморазведка 2D, которая позволила подготовить к поисковому бурению свыше десятка перспективных объектов в потенциально продуктивных отложениях юры-палеогена предположительно карбонатного состава.

Скважина Catoche-1 закладывалась на объекте N1, который является наиболее крупной потенциальной ловушкой, замкнутой со всех сторон, и обусловлен наименьшими геологическими рисками. Основной поисковый объект предполагался в карбонатных отложениях нижнего мела. Объекты второй очереди, которые могли быть вскрыты скважиной, были приурочены к верхней юре и нижнему эоцену.

Бурение скважины Catoche-1 проводилось с использованием полупогружной плавучей буровой установки (ППБУ) "Scarabeo 9" (платформа 6-ого поколения, с установленной буровой вышкой типа Ram Rig /Dual Activity/). Забой скважины от стола ротора достиг нижнего мела на отметке 4666 м при глубине воды более 2 километров.

По результатам бурения было подтверждено наличие положительной структуры и сходимость прогнозных и фактических отметок положения основных отражающих горизонтов. В свою очередь, карбонатного насыщенного коллектора в отложениях эоцена и мела установлено не было. Признаки нефтеносности в шламе (запах, свечение в УФ-лучах) установлены в терригенных породах мела и эоцена, которыми сложены прослои толщиной, как правило, чуть больше 1 м. Следует констатировать, что эти результаты бурения достаточно логично вписываются в хорошо известные данные по региональной геологии северной Кубы. Кроме того, скважина не подтвердила предполагавшегося отсутствия пород верхнего мела в разрезе, что также укладывается в общую региональную концепцию.

Итак, резюмируя итоги бурения скважины Catoche-1, следует констатировать, что **подтвердились:**

- наличие замкнутой положительной структуры;
- положение отметок основных геологических границ;
- преимущественно карбонатный разрез;

#### **не подтвердились:**

- литология и тип коллектора;
- отсутствие верхнемеловых отложений;
- промышленная нефтегазоносность.

На наш взгляд, на неудачный исход поисков повлияли многочисленные геологические и технологические

неопределенности, при этом некоторые из них можно было устранить до бурения при помощи:

- сейсморазведки 3D;
- инженерной съемки морского дна;
- изучения проекта на основе регионального анализа.

### **Перспективы нефтегазоносности: новая геологическая модель поднадвигового комплекса**

Как показывает проведенный анализ результатов геологоразведочных работ в акватории Мексиканского залива близ Кубы, на сегодняшний день буровая изученность этой акватории не позволяет судить о достаточно обоснованно перспективах нефтегазоносности и тем более ставить на них крест. Наличие всего лишь 5 скважин, вскрывших максимум меловые отложения, говорит о недостаточных объемах геологоразведочных работ в этом перспективном регионе.

Новая концепция геологического развития региона, предложенная геологами ОАО «Газпром нефть», основана на том, что вертикальная и латеральная в южном направлении миграция УВ может быть более интенсивной по сравнению с предыдущими моделями. Основной причиной этого являются срывы (сбросовые детачменты), образовавшиеся в результате растяжения в районе северного фронта Кубинского складчато-надвигового пояса. В частности, основные месторождения нефти на суше, такие как крупнейшее Варадеро, могут быть связаны с упомянутыми выше путями миграции, часть легких УВ при этом теряется (рис. 2).

Детальная геолого-структурная интерпретация фрагмента сейсмического профиля № 16 (рис. 2) в общих чертах подтвердила складчато-надвиговую структуру фронтальных структур кубинского орогена в области сочленения с передовым прогибом. Здесь, в южной части профиля, были зафиксированы многочисленные пологие надвиговые чешуи (дуплексы) со ступенчатой геометрией плоскостей смещения. Отдельные надвиговые чешуи имеют размер в поперечнике порядка первых (до 5) км. При этом горизонтальная амплитуда смещений по этим разломам может достигать первых, или даже десятков (?) километров. Судя по закономерному снижению интенсивности деформации по направлению к нижним горизонтам, базальный срыв (серия срывов?) должен проходить приблизительно вблизи границы юры и мела.

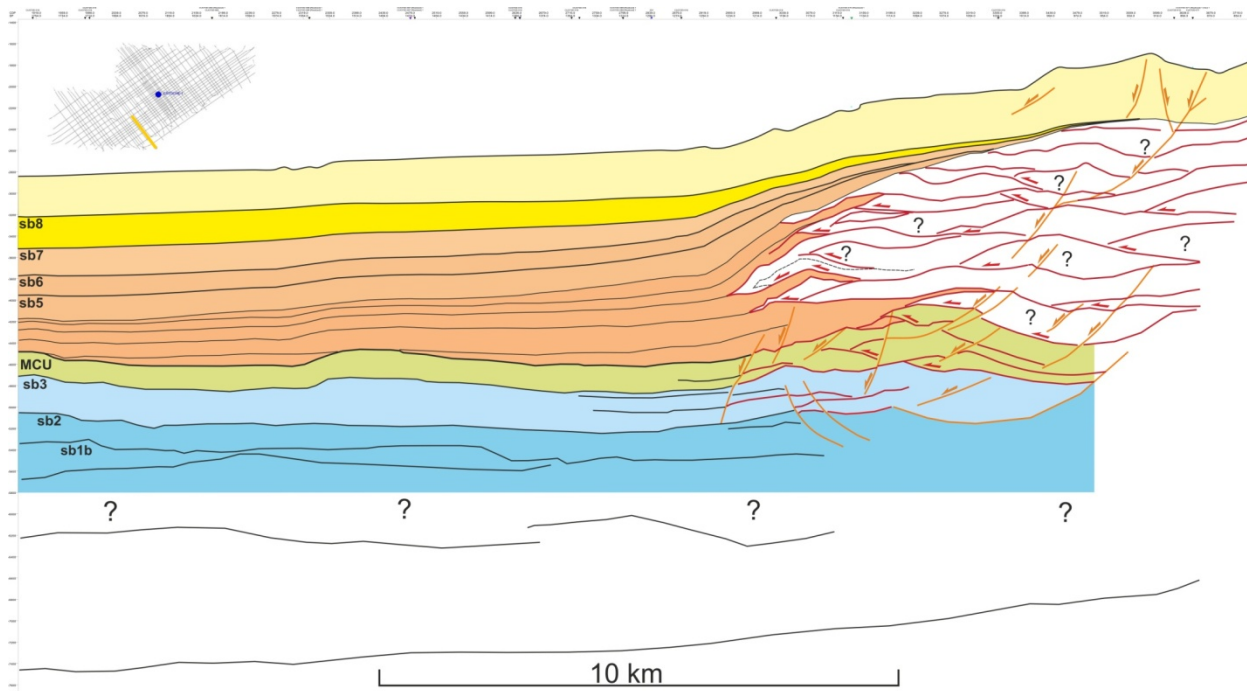
Наряду с этим, в общем-то, ожидаемым фактом, был установлен ряд неизвестных, либо ранее недостаточно отмеченных, закономерностей строения (Моссаковский, 1978, Пушаровский, 1987). Например, стало очевидным, что большинство из интерпретированных поверхностей срыва характеризуется направлением падения вдоль континентального склона - по направлению от складчатого пояса к передовому прогибу. Это заставляет предполагать существенную роль гравитационных сил в их формировании, по аналогии с многочисленными гравитационными складчато-разрывными структурами, установленными на многих континентальных склонах Мирового океана.

Примечательно также, что во многих случаях область сочленения кубинского складчатого пояса и передового прогиба на уровне развития нижнего эоцена-палеоцена (?) имеет характерную геометрию вдвиговых клиньев, что весьма характерно для фронтальных зон многих складчатых поясов мира. Исходя из имеющейся временной привязки сейсмических горизонтов очевидно, что наиболее интенсивно процессы надвигообразования происходили после мелового времени и до раннеэоценового. Данный временной интервал, в общем синхронен со временем основной орогении Кубы и, по всей видимости, следует говорить о парагенетичности проявления деформаций на суше и северной акватории Кубы.

Исходя из принципиального сходства во времени проявления деформаций сжатия на Кубе и в ее северной акваториальной части, можно предположить, что гравитационные структуры на континентальном склоне могли возникнуть в результате разрушения и скольжения вниз по склону фронтальных частей перемещавшихся в северном направлении коллизионных надвигов. То есть, фронтальные надвиги кубинского орогена, по всей видимости, в изученном сегменте имеют тектоно-гравитационную природу.

Во всем интервале осадочного разреза (юра-плиоцен/квартер) была также отмечена серия молодых (современных?) сбросов ЮЗ (?) падения с малыми амплитудами смещения – до первых десятков, реже – сотен метров. Очевидно, что выделенные нами молодые сбросы могли служить путями миграции углеводородов вверх по склону (что не было учтено моделью USGS) – по направлению к месторождениям, расположенным вдоль северного побережья Кубы.

В целом же отметим, что приведенную структурную схему можно детализировать и далее, что приведет к существенному усложнению внутренней структуры отдельных складчато-надвиговых чешуй. Соответственно, становится очевидным, что потенциальные объекты в южной (прикубинской) части бывших лицензионных блоков Petronas представляют собой сложные разломно-складчатые антиформы, принципиально сходные с известными месторождениями Кубы: Варадеро, Бока-Харуко и т.д. Тем не менее, для акватории остро стоит вопрос о возрасте пород, слагающих отдельные надвиговые клинья. Исходя из приведенного разреза, совершенно не очевидно, что развитые здесь в верхней части складчато-надвиговые чешуи сложены верхнеюрско-неокомскими карбонатами, продуктивными на севере Кубы. Вполне вероятно, что эти чешуи могут быть сложены более молодыми – палеоцен-эоценовыми синорогенными отложениями, перспективы нефтегазоносности которых в рассматриваемой части акватории не до конца ясны. Тем не менее, по аналогии с нижнеэоценовыми маломощными песчаными прослоями (1-2 м), вскрытыми скважиной Catoche-1, они могут проявлять относительно неплохие коллекторские свойства.



**Рис. 2. Интерпретированный фрагмент профиля 16, иллюстрирующий внутреннюю структуру области сочленения акваториального продолжения складчато-надвигового пояса Кубы и передового прогиба (Оранжевым цветом показаны молодые сбросы северо-западного (?) падения, выступающие в качестве возможных путей миграции УВ)**

### Заключение

Таким образом, эксклюзивная экономическая зона Кубы является перспективной нефтегазоносной акваторией. Бурение 5 скважин на глубокой воде не привело к открытию промышленных залежей углеводородов, но позволило в некоторой мере изучить геологическое строение региона. Выполненный проект при участии ОАО «Газпром нефть» нельзя однозначно считать не успешным. Он позволил Компании нарастить компетенции, попробовать свои силы в новой области производства, реализовать геологоразведочный проект в неизученном бассейне. Предложенная новая концепция поисков нефти и газа в кубинских водах является ключевой идеей для продолжения геологоразведочных работ в этом перспективном регионе.

### Список литературы

1. Моссаковский А.А., Альбеар Х.Ф. Покровная структура Западной и Северной Кубы и история ее становления в свете изучения олистостром и моласс // Геотектоника. 1978. № 3. С. 100 – 117.
2. Нефть без границ/ Корпоративное издание ОАО «Зарубежнефть», №1.- 2013. – С.11 ([http://www.nestro.ru/media/filer\\_public/2d/5f/2d5f5f4b-a988-46e7-835d-90a705ea01c5/journal\\_zn\\_001\\_june.pdf](http://www.nestro.ru/media/filer_public/2d/5f/2d5f5f4b-a988-46e7-835d-90a705ea01c5/journal_zn_001_june.pdf))
3. Пояснительная записка к Геологической карте Кубы м-ба 1:250 000. Отв. Редактор Ю.М.Пушаровский. Авторы: Ю.М.Пушаровский, А.А.Моссаковский, Г.Е.Некрасов, С.Д.Соколов, Ф.Формель, Л.Пеньялвер. Геологический институт АН СССР, Институт геологии и палеонтологии АН Кубы. 1989.
4. Pszczolkowski A. Cretaceous sediments and paleogeography in the western part of the Cuban miogeosyncline // Acta Geologica Polonica. 1982. V. 32, No. 1-2. P. 135-159.
5. Schenk, C.J. Jurassic-Cretaceous Composite Total Petroleum System and Geologic Assessment of Oil and Gas Resources of the North Cuba Basin, Cuba. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2008.
6. Schenk, C.J., 2010, Geologic assessment of undiscovered oil and gas resources of the North Cuba Basin, Cuba: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010–1029, 1 sheet.
7. <http://www.benzol.ru/news/newsone.php?id=184001>
8. <http://www.mineral.ru/News/16055.html>