

УДК 550.84:553.98:551.351.2(597)

Илатовская П.В., Семёнов П.Б., Рыськова Е.О., Портнов А.Д., Серов П.И.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С. Грамберга» (ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга»), Санкт-Петербург, Россия, polinka2501@gmail.com, xauiod@yahoo.com, og-spr@yandex.ru, z-23-z@yandex.ru, iiiiiia@bk.ru

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ПРИДОННО-ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ВОДНОЙ ТОЛЩИ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Среди прямых методов поиска нефти и газа на морских акваториях наибольший интерес представляет газогеохимическая съемка, актуальность которой обусловлена дешевизной, экспрессностью и возможностью выявления углеводородных залежей всех типов.

В результате площадной газогеохимической съемки, проведенной на акватории шельфа южного Вьетнама, перспективной в отношении нефтегазоносности, были обнаружены кольцевые концентрационные аномалии газообразных углеводородов в донных осадках и придонной воде. Эти аномалии, вероятно, указывают на соответствующее расположение в осадочной толще скоплений углеводородов, из которых просачиваются газы.

В ходе комплексной интерпретации газогеохимических и геофизических данных выявлена приуроченность повышенных концентраций газообразных углеводородов к аномалиям на временных сейсмических разрезах, свидетельствующие о наличии зон разгрузки газонасыщенных флюидов.

Ключевые слова: газовая геохимия, газообразные углеводороды, донные осадки, нефтегазоносность, шельф, южный Вьетнам.

Введение

В настоящее время расширяются районы добычи нефти и газа на морских акваториях, и, как следствие, увеличиваются объемы поисково-оценочных работ, эффективность которых определяется необходимым и достаточным комплексом методов поиска. Среди них наибольший интерес представляют прямые методы поисков, в частности, геохимические. Актуальность данных методов обусловлена дешевизной, экспрессностью и возможностью выявления залежей всех типов.

Среди геохимических методов основным является газогеохимическая съемка, цель которой – комплексный гидрохимический способ выявления на поверхности морского дна аномалий газообразных и жидких углеводородов, мигрирующих из залежей нефти, газа и газоконденсата, а также природного загрязнения морской среды. Основными объектами исследования при использовании геохимических методов являются поверхностные донные осадки и придонная вода.

Углеводородные газы (УВГ), находящиеся в донных осадках и придонно-пограничном слое водной толщи, поступают из различных источников. Некоторые УВГ, главным образом, метан, образуются сингенетически, непосредственно в донных осадках и морской воде в результате деятельности микроорганизмов [Исидоров, 1979]. Эпигенетическая составляющая газовой смеси представлена компонентами, мигрирующими из глубинных источников, в том числе месторождений горючих полезных ископаемых – нефти, газа. При этом происходит фильтрационно-диффузионный массоперенос газов из мест их скопления к поверхности дна и далее в водную толщу и атмосферу.

При миграции УВГ через осадочный чехол наблюдается процесс сепарации компонентов, в результате которого количественное соотношение УВ газов в донных осадках оказывается отличным от такового в области глубинного скопления.

Среди УВГ наименьший размер молекулы и наименьшая растворимость в воде свойственны метану, вследствие чего этот газ диффундирует более интенсивно. Метан обычно количественно преобладает в газовой фазе донных осадков, составляя около 90 % от суммы УВГ [Габриэлянц, 1972]. Однако повышенная концентрация этого компонента не является однозначным поисковым признаком скоплений УВГ, так как метан может иметь сингенетическое происхождение. УВГ состава C_2-C_5 генерируются микроорганизмами лишь в следовых количествах, и, соответственно, их содержание служит более информативным показателем нефтегазоносности.

Таким образом, первоочередной задачей интерпретации аналитических данных поисковой газо-геохимической съемки является определение происхождения УВГ. Для решения этой задачи используются различные методические подходы: изучение компонентного состава УВГ, комплексный анализ газогеохимических и геофизических данных и морфологическая характеристика выявленных концентрационных аномалий УВГ. Именно эти подходы рассматриваются ниже.

Количественное соотношение УВГ состава C_2-C_5 и общего содержания УВГ, характеризуемое коэффициентом влажности УВГ, позволяет оценить вклад эпигенетической составляющей в газовой фазе. Если значение данного показателя не превышает 5 %, то газ, вероятно, бактериального происхождения. Этилен и пропилен, относящиеся к ненасыщенным УВГ, обычно представлены небольшим количеством в морских донных осадках и придонной воде. В приповерхностных условиях эти соединения быстро гидрогенизируются до предельных УВГ, поэтому не могут быть обнаружены в полном объеме в результате измерения газонасыщенности. Появление непредельных углеводородов

обычно связывают с протекающими *in situ* бактериальными процессами. Отношения этан/этен и пропан/пропен также используют для выяснения происхождения газовой смеси, извлеченной из донных осадков, предполагая, что этан, пропан – это газы преимущественно термогенного происхождения, а этен, пропен – бактериального [Abrams, 2005].

При выполнении комплексной интерпретации данных газогеохимической съемки и сейсморазведки осуществляется анализ распределения концентраций УВГ по сейсмическим профилям, в ходе которого выявляется связь концентрационных аномалий газов с разрывными нарушениями и зонами газонасыщенных осадков, обнаруженными на сейсмограммах. Наличие упомянутой связи свидетельствует о возможности существования глубинных миграционных потоков УВГ.

Район исследований, материалы и методы

Участок газо-геохимических исследований, результаты которых ниже, располагается в пределах Южно-Коншонского осадочного бассейна. Шельф южного Вьетнама является областью молодого прогибания, характеризующейся накоплением мощной толщи (до 15 км) терригенных отложений олигоцен-плиоценового возраста с доказанной промышленной нефтегазоносностью. Кристаллический фундамент поздне триасового-ранне мелового возраста сложен магматическими и метаморфическими породами – гнейсами, сланцами, гранитоидами.

На акватории южного Вьетнама открыт ряд крупных нефтегазовых месторождений, где основные запасы нефти сосредоточены в кристаллическом фундаменте (Белый Тигр, Дракон, Донгнай), а также в интрузивных породах Южно-Коншонской впадины (Дай-Хунг) [Чан Ван Хой, Вершовский, Нгуен Ван Дык, 2006].

Комплекс работ, проведенных на шельфе Южно-Китайского моря у берегов южного Вьетнама, включал газогеохимические исследования, направленные на выявление и оконтуривание возможных залежей УВ.

Пробы донных осадков поднимались с морского дна при помощи гравитационной и гидростатической грунтовых трубок, на корпусе которых были смонтированы батометры для одновременного отбора придонной воды. Для извлечения газовой компоненты навеска донного грунта (300-500 г) отбиралась с горизонта 1,5 м.

Методика исследования включала два последовательных процесса. На первом этапе на борту судна из проб донных осадков и придонной воды извлекалась газовая составляющая. Газовая экстракция осуществлялась с помощью установки для дегазации СУОК – ДГ (Патент (19) RU (21) 2007146504) (рис. 1, 2), разработанной при участии специалистов

ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга». Динамический принцип газовой экстракции, используемый в данной установке, основан на субмикронном распылении суспензии донного грунта сверхзвуковым эжектором с одновременным созданием высокого разрежения. При этом извлекаются как фракция свободного газа межзернового пространства, так и газовая компонента, связанная с минеральными частицами, в основном, глинистыми (“occluded gas”). Пробы газа хранились не более 1 месяца в стеклянных виалах под солевым затвором, не содержащим следы осадка.



Рис. 1. Установка для дегазации донных осадков на борту судна

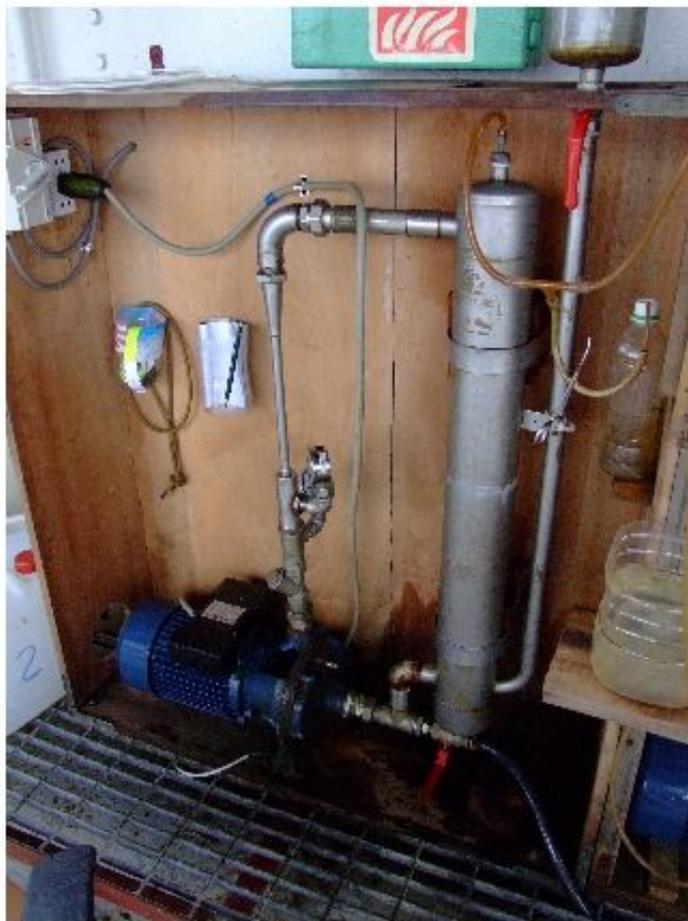


Рис. 2. Установка для дегазации морской воды на борту судна

После доставки проб в береговую лабораторию производился анализ компонентного состава газообразных углеводородов на газовом хроматографе Shimadzu 2014 с пламенно-ионизационным детектором. Хроматографическое разделение осуществлялось в стальной насадочной колонке (3 м), заполненной сорбентом Полисорб-1 (фракция 0,10-0,25), Использование насадочных колонок предполагает возможность введения больших объемов пробы, что обуславливает высокую чувствительность метода для всех определяемых соединений (0,05 ppm).

Шприцевой ввод газовой пробы осуществлялся при температуре инжектора 140°C. Газ-носитель (гелий) подавался со скоростью 25 мл/мин. Температура термостата колонок в течение первой минуты хроматографирования составляла 50°C, далее повышалась до 110°C со скоростью 15°C /мин и удерживалась 5 мин., затем повышалась до 130 °C также со скоростью 15°C /мин и сохранялась неизменной в течение 5 мин. Общее время анализа одной пробы составляло 15 мин. Управление прибором и первичная обработка данных осуществлялась с помощью программного обеспечения GC Solution Ver. 2.3

В газовой смеси, извлеченной из донных осадков и придонно-пограничного слоя водной толщи, анализировались следующие газообразные УВ (рис. 3): метан, этан, пропан, и-бутан, н-бутан, и-пентан, н-пентан (алканы) и-этилен, пропилен, и-бутилен, н-бутилен, пентен – 1 (алкены).

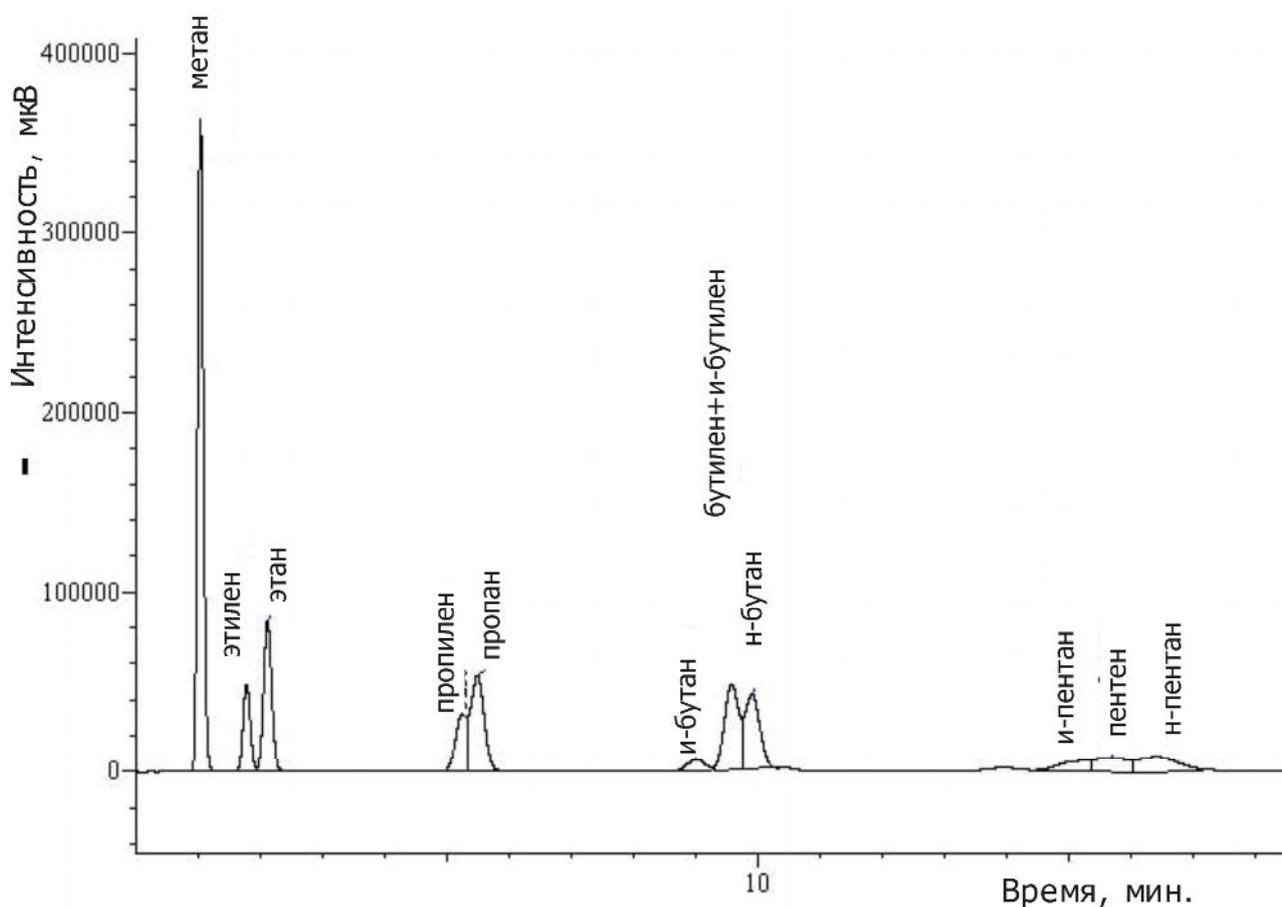


Рис. 3. Газовая хроматограмма углеводородных газов, извлеченных из пробы донных осадков, отобранной в пределах исследуемой площади

С учетом преимущественно логнормального распределения фоновые значения содержания газов рассчитывались как средние геометрические. Аномальные значения определялись с учетом правила «трех сигм». Общий объем выборки составляет 197 проб донных осадков и 98 проб придонно-пограничного слоя водной толщи.

Необходимо отметить особенность выделения значений фоновых и аномальных концентраций. Зоны тектонических нарушений и повышенной трещиноватости горных пород, в которых происходит миграция газов, представляют собой достаточно динамичные системы, постоянно изменяющиеся под влиянием различных факторов. Наиболее интенсивно миграция происходит в период активизации тектонических процессов [Справочник..., 1998]. Поэтому значения концентрации газов, извлеченных из пробы грунта или морской воды, справедливы только для момента отбора данной пробы. Соответственно,

фоновое значение, рассчитанное статистически, не является постоянным для исследуемого района.

Для определения количественного соотношения УВГ состава C_2-C_5 и общего содержания УВГ использовался коэффициент влажности (W , %), рассчитываемый по следующей формуле [Abrams, 2005]:

$$W = \frac{\sum C_{2-5}}{\sum C_{1-5}} * 100\%, \quad (1)$$

где C – концентрации газов, 1-5 – углеродные числа газов.

Результаты

Литологическое описание проб в районе исследования показало, что донные осадки представлены главным образом алевропелитом, часто песчанистым за счет примеси карбонатного детрита. С поверхности развит окисленный слой мощностью до 10 см коричневого цвета с бурыми пятнами, сильно обводненный. Ниже цвет осадка обычно изменяется на зеленовато-серый, до коричневатого-серого на глубине около 3 м. В осадке присутствуют линзы и прослои песка и глины мощностью от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

Распределение значений содержания УВГ подчинено логнормальному закону (рис. 4), что типично для результатов морской газогеохимической съемки.

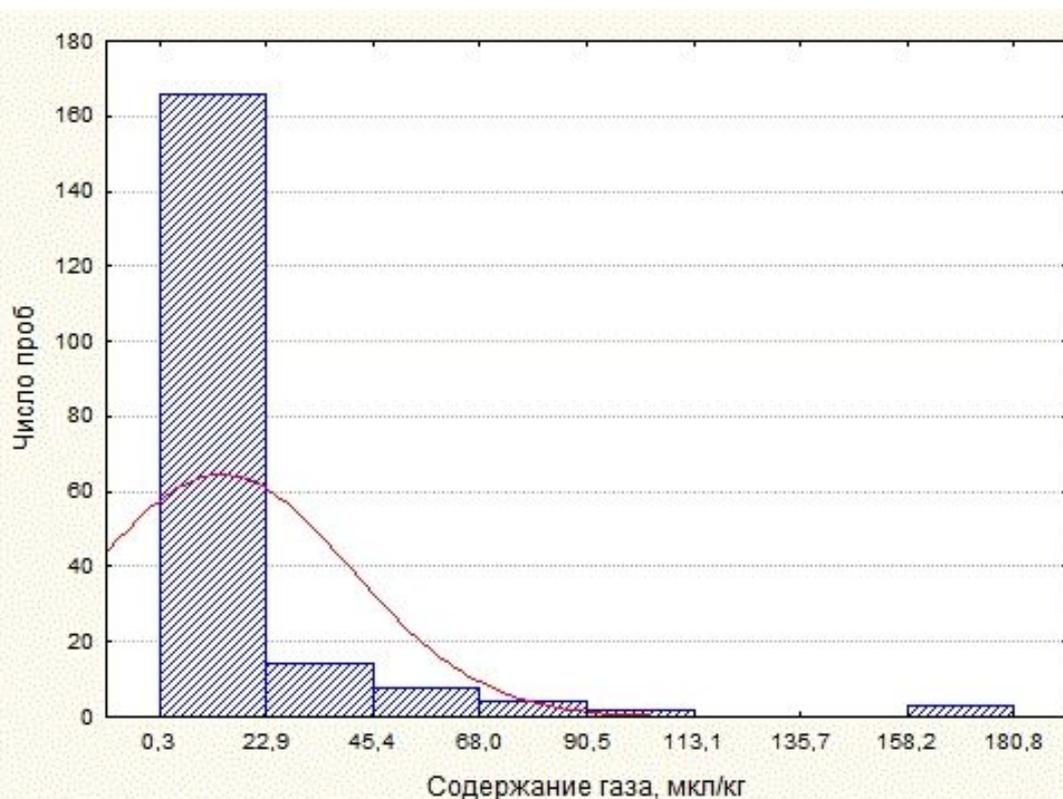


Рис. 4. Гистограмма распределения общего содержания газообразных УВ в донных осадках

Среди проанализированных УВГ наибольшее значение отмечено для концентрации метана (94 мкл/кг). При этом «фоновые» значения концентрации данного компонента не превышают 2 мкл/кг. Таким образом, максимальное содержание метана в донных осадках превышает фоновое в 47 раз.

Максимальное значение суммарного содержания УВГ состава C_2-C_5 для проб донных осадков сопоставимо с таковым для метана (86 мкл/кг). Причем «фоновые» содержания для УВГ состава C_2-C_5 составляют около 1,4 мкл/кг.

В пробах придонно-пограничного слоя водной толщи наблюдается аналогичная картина. Наибольшие значения концентраций, зафиксированные для метана и суммарного количества УВГ состава C_2-C_5 в пределах выборки, приблизительно совпадают, составляя около 0,25 мкл/кг. «Фоновые» содержания метана и суммарного количества УВГ состава C_2-C_5 имеют значения около 0,07 и 0,03 мкл/кг, соответственно. Превышение максимального значения содержания газов над «фоновым» составляет 3,5 раза для метана и 8 раз для УВГ состава C_2-C_5 .

Для всех проб донных осадков Южно-Китайского моря значение коэффициента влажности (W) превышает 5%, что свидетельствует о преимущественно термогенном происхождении УВГ. Значения отношений этан/этилен и пропан/пропилен превышают 5%, что также свидетельствует о существовании миграции УВГ.

В ходе комплексной интерпретации данных геофизических и геохимических исследований было проанализировано распределение содержания метана и УВГ состава C_2-C_5 по сейсмическим профилям, и выявлена приуроченность повышенных концентраций УВГ к аномалиям на временных сейсмических разрезах (рис. 5). Выделенные в разрезе осадочного чехла амплитудно-частотные аномалии типа «яркое пятно», области потери корреляции и нарушения «сплошности» волновой картины могут являться косвенными индикаторами присутствия УВГ и зон разгрузки газонасыщенных флюидов из скоплений углеводородов в толще осадочного чехла [Telford, Geldart, Sheriff, 2004]. Таким образом, результаты газогеохимической съемки коррелируют с данными сейсморазведки, что существенно повышает достоверность проведенных изысканий.

По результатам определения газонасыщенности донных осадков и придонной воды были построены карты распределения УВГ по исследуемой площади. На карте площадного распределения УВГ в донных осадках обращает на себя внимание ряд аномалий с концентрациями 25-180 мкл/кг в северо-восточной и юго-западной частях района.

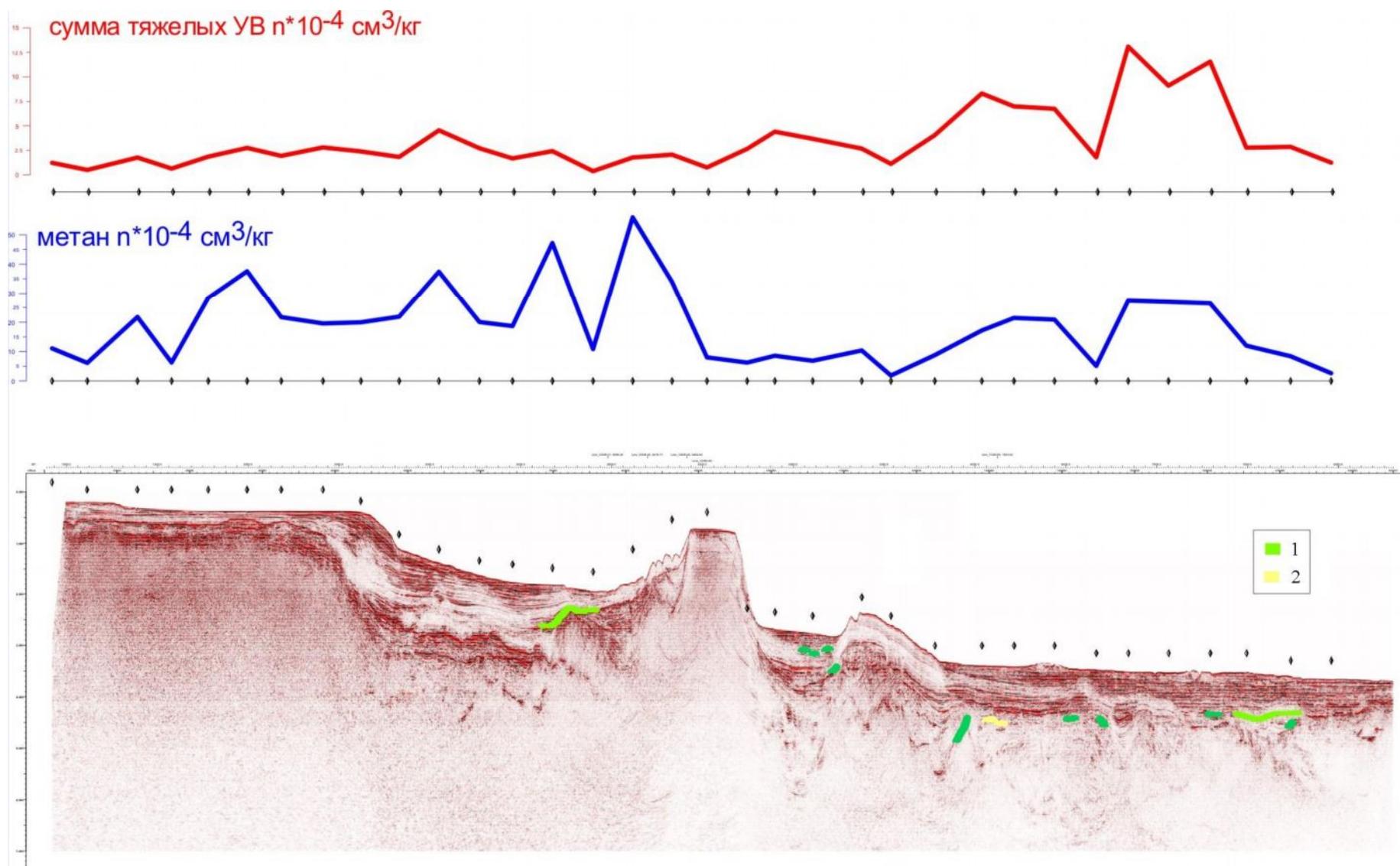


Рис. 5. Распределение концентраций УВГ по сейсмическому профилю

1 – локальные аномалии типа «яркое пятно»; 2 – локальные аномалии типа «яркое пятно» инвертированные.

Указанные аномалии в совокупности формируют два локально прерывающиеся кольца с диаметрами 20-30 км (рис. 6).

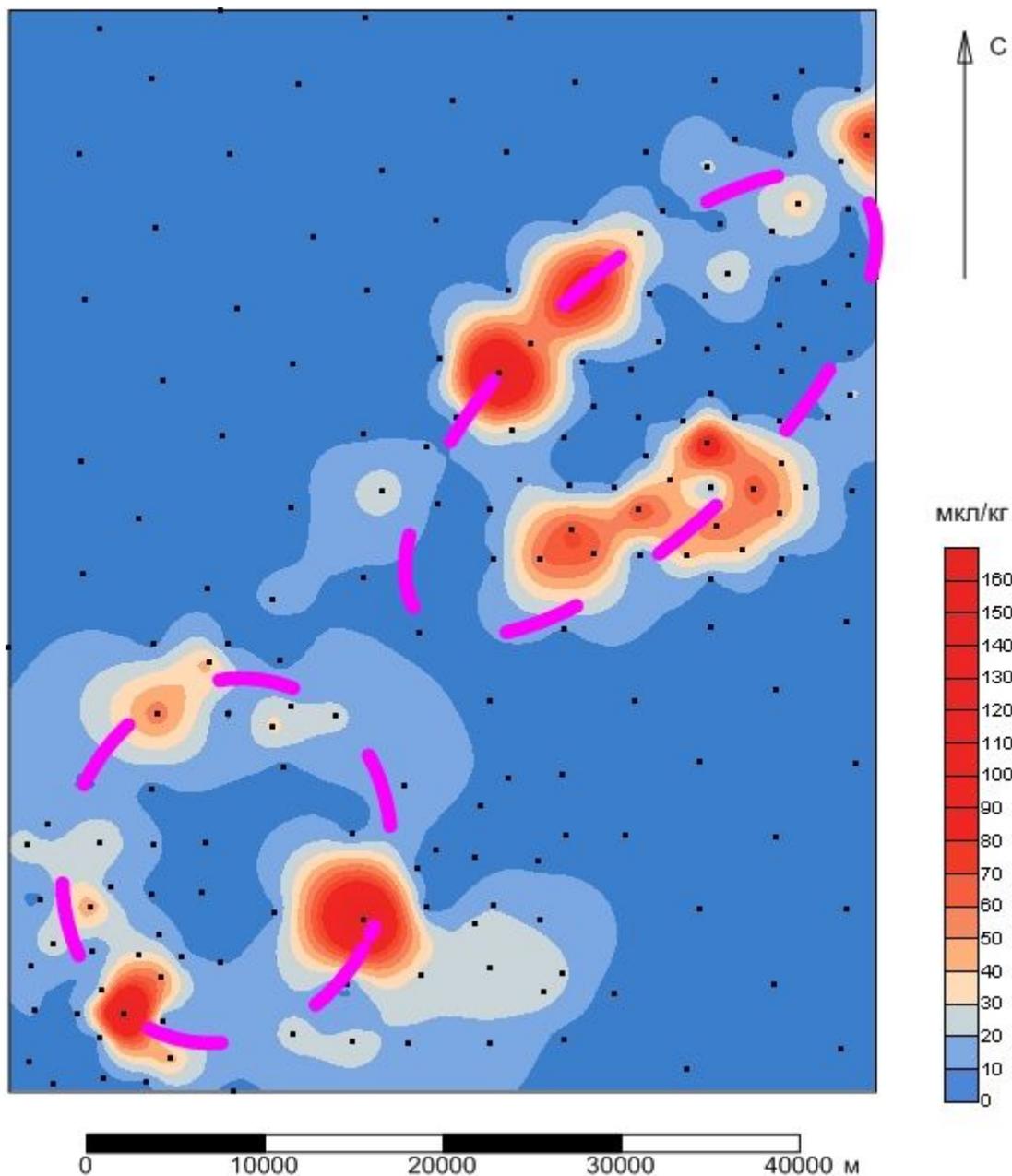


Рис. 6. Схема распределения концентраций углеводородных газов в донных осадках по площади исследования

Пунктиром выделены кольцевые аномалии, точками показаны станции отбора проб. Расстояние между станциями отбора проб 5-7 км, в пределах аномалий 2-3 км.

Подобные морфологически выраженные кольцевые зоны повышенных концентраций УВГ могут указывать на соответствующее расположение в осадочной толще скоплений углеводородов, из которых просачиваются газы. В то же время линейные аномальные зоны соответствуют разрывным нарушениям, по которым газ мигрирует в донные отложения [Gay et al., 2007].

На карте распределения концентраций УВГ в придонно-пограничном слое водной толщи (рис. 7) в северо-восточной части района заметна кольцевая аномальная зона размером 25*25 км с концентрацией газов 0,3-0,4 мкл/кг. На юге исследованной территории отмечаются повышенные концентрации УВГ, достигающие 0,12-0,2 мкл/кг. Концентрационные аномалии УВГ в придонно-пограничном слое воды пространственно тяготеют к аномальным зонам, выявленным в донных осадках, что может свидетельствовать об общем источнике поступления УВГ в пределах данных участков исследуемой площади.

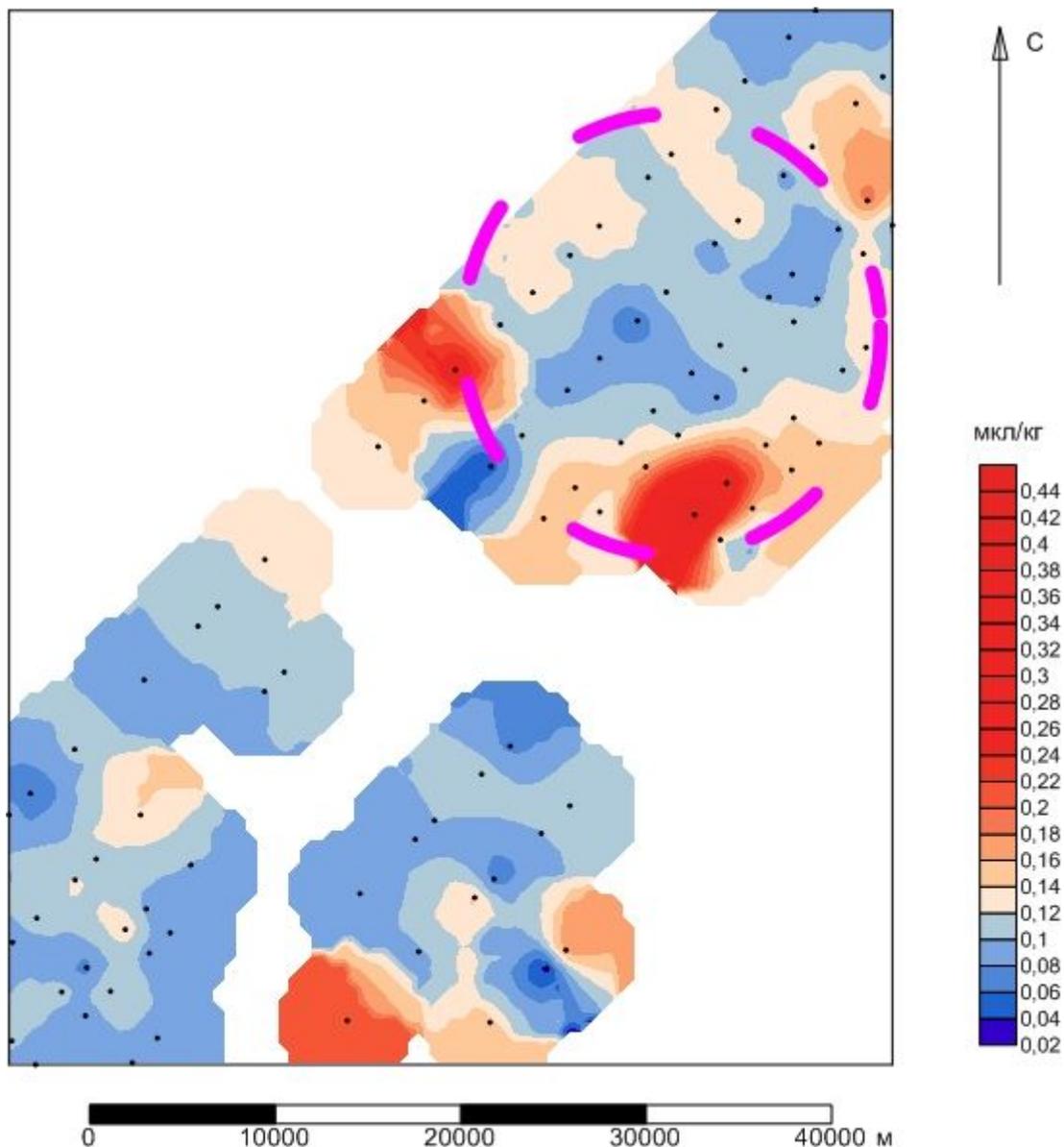


Рис. 7. Схема распределения концентраций углеводородных газов в придонно-пограничном слое водной толщи по площади исследования

Пунктиром выделены кольцевые аномалии, точками показаны станции отбора проб. Расстояние между станциями отбора проб 2-5 км.

Площадное распределение отношения метана к УВГ состава C₂-C₅ в донных осадках продемонстрировало преобладание на исследованной площади УВГ состава C₂-C₅ над метаном, за исключением небольшого числа проб, что может свидетельствовать о преобладании эпигенетического источника поступления УВГ.

Таким образом, использованные методические подходы позволяют сделать вывод о преимущественно эпигенетическом происхождении аномалий УВГ на исследованной площади акватории шельфа южного Вьетнама. Вероятно, УВГ, содержащие значительное количество тяжелой фракции термогенного происхождения, мигрируют из глубинных скоплений углеводородов по тектонически ослабленным зонам в поверхностные осадки, а затем в водную толщу. При этом наличие концентрационных аномалий УВГ в придонном слое морской воды может свидетельствовать об активном протекании миграционных процессов непосредственно в момент опробования.

Литература

Габриэлянц Г.А. Геология нефтяных и газовых месторождений. - М.: Недра. - 1972. - 401 с.

Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. - Л.: Химия. - 1979. - 344 с.

Справочник по геохимии нефти и газа. – СПб.: Недра. - 1998. - 576 с.

Чан Ван Хой, В.Г. Вершовский, Нгуен Ван Дык. Результаты и перспективы дальнейших геологоразведочных работ на шельфе Вьетнама // Нефтяное хозяйство. – 2006. - №6. - С. 38-42.

Abrams M.A. Significance of hydrocarbon seepage relative to petroleum generation and entrapment // Marine and Petroleum Geology. – 2005. – №22. – P. 457–477.

Gay A., Lopez M., Berndt C., S'ranne M. Geological controls on focused fluid flow associated with seafloor seeps in the Lower Congo Basin // Marine Geology. – 2007. – Vol. 224. – P. 68-92.

Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. Applied geophysics. - Cambridge Univers press. - 2004. – 744 p.

Ilatovskaya P.V., Semenov P.B., Rys'kova E.O., Portnov A.D., Serov P.I.

I.S. Gramberg All-Russia Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIOkeangeologiya), St. Petersburg, Russia, polinka2501@gmail.com, xauliod@yahoo.com, og-spr@yandex.ru, z-23-z@yandex.ru, iiaiiia@bk.ru

DISTRIBUTION OF GASEOUS HYDROCARBONS IN BOTTOM SEDIMENT AND NEAR-BOTTOM WATER SAMPLES OF OFFSHORE SOUTHERN VIETNAM SHELF ZONE

Among the direct methods of offshore oil and gas exploration the surface gas-geochemistry survey represent an especial interest. Relatively low cost, rapidity and possibility of all types deposits detection are laid in the basis of the gas-geochemistry survey relevance.

The halo concentration anomalies of gaseous hydrocarbons have been detected in bottom sediment and near-bottom water samples on the basis of areal gas-geochemistry survey carried out in offshore Southern Vietnam shelf zone, promising for petroleum resources. These anomalies probably outline the seeping of hydrocarbon deposits in the sediment column.

In the course of complex interpretation of geochemical and geophysical data the presence of high concentration of gaseous hydrocarbons in the areas of anomalies in the temporal seismic sections, which indicate zones of gas-saturated fluids discharge, was revealed.

Key words: gas geochemistry, gaseous hydrocarbons, bottom sediments, oil and gas potential, shelf, Southern Vietnam.

References

Abrams M.A. Significance of hydrocarbon seepage relative to petroleum generation and entrapment. *Marine and Petroleum Geology*, 2005, no. 22, p. 457–477.

Chan Van Khoy, V.G. Vershovskiy, Nguen Van Dyk. *Rezultaty i perspektivy dal'neyshikh geologorazvedochnykh rabot na shel'fe V'etnama* [Results and prospects for further exploration on offshore of Vietnam]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2006, no. 6, p. 38-42.

Gabrielyants G.A. *Geologiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology of oil and gas fields]. Moscow: Nedra, 1972, 401 p.

Gay A., Lopez M., Berndt C., S'ranne M. Geological controls on focused fluid flow associated with seafloor seeps in the Lower Congo Basin. *Marine Geology*, 2007, vol. 224, p. 68-92.

Isidorov V.A. *Organicheskaya khimiya atmosfery* [Organic chemistry of the atmosphere]. Leningrad: Khimiya, 1979, 344 p.

Spravochnik po geokhimii nefi i gaza [Handbook of geochemistry of oil and gas]. Saint Petersburg: Nedra, 1998, 576 p.

Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. *Applied geophysics*. Cambridge Univers press, 2004, 744 p.

© Илатовская П.В., Семёнов П.Б., Рыськова Е.О., Портнов А.Д., Серов П.И., 2012