

ДОННЫЕ КАРБОНАТНЫЕ ПОСТРОЙКИ – ОБЪЕКТЫ ДЛЯ ПОИСКОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

О.Н. Сокур¹, А.В. Омельчук²

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: bytit@ukr.net
Кандидат геологических наук, младший научный сотрудник.*

² *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина, E-mail: msstesha@ukr.net
Кандидат геолого-минералогических наук, доцент.*

Рассмотрены донные карбонатные постройки в пределах шельфов Черного и Южно-Китайского морей, которые свидетельствуют о проявлении процессов глубинной дегазации Земли. Представлены сравнительные данные о вещественном составе «курильщиков», которые указывают на тектоно-геодинамическое подобие отмеченных регионов и возможность использования этих материалов для прогнозирования и поисков углеводородного сырья в Черном море.

Ключевые слова: донные карбонатные постройки; дегазация Земли; «курильщики»; углеводородное сырье; Черное море.

BOTTOM CARBONATE STRUCTURES – THE OBJECTS FOR SEARCHES OF HYDROCARBON RAW MATERIAL

O.N. Sokur¹, A.V. Omelchuk²

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: bytit@ukr.net
Candidate of geological sciences, junior scientist.*

² *National Taras Shevchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, E-mail: msstesha@ukr.net
Candidate of geology-mineralogical sciences, associate professor.*

The bottom carbonate structures within shelves of the Black Sea and South-Chinese Sea, which indicate the manifestation of the processes of deep degassing of the Earth, are considered. Comparative data on the material composition of “smokers” are presented, indicating the tectonic-geodynamic similarity of the regions noted and the possibility of using these materials to predict and search for hydrocarbons of raw material in the Black Sea.

Key words: bottom carbonate structures; degassing of the Earth; «smokers»; hydrocarbon of raw material; Black Sea.

ДОННІ КАРБОНАТНІ СПОРУДИ – ОБ'ЄКТИ ДЛЯ ПОШУКІВ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ

О.М. Сокур¹, О.В. Омельчук²

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: bytit@ukr.net
Кандидат геологічних наук, молодший науковий співробітник.*

² *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, E-mail: msstesha@ukr.net
Кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент.*

Розглянуті донні карбонатні споруди в межах шельфів Чорного і Південно-Китайського морів, які свідчать про прояв процесів глибинної дегазації Землі. Представлені порівняльні дані про речовинний склад «курців», які вказують на тектоно-геодинамічну подібність згаданих регіонів і можливість використання цих матеріалів для прогнозування і пошуків вуглеводневої сировини в Чорному морі.

Ключові слова: донні карбонатні споруди; дегазація Землі; «курці»; вуглеводнева сировина; Чорне море.

При выполнении научно-исследовательских работ Институтом геологических наук (ИГН) НАН Украины практически на всей акватории Черного моря, включая северо-западный шельф, были обнаружены скопления газогидратов и продукты их разложения. Здесь по данным сейсмических исследований мощность залежей достигает 700-1200 м, перспективные запасы по самым минимальным оценкам составляют 50-60 трлн м³ газа. Данные были собраны во время экспедиционных работ в разных районах океанов и морей на научно-исследовательских судах (НИС) и подводных аппаратах. На глубинах выше зоны стабильности газогидратов метановые сипы сосредотачиваются на гребнях осадочных хребтов, в районе каньонов; вдоль каналов миграции флюидов их пространственное распределение определяется морфологическими и геологическими условиями.

Во время проведения исследовательских работ на Черном море, при обследовании мидиевых банок южнее косы Тендра и о-ва Джарылгач подводной лабораторией “Бентос-300” на ровном дне, сложенном алевроито-глинистыми карбонатными илами, на глубине около 22 м были обнаружены конические постройки диаметром и высотой около 0,5 м, линейно ориентированные параллельно косе. Эти постройки являются газовыми грифонами, из вершин которых наблюда-

лось выделение пузырьков газа, вероятно метана. Подтверждением этого может служить обнаруженная при температурном зондировании поверхности дна с борта НИС “Профессор Водяницкий” в этом районе аномалия, сопровождающаяся увеличением биомассы метанперерабатывающей микрофлоры в поверхностном слое осадков, что является однозначным показателем присутствия метана в газовыделениях [Геворкьян и др., 1990; Лялько и др., 1978].

Во время экспедиции НИС “Профессор Водяницкий” было обнаружено активное выделение газов из донных отложений в северо-западной части черноморского шельфа [Поликарпов и др., 1989]. Проявляются газовыделения на эхиграммах высокочастотного эхолота в виде вертикальных “факелов” различной интенсивности, часто прерывистых, исходящих из донного субстрата и рассеивающихся в водной толще, не доходя до поверхности. Поле газовыделений расположено в зоне перехода шельфа к материковому склону в вершине Дунайского каньона и прослеживается в виде узкой субмеридиональной полосы шириной до 1 км, протяженностью до 6 км в диапазоне глубин 100–250 м. Собственно факелы приурочены как к склоновым, так и вершинным частям пологих поднятий. В составе газов, наряду с метаном, обнаружен сероводород (рис. 1).

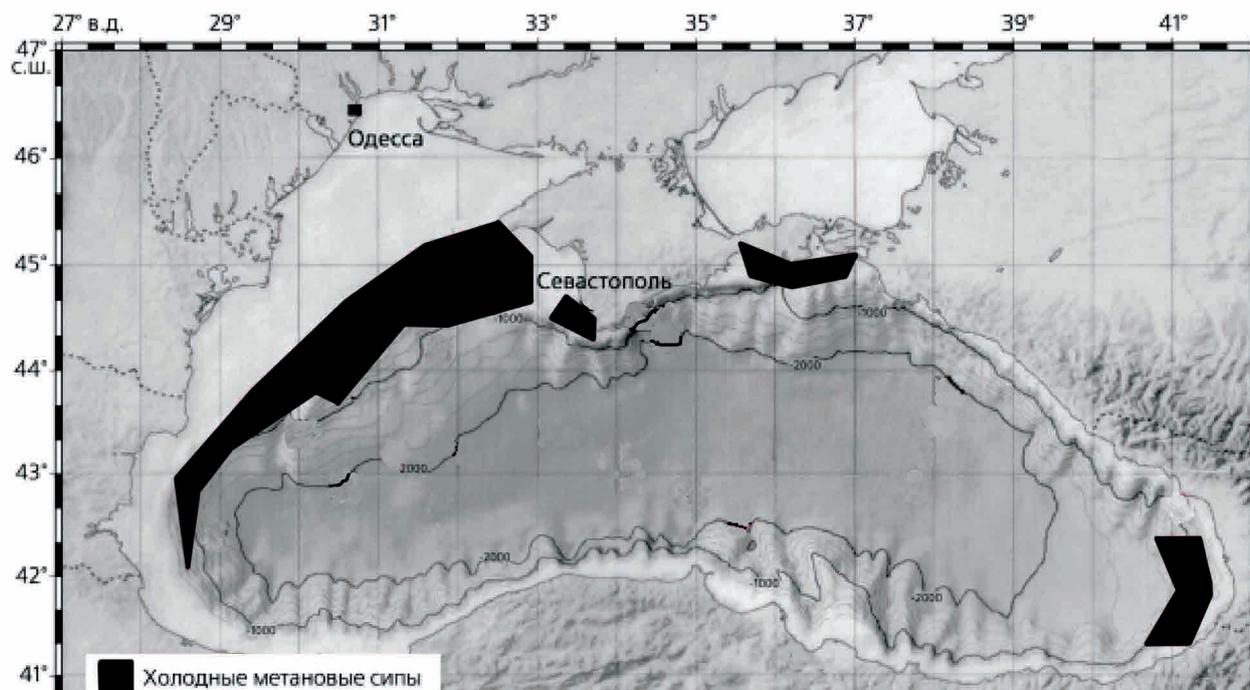


Рис. 1. Поля выделений метановых сипов [Леин, Иванов, 2005]

Fig. 1. Room outlet of methane [Леин, Иванов, 2005]

ИГН совместно с Институтом биологии южных морей НАН Украины и Базой спецфлота и подводных аппаратов “Гидронавт” была разработана программа изучения этого явления.

Программой предусматривалось, кроме традиционных методов исследований – океанографических, биологических и геологических, использование глубоководных обитаемых аппаратов, прежде всего подводной лаборатории “Бентос-300” с целью визуального обследования полей газовыделений, получения наиболее достоверной информации о ситуации на морском дне, целенаправленного отбора проб донных отложений, воды, газа. Выбор подводной лаборатории “Бентос-300” обусловлен тем, что ее оснащение позволяло отбирать пробы воды с любого заданного горизонта, с помощью барокомплекса выполнять водолазные работы до глубины 250 м, проводить прецизионную батиметрическую съемку, ландшафтное картирование. На борту имелось лабораторное помещение для первичной обработки материала.

В результате прямых наблюдений за ландшафтно-геологической обстановкой на морском дне в пределах полей газовыделений было установлено, что газовая компонента является только частью флюидного потока, формирование которого обусловлено глубинными процессами дегазации Земли [Геворкьян, Сокур, 2005]. Основная часть его приходится на жидкую минерализованную фазу, насыщенную растворимыми соединениями. В морской воде, характеризующейся иными гидрохимическими параметрами, происходит процесс наложенного биохемогенного осаждения из флюидного потока преимущественно карбоната кальция, сопровождающееся карбонатизацией осадочного покрова, образованием на его поверхности корок, монолитных и пустотелых плит и особых структурных форм, названных черноморскими “курильщиками” [Шнюков и др., 1990, 2013].

Учитывая интенсивность потоков газовой компоненты флюида, для визуальных наблюдений за донной ситуацией было выбрано поле газовыделений субмеридионального простирания с координатами условного центра 44°40' 6" с.ш., 31°18' 9" в.д. Поле газовыделений выходит далеко за пределы обследованной зоны, составляющей 3,7 мили по простиранию при ширине более 1000 м и диапазоне глубин 150–260 м.

Морфологически исследуемая площадь приурочена к восточному борту Одесского каньона.

Дно сложено серыми с зеленоватым оттенком глинистыми илами, местами перекрытыми большим количеством белого органогенного пухоподобного детрита (бактериальные маты). На поверхности осадков отмечаются борозды – следы скатывания различных обломков, ямки, иногда образующие ямчато-бугорчатый микро-рельеф. Оползневые явления выражаются в появлении гофрированной поверхности осадочного покрова.

На поверхности донного субстрата были обнаружены беспорядочно разбросанные многочисленные обломки пород с максимальным размером до 1–2 м. Отмечены тонкие корковидные покровы, формирующие наклонные козырьки, нависающие над осадками. Вероятно, первичной формой этих образований была тонкая, но крепкая карбонатная корочка на поверхности илов, которая сформировала козырек в результате размыва подстилающих осадков придонными течениями, достигающими в данном районе в штормовой период скорости до 1 м/с [Геворкьян и др., 1991]. Встречаются внешне массивные, однако пустотелые плитчатые формы, отдельные вертикально стоящие “трубы” высотой до 1,5 м и более, диаметром 20 см и лежащие аналогичные образования длиной до 3 м, корытовидные фрагменты трубчатых построек. Плиты и покровы часто увенчаны коралло- и древовидными ветвящимися пустотелыми постройками. Наблюдаются сочетания округлых плитчатых форм, бесформенных наростов и древовидных сооружений высотой до 2 м. Эти образования часто сгруппированы, расстояние между такими постройками и их фрагментами составляет иногда не более 1 м (рис. 2).

Намечается определенная связь типов построек с глубиной и рельефом дна. Наиболее плотно “застроены” вершинные участки гряд, на склонах постройки разрежены и количество их уменьшается. На глубинах 160–190 м преобладают покровные образования монолитных очень прочных пород в виде тонких покровов или массивных блоков толщиной 40–60 см, однако при раздавливании массивные блоки оказались пустотелыми (рис. 2). Некоторые из описываемых образований перекрыты современными осадками и обнаруживаются по неровностям на поверхности осадков черными пятнами сульфидного заражения и скоплениями микрофлоры в виде белых бактериальных матов, обрамляющих погребенные постройки.

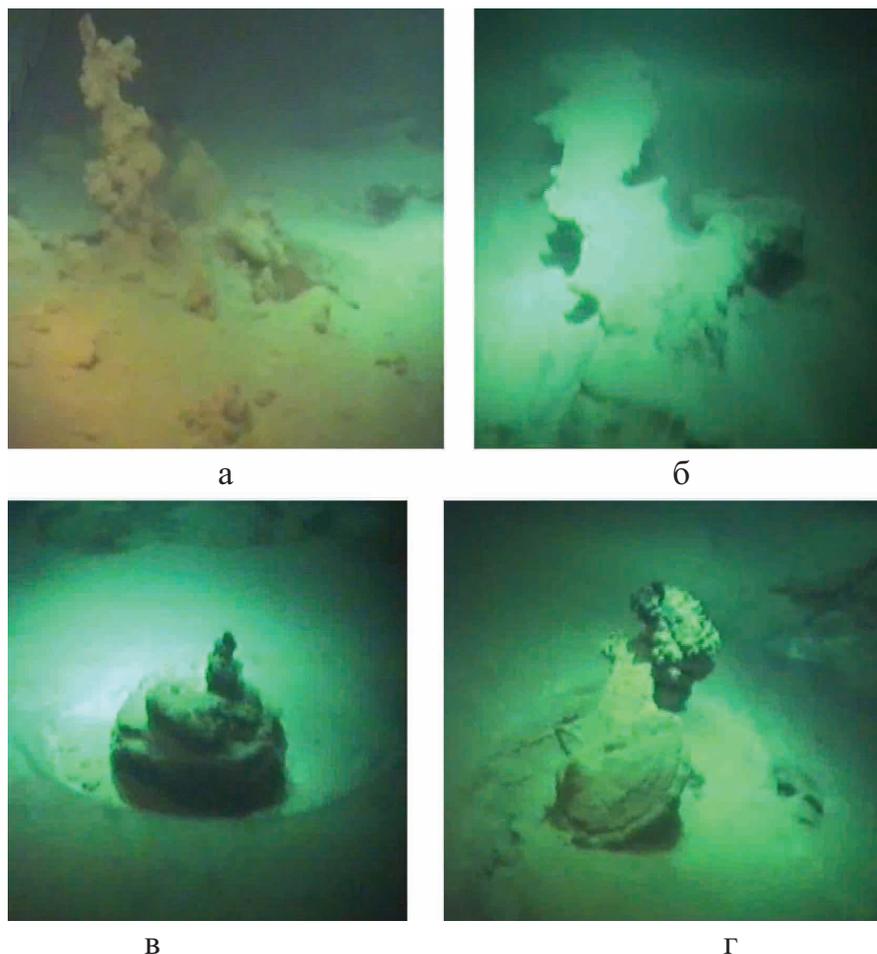


Рис. 2. Типы донных карбонатных построек в пределах газовыделений
 а – древовидная карбонатная постройка, с обломками карбонатных пород; б – поверхностная тонкая корка нависающая над осадками, вероятно пустота под коркой обусловлена размывом осадков под ней придонным течением; в – блюдцеподобное понижение с округлоуплощенным “курильщиком” в центре, с газовыводящим каналом; г – древовидный “курильщик” с кораллоподобным наростом газовыводящего канала

Fig. 2. Types bottom carbonate of structures in bound gas take out
 а – tree-form carbonate structures, with fragments carbonate of rock; б – superficial thin crust hanging on sediment, very likely emptiness under crust is given wash out of sediment under crust the bottom by course; в – saucer silimar fall with rounded flat “smokers” at the centre, with gas take out by the channel; г – tree-form “smokers” with look like coral by an growth gas take out of the channel

Наряду с газами, черноморские “курильщики” выносят и минерализованную жидкую фазу, состав которой, различные темпы поступления и субстратная специфичность донных отложений ведут к созданию в зоне геохимического барьера “вода–осадок” многообразия форм построек.

Так, тонкие корковидные образования являются результатом осаждения карбоната кальция при латеральной миграции жидкой фазы флюидов по поверхности осадочного покрова и по слою неуплотненных осадков. На поверхности осадков формируется очень крепкая мраморовидная пленка. Проникая с поверхности в глубь осадков, растворенное минеральное вещество, пресепитируясь, полностью преобразует вмещающие алеврито-глинистые и глинистые

слабокарбонатные илы в глинистые известняки или мергели мощностью 5–10 см.

Корки лежат на новоэвксинских и древнечерноморских вязких, местами полужидкой консистенции илах с обильной фауной *Dreissena rostriformis disstinea*, не затронутых вторичной карбонатизацией. Контакт с неизмененными илами неровный и не всегда четкий. Наличие хорошо диагностируемой фауны позволяет однозначно определить возрастной диапазон формирования корок в 20–25 тыс. лет. Радиоуглеродными исследованиями древовидной постройки возраст основания “курильщика” датируется в 5100, а верхней части – 3400 лет [Иванов и др., 1991].

Характер распределения карбоната кальция по разрезу корок и плитчатых форм указывает

на связь источника карбонатов с латеральным распределением минерализованных вод в придонном слое по поверхности осадочного субстрата. Описанная структура корок свидетельствует, что минерализация поверхностного слоя илов идет сверху вниз, что подтверждается характерной приуроченностью подобных форм только к поверхностным слоям осадочного покрова. В то же время прямое выпадение в осадок минерализованной компоненты формирует натечные образования, практически нацело состоящие из чистого карбоната.

Древо-, коралловидные и трубчатые постройки являются газывыводящими каналами "курильщиков". Они сложены почковидными агрегатами карбонатных пустотелых сферолитов размером до 0,8 см. Тело "курильщика" изобилует порами, сквозными каналами, через которые выходит газ. Цвет "курильщиков" белый, местами с желтоватым оттенком в результате локального ожелезнения

слабой интенсивности. Внутренние полости газывыводящих каналов покрыты тонкими черными и серыми налетами сульфидов железа.

В местах, где выделения характеризуются повышенным дебитом, происходит образование трубчатых форм. Прерывистость процесса поступления глубинного вещества приводит к закупорке выводящих каналов и прорыву газов в новых местах, что обуславливает рост причудливо изогнутых, разветвляющихся древовидных форм. В местах сплошной цементации поток флюидов вообще прекращается, "курильщики" прекращают "работу". В местах относительно спокойных условий осадконакопления такие "курильщики" перекрываются осадками, в динамических условиях их обломки выносятся на поверхность в виде фрагментов плит и покровов.

Послойный анализ химического состава корок показал (табл. 1), что белые, желтоватые корочки, шовные выделения сложены более чем

Таблица 1. Результаты химического анализа образцов карбонатных построек черноморских "курильщиков" (%)

Table 1. Results of the chemical analysis sample carbonate of structures Black Sea "smokers" (%)

Компонент	Обр. 1-к (слой 2)	Обр. 1-к (слой 3)	Обр. 1-к (слой 5)	Обр. 3	Валовая проба	Сферолиты	7	8	9	10	11	12	13
	1	2	3	4									
SiO ₂	13,02	18,49	29,28	64,57	0,15	0,03	2,49	0,17	0,14	0,88	5,82	4,45	4,38
TiO ₂	Сл.	Сл.	Сл.	0,42	–	–	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	0,06	0,07
Al ₂ O ₃	1,12	2,90	4,35	6,98	–	–	0,78	0,06	0,11	0,42	1,86	1,49	1,42
Fe ₂ O ₃	1,39	0,84	1,17	1,57	0,17	0,05	0,46	0,07	0,12	0,24	0,79	0,62	0,65
Fe O	0,68	0,53	0,76	1,29	0,23	0,76	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
MnO	0,18	0,02	–	0,02	–	0,34	0,06	0,11	0,15	0,11	0,10	0,07	0,11
CaO	40,83	39,00	31,69	7,78	51,56	50,31	48,06	48,38	47,66	45,93	42,18	46,07	44,63
MgO	2,74	2,43	1,90	2,29	1,59	2,39	4,10	3,69	4,20	4,20	4,92	3,90	4,92
P ₂ O ₅	0,19	0,13	0,11	0,13	0,05	0,05	0,11	0,18	0,20	0,13	0,13	0,11	0,12
K ₂ O	0,50	0,77	1,00	1,77	–	–	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	0,37	0,29	0,25
Na ₂ O	0,76	0,70	0,83	1,46	0,65	–	0,33	0,45	0,36	0,54	0,63	0,49	0,50
H ₂ O	0,13	0,12	0,29	0,82	0,06	0,05	0,22	0,48	0,60	0,46	0,64	0,52	0,52
П. п. п.	37,76	33,79	27,50	9,82	44,99	45,98	42,48	44,20	45,50	42,70	46,96	41,54	41,82
S _{общ}	–	–	–	–	0,16	0,24	Не опр.						
S _{сульфат}	0,11	0,22	0,15	0,11	–	–	0,12	0,12	0,12	0,47	0,50	0,12	0,12
S _{сульфид}	0,19	0,14	0,24	0,46	–	–	40,27	43,14	45,12	41,85	40,67	39,10	39,84
Сумма	99,60	100,08	99,27	99,49	99,79	100,10	99,73	99,66	99,75	99,72	99,77	99,71	99,71
Sr	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,11	0,29	0,16	0,25	0,12	0,09	0,13
Cl	–	–	–	–	–	–	0,26	0,37	0,25	0,50	0,66	0,41	0,38
BaO	–	–	–	–	–	–	0,18	1,62	0,78	3,35	0,65	<0,10	0,21

Примечание: 1 – карбонатная корка на поверхности илов; 2 – ил сцементированный до глинистого известняка; 3 – ил слабосцементированный с целыми раковинами и детритом; 4 – фоновая проба ила серого с зеленоватым оттенком, очищенного от раковинного детрита; 5, 6 – "курильщик"; 7–13 – данные Е.Ф. Шнюкова и др. [Шнюков и др., 2001] (ст. 5590) (содержание в % на высушенное вещество при 105°C): 7 – суженная часть тела "курильщика", 9, 11 – расширение трубчатой части "курильщика", 8, 10 – наружный слой "курильщика", 12, 13 – внутренняя часть тела "курильщика".

Note: 1 – carbonate crust on surfaces silt; 2 – silt cement by up to loamy limestone; 3 – a silt feebly cement with whole shell and fragment material; 4 – sample of silt grey with a greenish shade clean from shell and fragment material; 5, 6 – "smokers"; 7–13 facts [Шнюков и др., 2001] (st. 5590) (the maintenance in % on dry material under 105°C): 7 – narrow part of body "smokers", 9, 11 – an widening of the part "smokers", 8, 10 – outward stratum "smokers", 12, 13 – an inside part of body "smokers".

на 80% карбонатным веществом с незначительной примесью аутигенного кремнезема и глинистого материала.

Слой глинистых известняков также характеризуется высоким содержанием карбонатов – до 70%. Карбонатизация имеет цементационный тип, выполняя пустоты в пористом, насыщенном водой осадке. Отметим, что для получения качественной характеристики вторичного карбоната кальция проба для анализа была очищена от раковин моллюсков, находящихся в этом слое. Возможно, что некоторое количество карбонатного вещества обусловлено наличием в пробе мелких обломков раковинного детрита. Относительно невысокое содержание алюминия под-

тверждает, что глинистые минералы, которые составляют основную массу тонкодисперсных компонентов осадка, присутствуют в подчиненном количестве и что крупнопелитовые фракции сложены главным образом тонкодисперсным карбонатом кальция в смеси с глинистыми агрегатами, минералами оксидов железа и кварца. Слабоизмененные осадки нижнего слоя корок содержат до 60% карбонатов и примерно 30% глинистой компоненты.

Состав малых элементов в корковых образованиях и в теле газывыводящих структур (“курильщики”) приведен по данным уточненного количественно-полуколичественного эмиссионного спектрального анализа (табл. 2).

Таблица 2. Состав элементов-примесей в продуктах деятельности черноморских “курильщиков” (в г/т)

Table 2. Composition element-admixtures in product of activity Black Sea «smokers» (in g/t)

Элемент	Обр. 1-к (карбонатная корка)		Обр. 2-к (глинистый известняк)		Обр. 4к-3 („курильщик”)		7	8	9	10	11	12	13
	Валовая проба	Очищенная от налетов	Интенсивная цементация	Слой слабой цементации	Валовая проба	Сферолиты							
Ba	100	120	150	150	120	270	1660	12400	5500	20400	5800	780	1200
Be	1	1	1	1	1	1	Не опр.						
Pb	5	4	5	5	4	2	85	6	2	1	4	1	4
Sn	≤1	1	≤1	1	1	1	Не опр.						
W	3,2	3	3	2	3	1	–	–	–	–	–	–	–
Nb	10	10	10	10	10	3	–	–	–	–	–	–	–
Cr	10	35	10	13	63	55	–	–	–	–	–	–	–
Ni	15	4	12	15	5	12	–	–	–	–	–	–	–
Bi	1,21	1	1	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–
Co	2	1	1,5	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–
Mo	2,5	2	0,8	1	0,8	1	–	–	–	–	–	–	–
V	8	3	6,3	6	≈2	5	–	–	–	–	–	–	–
Cu	8	2	6,5	5	1	3	48	5	<3	4	5	3	11
Zn	20	20	20	23	20	32	21	13	9	8	14	15	13
Zr	80	50	63	65	40	12	Не опр.						
Ag	0,02	0,02	0,02	–	0,02	0,5	–	–	–	–	–	–	–
Cd	4	5	4	4	4	7	–	–	–	–	–	–	–
Y	12	10	10	10	10	10	3	<1	1	2	5	4	5
Yb	1,2	1	1	1	≤1	1	Не опр.						
La	15	10	15	15	10	15	–	–	–	–	–	–	–
Ce	32	30	30	25	30	30	21	26	<15	<15	<15	17	<15
Sr	400	700	320	300	5000	7000	900	1810	1350	2178	910	754	1025

Элемент	Обр. 1-к (карбонатная корка)		Обр. 2-к (глинистый известняк)		Обр. 4к-3 („курильщик”)		7	8	9	10	11	12	13
	Валовая проба	Очищенная от налетов	Интенсивная цементация	Слой слабой цементации	Валовая проба	Сферолиты							
In	1	1	1	1	1	1	Не опр.						
Ge	≤1,2	1	1	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–
Hf	3	3	3	1	3	1	–	–	–	–	–	–	–
Sc	6,3	6	6,3	5	6,3	5	–	–	–	–	–	–	–
Au	10	10	10	8	10	12	–	–	–	–	–	–	–
U	50	55	50	32	50	50	–	–	–	–	–	–	–
Th	32	35	32	32	32	50	–	–	–	–	–	–	–
Ti	2	2	2	2	2	2	–	–	–	–	–	–	–
Li	10	10	10	10	10	7	–	–	–	–	–	–	–
As	65	65	65	100	65	70	–	–	–	–	–	–	–
Sb	32	30	32	35	32	25	–	–	–	–	–	–	–
Ta	32	30	32	30	32	25	–	–	–	–	–	–	–
Br	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	3	<1	1	9	13	12	8
Rb	–	–	–	–	–	–	Не опр.	2	<2	52	14	9	12
Mn	–	–	–	–	–	–	–	964	1260	875	445	342	722
Fe	–	–	–	–	–	–	–	340	410	1440	6260	4750	4470
Ba	–	–	–	–	–	–	–	1100	1250	Не опр.	Не опр.	800	Не опр.

Примечание: Si, Ti, Fe, Mg, Mn, Al, P из таблицы спектральных и рентген-флюоресцентных анализов исключены, так как определены химическими методами; 7–13 результаты рентген-флюоресцентного анализа проб тела метанового “курильщика” (ст. 5590) [Шнюков и др., 2001].

Note: Si, Ti, Fe, Mg, Mn, Al, P – were defined by chemical methods; 7-13 the analysis of tests of a body methane of “smokers” (st. 5590) [Шнюков и др., 2001].

Образцы карбонатных построек были получены также с шельфовой зоны Южно-Китайского моря с помощью донного трала и глубоководного подводного аппарата.

При сравнении результатов аналитических определений состава “курильщиков”, поднятых с глубин 160-200 м в Черном море (табл. 1, 2) и с глубин 170-300 м в Южно-Китайском море (табл. 3, 4), можно увидеть некоторые различия. Прежде всего это касается силикатной и карбонатной составляющих, которые имеют большие значения SiO₂ на вьетнамском шельфе за счет уменьшения CaO и MgO. Эти различия можно объяснить разными источниками глубинного вещества, поступающего на дно в виде флюидов. Приведенные данные позволяют предположить, что существуют вариации в составе газовой компоненты флюидных потоков, а также их генетическая неоднородность. Однако основной газо-

вой компонентой остается все же метановая составляющая.

Состав черноморских “курильщиков” отличается от состава корковых образований высокой степенью чистоты карбонатной составляющей, представленной арагонитом с незначительной примесью доломита. Корки и плиты характеризуются преимущественно анкеритовым составом. Это можно объяснить интенсивным взаимодействием жидкой фазы с осадочным материалом донных отложений. В случае отсутствия такого взаимодействия при повышенных дебитах рост “курильщиков” происходит вследствие биохемогенного осаждения карбонатного вещества. Об этом свидетельствует и то, что свежие обломки “курильщиков” покрыты слизистой оболочкой метанперерабатывающих бактерий мощностью до 1 см, продуктом метаболизма которых является арагонит.

Таблица 3. Результаты химического анализа образцов карбонатных построек “курильщиков” западной части Южно-Китайского моря (%)

Table 3. Results of the chemical analysis example carbonate structurec "smokers" western part of the South-Chinese Sea (%)

Компонент	Обр. 1 198/ТС 27	Обр. 2 198/ТС 27	обр. 3 198/ТС 27	ПА-18, обр. 1	13/ДТ 6, обр. 1	13/ДТ 6, обр. 2
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	35, 03	33, 34	29, 72	21, 10	30, 15	18, 01
TiO ₂	0, 35	0, 33	0, 30	0, 27	0, 36	0, 23
Al ₂ O ₃	8, 07	7, 60	6, 50	5, 78	7, 90	4, 54
Fe ₂ O ₃	1, 95	1, 87	1, 70	4, 70	2, 67	1, 54
MnO	0, 05	0, 04	0, 04	0, 49	0, 49	0, 26
MgO	10, 92	11, 16	12, 25	7, 45	5, 46	3, 45
CaO	16, 89	17, 58	19, 49	24, 64	23, 70	35, 09
Na ₂ O	1, 18	1, 10	1, 04	1, 14	1, 19	1, 16
K ₂ O	1, 23	1, 17	1, 03	0, 96	1, 25	0, 68
P ₂ O ₅	0, 14	0, 15	0, 15	0, 39	0, 11	0, 07
S	0, 05	0, 03	0, 04	0, 01	0, 02	0, 01
Cl	0, 02	0, 02	0, 02	0, 03	0, 04	0, 03
H ₂ O-	0, 71	0, 45	0, 44	1, 06	1, 00	0, 78
ppp	23, 00	24, 74	26, 89	31, 57	25, 25	33, 76

Примечание: Анализ выполнен в научно-исследовательской лаборатории минералого-геохимических исследований (Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко).

Note: The analysis is executed in research laboratory mineralogo-geochemical of researches (Taras Shevchenko National University of Kiev).

Таблица 4. Рентген-флюоресцентный анализ (западная часть Южно-Китайского моря) (в г/т)

Table 4. The x-rays-fluorescent analysis (western part of the South-Chinese Sea) (in g/t)

Элемент	198/ТС 27, обр. 1	198/ТС 27, обр. 2	198/ТС 27, обр. 3	ПА-18, обр. 1	13/ДТ 6, обр. 1	13/ДТ 6, обр. 2	Предел определения, г/т
	1	2	3	4	5	6	
Fe	12386	12888	11284	34667	18894	10843	200
Ni	11	7	2	11	36	37	15
Cu	2	1	2	0	4	3	15
Zn	42	38	32	53	56	44	15
Ga	4	5	4	5	4	1	10
As	0	0	0	36	14	12	5
Br	8	10	11	10	21	24	5
Rb	42	44	38	33	47	26	5
Sr	535	531	594	493	1684	5004	5
Y	10	10	9	12	8	0	5
Zr	147	130	118	71	122	35	5
Nb	4	3	3	3	2	5	5
Pb	10	10	10	9	9	3	5
I	18	20	16	24	45	45	15
Ba	197	184	166	145	178	103	15
La	18	13	15	12	10	7	15
Ce	26	26	27	20	33	17	15
Pr	3	2	1	1	0	0	15
Nd	8	8	8	6	7	5	15

Примечание: Анализ выполнен в научно-исследовательской лаборатории минералого-геохимических исследований (Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко).

Note: The analysis is executed in research laboratory mineralogo-geochemical of researches (Taras Shevchenko National University of Kiev).

Определение состава бактериальных сообществ выполнено в ИГН и Институте микробиологии и вирусологии НАН Украины. Для исследований были взяты пробы придонного слоя воды и поверхностного слоя донных отложений полей газовыделений, расположенных в диапазоне глубин 60–110 м (выше зоны сероводородного заражения), которые сравнивались с данными, полученными на фоновых станциях вне пределов полей газовыделений. В водной толще количество бактериальных клеток варьирует в довольно широких пределах – от $2 \cdot 10^2$ до $3,3 \cdot 10^3$ в 100 мл морской воды. Фиксируются формы метанперерабатывающих бактерий *Methylomonas methanica* [Лялько и др., 1978]. На фоновых станциях эти формы не обнаруживаются. В осадках количество бактериальной микрофлоры возрастает на порядок, однако в составе сообщества выявлены азот-, сероводород- и железобактерии.

Глубинная дегазация может сопровождаться и образованием других форм газовыводящих каналов, что связано с темпами дегазации и составом газов. Так, на кавказском шельфе зафиксированы структуры проседания осадков, воронки в виде черных пятен – «оспин» диаметром до 50 см. Центральная часть оспин является газовыводящим каналом, стенки которого прочно цементированы карбонатно-железистым цементом. Эти формы были детально изучены в Северном море [Navland, 1984; Navland et al., 1987], на шельфе Вьетнама [Бондарев, 1990].

Необходимо отметить, что в Черном море в составе газов «курильщики» преобладает метан, подчиненное значение занимают сероводород, постройки карбонатного состава. Черноморские источники низкотемпературные и с низкими дебитами. Генезис черноморских «курильщиков» обусловлен взаимодействием геологических факторов, одним из которых является поступление продуктов разложения газогидратной залежи по разломам в водную толщу, что может быть использовано для прогнозирования и поисков нетрадиционного углеводородного сырья [Геворкьян, Сокур, 2005].

Особо следует отметить предпосылки для формирования связанных с ними крупных месторождений в Черном море, где вероятно существование аналогов таких гигантских нефтяных (газоконденсатных, газовых) месторождений, открытых на вьетнамском шельфе, как Белый Тигр, Дракон и др.

В Южно-Китайском море карбонатные тела

связаны с процессами окисления метана метанотрофными бактериями у выходов восходящих углеводородно-газовых струй (сипы, миграция углеводородных газов по разломам). Образование карбонатных построек по изотопно-геохимическим данным связано с метаболизмом микроорганизмов, приуроченных к трубам дегазации. На рис. 3 показаны фрагменты «курильщиков», образцы которых были отобраны на западном шельфе Южно-Китайского моря.

Помимо благоприятных предпосылок рифообразования (роль уступов, выступов и поднятий кристаллических пород как основания для разнообразных карбонатных построек), а также физико-химических особенностей гранитного субстрата, способствующих бактериальному, корковому и матообразованию, здесь может играть роль карбонатообразующая деятельность специфических экосистем, сопутствующих раз-

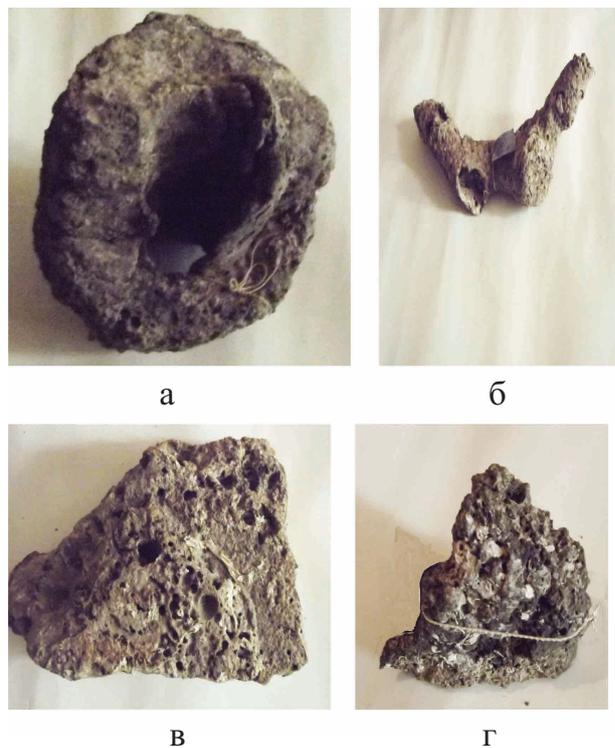


Рис. 3. «Курильщики» западной части Южно-Китайского моря

а – сип метановый в раковинном детрите (внутренний диаметр канала – 5 см, общая площадь – 17 см, стенки – 12 см, высота – 25 см); б – канал подтока флюидов с боковым ответвлением; в – детрито-ракушняковое образование; г – ракушняк, сцементированный под воздействием флюидов

Fig. 3. «Smokers» of western part of the South-Chinese Sea

а – seep methane in shells detrital (inside diameter of the channel – 5 sm, general area – 17 sm, wall – 12 sm, height – 25 sm); б – cannel push fluids with lateral; в – detrital shells formation; г – shells cement under influence fluids

нообразным проявлениям дегазации Земли в зонах разломов. Это свидетельствует о процессах глубинной дегазации в зонах разломов, которые инициируют микробиологические процессы. Формирование углеводородных залежей в конечном счете обусловлено процессами дегазации Земли [Лукин, 2007].

Данные экспериментальных и теоретических исследований свидетельствуют о том, что газогидратообразование происходит в очень широком диапазоне природных и техногенных условий, от космоса и морских глубин до газопроводов и скважин при соответствующих p , t -условиях, что подтверждается рядом открытий на протяжении последних лет.

Выводы

Генезис черноморских “курильщиков” обусловлен взаимодействием геологических факторов, одним из которых является поступление продук-

тов разложения газогидратной залежи по разломам в водную толщу. Это может быть использовано для прогнозирования и поисков углеводородного сырья. Следует отметить, что как Черное, так и Южно-Китайское моря могут рассматриваться как схожие регионы в связи с присущей им глубинной углеводородной дегазацией. Большие площади, занятые такими дегазационными карбонатными постройками, и приуроченность к трубам дегазации гетерогенных гранитно-карбонатных массивных резервуаров свидетельствуют о тектоно-геодинамическом подобии этих двух регионов. Поскольку на вьетнамском шельфе уже открыты и разрабатываются крупные месторождения нефти и газа, перспективы открытия промышленных месторождений углеводородного сырья в Черном море довольно значительны, а поиски, разведка и разработка будут рентабельными в условиях черноморского шельфа.

Список литературы

- Бондарев И.П.** Биоэрозия или газоиндукция. *Геол. журн.* 1990. № 4 (253) С. 55–62.
- Геворкьян В.Х., Бураков В.И., Исагулова Ю.К., Семенов Д.В., Малахов В.П., Олейник Ф.И., Грязанов А.С., Шевченко А.Ф.** Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря. *Докл. АН УССР.* 1991. № 4. С. 80–85.
- Геворкьян В.Х., Чугунный Ю.Г., Сорокин А.Л., Лука Г.И., Павлов А.И.** Геологические аспекты биологической продуктивности океана. Мурманск: Мурман. книж. изд-во, 1990. 186 с.
- Геворкьян В.Х., Сокур О.Н.** Генетические особенности черноморских «курильщиков». *Геол. журн.* 2005. № 2 (312). С. 68–82.
- Геворкьян В.Х., Сокур О.Н.** О глубинном происхождении метана в газогидратах. *Геол. журн.* 2011. № 3 (336). С.105–115.
- Иванов М.В., Поликарпов Г.Г., Леин А.Ю., Гальченко В.Ф., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Гулин М.Б., Русанов И.И., Миллер Ю.М., Купцов В.И.** Биогеохимия цикла углерода в районе метановых газовыделений Черного моря. *Докл. АН СССР.* 1991. Т. 320, № 5. С. 1235–1240.
- Леин А.Ю., Иванов М.В.** Крупнейший на Земле метановый водоем. *Природа.* 2005. № 2. С. 19–26.
- Лукин А.Е.** Биогенно-карбонатные постройки на выступах разуплотненных кристаллических пород – перспективный тип комбинированных ловушек нефти и газа. *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* 2007. № 2. С. 1–21. URL: <http://www.ngtp.ru>. (Дата звернення: 10.05.2012).
- Лялько В.И., Малащенко Ю.Р., Митник М.М.** Геологическая деятельность углеродоксилирующих организмов. *Докл. АН УССР.* 1978. № 4. С. 305–309.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Нежданов А.И., Гулин С.Б., Килев Ю.Д., Гулин М.Б.** Явления активного газовыделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря. *Докл. АН УССР. Сер. Б.* 1989. № 12. С. 13–15.
- Шнюков Е.Ф., Григорьев А.В., Безбородов А.А., Мавренко Н.И.** Экспедиционные исследования в Черном море (51-й рейс НИС “Михаил Ломоносов”, 11.11–14.12 1989 г.). *Геол. журн.* 1990. № 4 (253). С. 130–133.
- Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Гожик П.Ф., Клещенко С.А., Кутный В.А., Шнюкова Е.Е.** О газоотдаче дна Черного моря. *Геол. журн.* 2001. № 4 (298). С. 7–14.
- Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А.** Газовый вулканизм Черного моря. Киев: Логос, 2013. 384 с.
- Havland H.** Gas-induced erosion features in the North sea. *Earth surface processes and landforms.* 1984. Vol. 9, № 3. P. 209–228.
- Havland H., Talbot M. R., Quale H., Olausen S., Aasberg L.** Methane-related Carbonate Cements in Pockmarks of the North Sea. *J. Sediment. Petrol.* 1987. Vol. 57. P. 881–891.

References

- Bondarev I.P.** (1990). Bioerosion or gas induction. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (253), p. 55-62 (in Ukrainian).
- Gevorkian V.H., Burakov V.I., Isagulova Yu.K., Semenov D.V., Malaxov V.P., Oleinik F.I., Gryazanov A.S., Shevchenko A.F.** (1991). Gas take out of construction at the bottom of northwest part of the Black sea. *Doklady AN USSR*, № 4, p. 80-85 (in Ukrainian).
- Gevorkian V.H., Chugunnyy Yu.G., Sorokin A.L., Luka G.I., Pavlov A.I.** (1990). Geological aspects of biological productive of ocean. Murmansk, 186 p. (in Russian).
- Gevorkian V.H., Sokur O.N.** (2005). Genetic peculiarities of the Black Sea "smokers". *Geologichnyy zhurnal*, № 2 (312), p. 68-82 (in Ukrainian).
- Gevorkian V.H., Sokur O.N.** (2011). The abyssal origin of methane in gas hydrates. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (336), p. 105-115 (in Ukrainian).
- Ivanov M.V., Polikarpov G.G., Lein A.Yu., Galchenko V.F., Egorov V.N., Gulin S.B., Gulin M.B., Rusanov I.I., Miller Yu.M., Kuptsov V.I.** (1991). Biogeochemistry of a cycle of carbon in area methane gas take out of the Black Sea. *Doklady AN SSSR*, vol. 320, № 5, p. 1235-1240 (in Ukrainian).
- Lein A.Yu., Ivanov M.V.** (2005). Largest on the Earth methane a basin. *Priroda*, № 2, p. 19-26 (in Ukrainian).
- Lukin A.E.** (2007). Biogenetic carbonate of structures on ledges decompaction of crystalline rock - perspective type of the combined snare of oil and gas. *Oil and gas geology. Theory and practice*, № 2, p. 1-21. URL: <http://www.ngtp.ru> (10.05.2012) (in Russian).
- Lyalko V.I., Malashenko Yu.R., Mitnick M.M.** (1978). Geological activity carbonoxidize organism. *Doklady AN USSR*, № 4, p. 305-309 (in Ukrainian).
- Polikarpov G.G., Egorov V.N., Nezhdanov A.I., Gulin S.B., Kilev Yu.D., Gulin M.B.** (1989). The phenomenon active gas take out from climb on down of depths of western part of the Black Sea. *Doklady AN USSR. Series B*, № 12, p. 13-15 (in Ukrainian).
- Shnyukov E.F., Grigoryev A.V., Bezborodov A.A., Mavrenko N.I.** (1990). Expeditionary researches in the Black Sea (51 trip "M. Lomonosov", 11.11-14.12. 1989 year). *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (253), p. 130-133 (in Ukrainian).
- Shnyukov E.F., Starostenko V.I., Gozhik P.F., Kleschenko S.A., Kutnyi V.A., Shnyukova E.E.** (2001). Gas take out bottom of the Black Sea. *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (298), p. 7-14 (in Ukrainian).
- Shnyukov E.F., Kobolev V.P., Pasyunkov A.A.** (2013). Gas vulcanize of the Black Sea. Kiev: Logos, 384 p. (in Russian).
- Havland H.** (1984). Gas-induced erosion ftatures in the North sea. *Earth surfase processes and landforms*, vol. 9, № 3, p. 209-228 (in English).
- Havland H., Talbot M. R., Quale H., Olaussen S., Aasberg L.** (1987). Methane-related Carbonate Cements in Pockmarks of the North Sea. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 57, p. 881-891 (in English).

Статья поступила
08.04.2019