

**КОРИСНІ КОПАЛИНИ ОСАДОВИХ БАСЕЙНІВ;
СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ /
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОСАДОЧНЫХ БАСЕЙНОВ;
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК: (552.5:551,782):553.98 (477.75)

В.И. Лысенко¹, М.С. Ковальчук²

ГЕРАКЛИТЫ — ИНДИКАТОРЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

V.I. Lysenko, M.S. Kovalchuk

HERACLIETES AS INDICATORS OF OIL AND GAS PRESENCE IN THE SEVASTOPOL AREA

Вивчення геології Севастопольського регіону і, зокрема, літології неогенових карбонатних відкладів, дозволили зробити висновок про потенційну нафтогазоносність району.

Ключові слова: Севастопольський регіон, нафтогазоносність, неогенові карбонатні утворення.

Изучение геологии Севастопольского региона и, в частности, литологии неогеновых карбонатных отложений позволили сделать вывод о потенциальной нефтегазоносности района.

Ключевые слова: Севастопольский регион, нефтегазоносность, неогеновые карбонатные образования.

The study of geology of the Sevastopol area particularly the lithology of the Neogene carbonate sediments allows to make a conclusion about potential presence of oil and gas in this area.

Keywords: The Sevastopol area, oil and gas presence, Neogene carbonate formations.

ВВЕДЕНИЕ

В Крыму геологоразведочные работы по поиску нефти и газа первоначально проводились на Керченском полуострове, где имелись многочисленные выходы газа и нефти, связанные с деятельностью грязевых вулканов. После продолжительных поисковых работ в районе г. Керчи значительных притоков нефти и газа не было получено, работы сместились в район Степного Крыма. Но крупных месторождений нефти и газа, несмотря на значительные затраты, обнаружено не было.

Севастопольский регион до настоящего времени относился к районам с малой и неясной перспективой нефтегазоносности. Изучение геологии района г. Севастополя показало, что регион является перспективным с точки зрения нефтегазоносности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Прямыми признаками наличия нефти и газа являются: наличие в районе широкого распространения гераклитов, содержащих нефть и газ; наличие прослоев, обогащенных битумным веществом (скважины, пробуренные в Южной и Севастопольской бухте); возникновение факелов горящего метана к западу от Севастополя во время крымского землетрясения; результаты анализа гидрологического материала подземных вод в Севастопольском регионе.

Косвенными признаками нефтегазоносности являются: наличие сероводорода и азота в подземных водах и газовом составе гераклитов; район характеризуется интенсивным проявлением разломно-блоковой тектоники и активностью современных тектонических движений. Коллектором, вероятно, служит пестрый обломочный комплекс пород и коры выветривания по эффузивам. Породами покровов могут выступать сланцы и флишевые отложения юры и мела.

Гераклиты — это неогеновые карбонатные образования, связанные с выделением углерода из недр (рис. 1). Они состоят из обломков и скелетных остатков различных организмов, сцементированных карбонатным криптокристаллическим цементом и отличаются от вмещающих известняков физико-механическими свойствами, минеральным составом, геохимией, содержанием битумов и углеводородов.

Гераклиты встречаются в линейных зонах, которые приурочены к Херсонескому, Севастопольскому, Бечку-Карагачскому и Балаклаво-Хмельницкому разломам. Общая протяженность этих зон составляет около 60 км. В обнажениях караганского, верхнее — и среднесарматского горизонтов картируется до шести прослоев, обогащенных обломками гераклитов. В некоторых случаях гераклиты находятся в прослоях травертинов, которые образовались

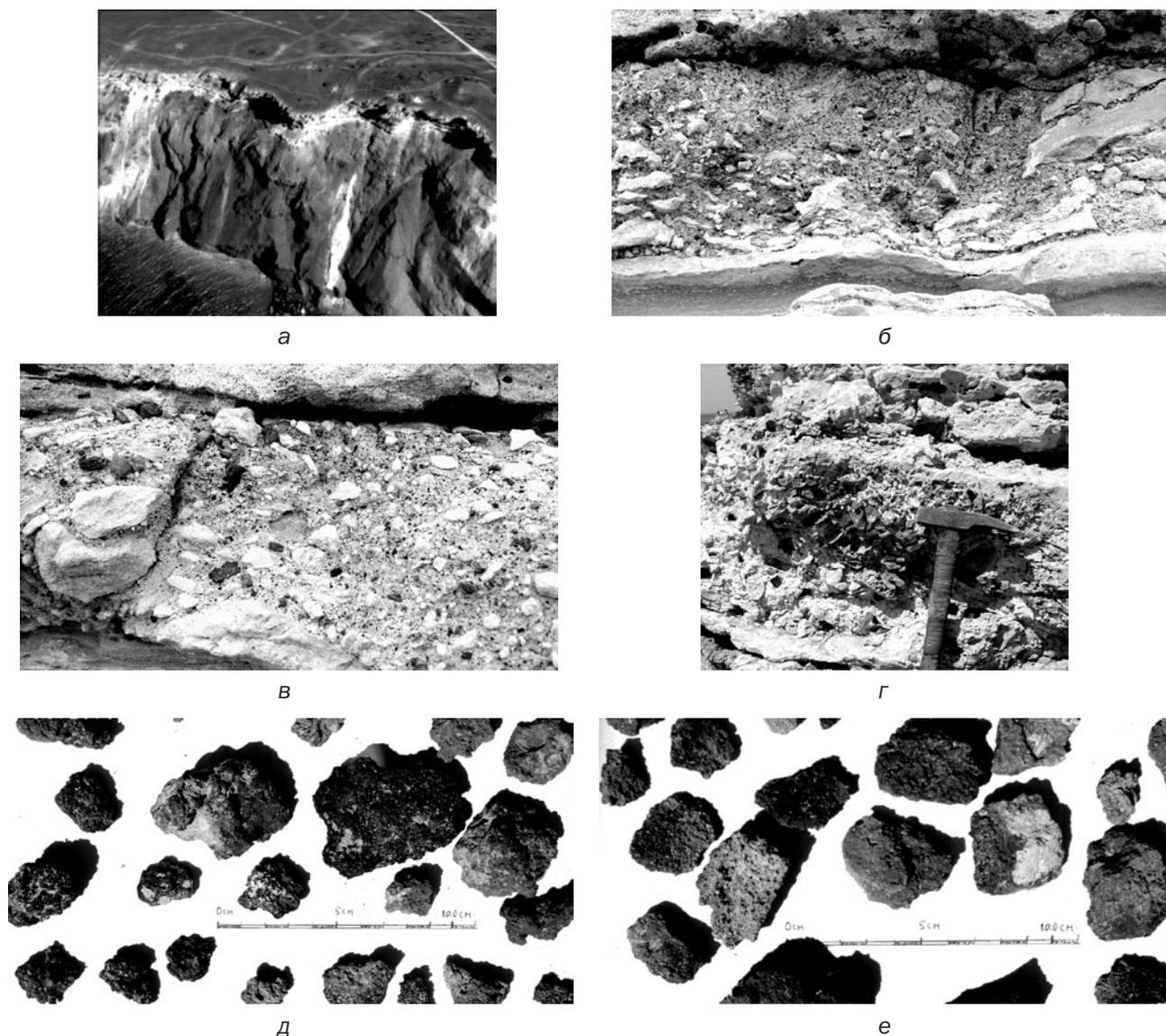


Рис. 1. Гераклиты Севастопольського регіону
 а — распространение гераклитов на мысе Фиолент; б — условия залегания гераклитов в Голубой бухте; в — условия залегания гераклитов на мысе Херсонес; г — прослой гераклитов в известняках бухты Казачья; д — внешний вид гераклитов мыса Херсонес; е — внешний вид гераклитов мыса Хрустальный

за счет деятельности грязевых вулканов. Авторы предполагают обнаружение гераклитов также в юрских и титонских известняках в районе бухты Ласпи.

Гераклиты и современные карбонатные постройки Черного моря характеризуются почти одинаковой морфологией материала, высокой микро- и макропористостью, минеральным, геохимическим составом и набором летучих газов в них, наличием скелетных остатков организмов.

Гераклиты состоят в основном из карбоната кальция и магния, со значительной примесью стронция, бария, марганца и железа. В составе гераклитов преобладают кальцит, доломит,

кварц и полевой шпат, реже встречаются барит, целестин и их промежуточные разности — баритоцелестин, баритокальцит и баритоанглезит. Установлены псевдоморфозы кальцита по моногидрокальциту, гейлюсситу и арагониту. Кроме того, в гераклитах есть самородные металлы, интерметаллические соединения, сульфиды, карбиды. В гераклитах встречаются открытые трещины, на стенках которых наблюдаются примазки желтого битума.

По внешнему виду гераклиты напоминают вулканический шлак. Большие обломки обычно плоские, желваковидные; маленькие — без определенной формы, остроугольные. Обломки гераклитов размером более 5 см имеют плос-

кую форму и характеризуются различными размерами длины и ширины, но толщина всегда составляет 2–3 см. Цвет обломков гераклитов от светло-серого пепельного до черного, реже встречаются серовато-коричневые образцы. Часто в одном обломке отмечаются все виды окраски. Интенсивность окраски гераклитов связана с наличием органического вещества и его количеством. При растворении гераклитов в кислоте на поверхности раствора образуется тонкая цветная пленка битумов. Изучение этих битумов в лаборатории ВНИГРИ СПб показало, что несмотря на низкие концентрации органического вещества (его содержание в породе составляет 0,12–0,14%), отношения С/Нвес, Н/Сатом, ХБА/СБА > 2,50–2,70 подтверждают их низкий катагенез и высокий нефтяной потенциал.

Одним из важных признаков гераклитов и современных карбонатных построек является высокая макро- и микропористость.

По характеру взаимоотношения с вмещающей породой, гераклиты следует рассматривать как обломочный материал, сцементированный глинисто-карбонатным, карбонатно-глинистым и реже карбонатным цементом. В карбонатной толще караганского горизонта, среднего и верхнего сармата обломки гераклитов встречаются в прослоях мощностью 20–50 см. В обрывах известняков района м. Херсонес наблюдается до пяти горизонтов гераклитов. Они имеют ленточное строение и протяженность по простиранию 100–200 м. Латеральное выклинивание горизонтов с гераклитами не сопровождается литолого-фаціальными изменениями и фиксируется лишь по их исчезновению. Через промежуток 15–20 метров наблюдается следующая лента. Верхняя и нижняя граница прослоев с гераклитами достаточно отчетливы и имеют неровную волнистую поверхность. Распределение гераклитов в горизонте крайне неравномерное (от единичных обломков до 40% общего объема), часто с ними встречаются обломки сингенетических вмещающих известняков желто-белого цвета.

Метан, углекислый газ, сероводород и другие газы флюидов поступали по системе разломов к поверхности морского дна, где происходило образование карбонатных построек. Газы недр не только не угнетали развитие донных организмов, но и обеспечивали их повышенную биологическую продуктивность. Вблизи зон разломов существовал оазис бурной жизнеде-

тельности серпул, гастропод и моллюсков. Они покрывали рыхлый донный осадок и участвовали в формировании гераклитов. Периодически вспыхивающие пароксизмы землетрясений сопровождалась миграцией метана к поверхности и извержением грязевых вулканов, а сотрясение донного грунта обусловило мелко-обломочную структуру породы.

Брекчиевидный облик, отсутствие гравитационной сортировки и горизонтальное ленточное строение прослоев с гераклитами позволяет предполагать, что центры газовых выбросов в неогене находились на расстоянии 100–200 м от современных обрывов Севастопольской бухты. Это подтверждается наличием совместно с гераклитами прослоев травертинов и прослоев крупнокристаллического кальцита, которые являются продуктом грязевых вулканов и образовывались при излиянии вод с повышенной температурой.

Для проведения работ по газовой съемке авторами выбраны четыре участка с хорошей обнаженностью, на расстоянии 3–6 км друг от друга. На каждом участке отобраны пробы из трех верхних прослоев, обогащенных гераклитами. Гераклиты разного цвета, морфологии и плотности отбирались в отдельные пробы, поэтому количество проб в одной точке изменялось от 3 до 5. Всего было отобрано около 50 проб, часть из которых проанализирована в ИГГИ НАН Украины. Результаты изучения газового состава флюидов из гераклитов приведены в табл. Поровое пространство в гераклитах заполнено метаном, углекислым газом, этаном, пропаном, азотом и сероводородом. Состав газов не отличается от состава современных выделений флюидов

В результате изучения газового состава флюидов из гераклитов установлено три типа газоносности гераклитов: метановый; тяжелоуглеводородно-метановый и азотно-метаново-углекислый. Метан присутствует во всех пробах, такие же его концентрации характерны для газовой смеси из газогидратов, сипов и грязевых вулканов Черного моря. Некоторые исследователи считают, что метан имеет исключительно биогенную природу [3, 6]. Авторы же предполагают, что газ имеет двойственную природу. Меньшая часть газа образована за счет микроорганизмов, большая часть — дегазации из недр. Доказательством этого является современная и неогеновая дегазация, приуроченная к линейным зонам разломов, а также состав и

ГЕРАКЛИТЫ — ИНДИКАТОРЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Таблица. Состав флюидов из гераклитов по данным масс-спектрометрического химического анализа

№ образца	Место отбора	Порода	Компоненты : объемная доля, % весовые концентрации, $\cdot 10^6$ г/т пробы						Относительная газонасыщенность ΔP , Па	Суммарная весовая концентрация $\cdot 10^6$ г/т пробы
			CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	H ₂ S		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-987/А	Мыс Хрустальный	Гераклит черный	2,8 0,13	—	96,5 52,0	—	—	0,7 0,005	0,53	52,135
Л-987/Б	Мыс Хрустальный	Гераклит коричнево-черный	1,2 0,104	—	94,4 215,6	3,9 0,660	0,5 0,026	—	2,13	216,390
Л-24/А	Мыс Солнечный	Гераклит черный	0,4 0,003	—	97,3 82,46	2,3 0,087	—	—	1,13	82,558
Л-24/Б	Мыс Солнечный	Гераклит серовато-коричневый	2,3 0,15	—	82,4 87,58	10,9 2,250	4,4 0,525	—	1,03	70,508
Л-24/В	Мыс Солнечный	Гераклит кремовый	47,8 2,0	18,5 0,192	33,7 0,36	—	—	—	0,04	2,559
Л-28/А	Мыс Херсонес	Гераклит черный	0,5 0,008	—	98,6 112,8	—	—	0,9 0,01	1,00	112,818
Л-28/Б	Мыс Херсонес	Гераклит серовато-коричневый	13,9 4,917	0,5 0,004	60,7 35,58	14,2 3,833	10,7 3,000	—	1,00	47,337
Л-К	Пляж Херсонес	Гераклит	0,6 0,011	—	99,3 111,3	0,1 0,0003	—	—	1,46	111,344
Л-997/А	Голубая бухта	Гераклит черный	7,1 0,880	—	91,7 56,46	—	—	1,2 0,020	0,87	57,367
Л-997/Б	Голубая бухта	Гераклит серовато-коричневый	4,7 0,583	—	72,5 48,91	14,5 3,750	8,3 0,660	—	0,97	55,000
Л-997/Д	Голубая бухта	Гераклит серый	1,3 0,018	—	98,7 41,40	—	—	—	0,44	41,422

Примечание: масс-спектрометрический анализ выполнен в ИГГИ НАН Украины (масс-спектрометр МСХ-3А); аналитик Б. Е. Сахно

объемы выбросов газов, которые зависят от периодичности сейсмической активности.

Объемы выброса метана превышают в несколько раз возможности микроорганизмов по его переработке. Современные метанотрофные бактерии используют из метана в основном углерод легкого изотопного состава [3, 5, 6, 18], поэтому изотопный состав метана из гераклитов будет отличаться от результатов анализов современных, что, возможно, связано с процессами литификации, условиями и временем их образования.

Углекислый газ содержится во всех флюидах из гераклитов, а наиболее высокие его концентрации обнаружены в окремненных образцах, содержащих азот.

Сероводород в гераклитах связан с метановым типом газоносности во всех точках отбора образцов. Возможно, это является доказательством образования газовой смеси флюидов на больших глубинах в восстановительной среде.

На абиогенную природу сероводорода указывает изотопный состав серы. Глубинное происхождение сероводорода подтверждается его наличием во многих источниках Горного Крыма и увеличением его концентрации во время землетрясений в 1927 г. [2, 4, 12].

Азот входит в состав пластовых вод газовых проявлений Равнинного Крыма и совместно с сероводородом являются косвенными признаками поиска месторождений углеводородов. В юго-западной части Крыма дегазация этого газа отмечена в глубоких скважинах, пробуренных в зоне Бельбекского разлома.

Изучение глубинных газов сипов, грязевых вулканов и гераклитов позволяет определить их роль в образовании карбонатных построек. Часть газовых флюидов используется для питания метанотрофных микроорганизмов, а также часть для постройки хемогенных карбонатов, а остальной газ пополняет гидросферу и атмосферу. Вынос газовых флюидов из недр

невозможен без сопутствующей гидротермальной деятельности. Косвенно на это указывает изотопный состав кислорода, опреснение воды около сипов и ореолы повышенных содержаний стронция, бария, йода, железа, кремния, брома, бора, лития, серебра и ртути вокруг них [1, 15, 16, 19]. Измерение количества газов и его состава в сипах и грязевых вулканах Черного моря является трудновыполнимой задачей, которая до сих пор удовлетворительно не решена. Это связано с большими глубинами отбора проб, периодичностью извержений грязевых вулканов и сипов, неустойчивым газовым составом и растворением газов в морской воде под действием высокого давления.

Состав газов сипов, грязевых вулканов и газогидратов Черного моря свидетельствует о их региональной разнообразии. Основным газовым компонентом является метан (60,0–98,0%), остальные (2,0–40,0%) – углекислый газ, азот, сероводород, этан и пропан [3, 6, 17, 18, 19]. Наиболее изучены сопочные газы грязевых вулканов Керченского полуострова. По составу выделяются шесть типов: метановый; метаново-углекислый; углекислый; азотный; тяжело-углеводородный; углекисло-азотно-метановый [15]. У многих грязевых вулканов отмечаются изменения газовых компонентов во времени, которые связаны с факторами глубинности формирования газа, сейсмической и тектонической активностью зон [15].

На Гераклейском полуострове все скважины на воду, пробуренные в зоне региональных разломов, обладают высоким содержанием сероводорода, йода, брома и кремния. Некоторые скважины эксплуатируются более полувека, но запах сероводорода в воде до сих пор есть, что позволяет говорить о глубинной подпитке газа. Весьма вероятно, это может быть связано с глубинными залежами нефти и газа.

В 1999 г. при бурении скважины в зоне глубинного Сарадинакинского разлома были встречены воды повышенной газонасности. Собранные пузырьки газа из воды горели без копоти и запаха. Анализ газа (лаборатория МГУ, г. Москва) указал на содержание в воде H_4C (57%), N (14,8%), CO_2 (18%), H_3N (0,2%), H_2S (4,2%). Вода из этой скважины характеризуется повышенным содержанием I, Br, Ag, Si, Li. Глубокие скважины п. В.-Садовое, Фронтное и Херсонес характеризуются повышенным содержанием в воде H_3N , H_2S , Ag, Si, I. Перечисленные газы являются индикаторами наличия

на глубине залежей углеводородов.

Результаты работ по изучению газового состава из гераклитов позволяют сделать следующие выводы:

1. Состав газов из гераклитов идентичен составу газовых флюидов современных грязевых вулканов и карбонатных построек (сипов) Черного моря, что является доказательством их общего генезиса.

2. Наличие во всех пробах CO_2 позволяет предположить, что неогеновая дегазация связана с глубинными процессами (это подтверждают данные по изотопному составу карбонатов из гераклитов).

3. Наличие в газовой составляющей сероводорода и азота указывает на глубинное формирование в восстановительной обстановке и на возможный неогеновый возраст сероводородного слоя в Черном море.

4. В составе газов преобладают метан, а в гераклитах, обогащенных нефтепродуктами, встречаются более тяжелые углеводороды: этан и пропан.

5. Широкий разброс концентраций углеводородов в гераклитах является хорошим признаком поиска нефтегазоносных месторождений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установленные в ходе работ прямые и косвенные поисковые признаки нефтегазоносности позволяют прогнозировать месторождения углеводородов в районе г. Севастополя. Это позволяет рекомендовать постановку поисковых работ в юго-западном Крыму, в частности, первоочередно необходимо:

- выполнить детальную газовую съёмку зон развития гераклитов;
- опробовать гидрогеологические скважины и поверхностные источники на H_2S , CH_4 , N_2 , NH_3 , J, Br, B и Si;
- провести изотопный анализ карбонатов гераклитов;
- изучить гераклиты на наличие в них аргона, гелия, водорода, ацетилена и других, более тяжелых углеводородов.

Работы выполнялись за счет энтузиазма авторов и оказания бескорыстной помощи по выполнению анализов коллегами из ИГГГИ НАН Украины, ВНИГРИ (г. Санкт-Петербург), МГУ (г. Москва). В частности, авторы благодарны за оказанную помощь доктору геологических наук И. М. Наумко и Б. Е. Сахно.

1. *Валяев Б. М., Гринченко Ю. И., Ерохин В. Е. и др.* Изотопный облик газов грязевых вулканов // Литология и полезные ископаемые. — 1985. — №1. — С. 72–87.
2. *Двойченко П. А.* Черноморское землетрясение 1927 г. в Крыму // Природа. — 1928. — № 6. — С. 523–542.
3. *Иванов М. В., Поликарпов Г. Г., Леин А. Ю. и др.* Биохимия цикла углерода в районе метановых газовыделений Черного моря. // ДАН СССР, 1991. — Вып. 320, № 5. — С. 1235–1240.
4. *Игнатченко Н. А.* О влиянии землетрясений на образование газогидратов в осадках Черного моря // Геол. журн. — 1996. — № 1–2. — С. 187–192.
5. *Леин А. Ю., Логвиненко Н. В., Волков И. И. и др.* Минеральный и изотопный состав диагенетических карбонатных минералов конкреций из восстановленных осадков Калифорнийского залива // ДАН СССР. — 1975. — Т.224. — № 2. — С. 426–429.
6. *Леин А. Ю.* Жизнь на сероводороде и метане // Природа. — 2003. — № 10. — С. 1–13.
7. *Лукин А. Е.* О включениях природного соединения кальция и углерода в минеральных образованиях, связанных с внедрением суперглубинных флюидов // Доп. НАН України. — 2007. — №1. — С. 122–129.
8. *Лукин А. Е., Лысенко В. И., Лысенко Н. И., Наумко И. М.* О происхождении гераклитов // Геолог Украины. — 2006. — № 3. — С. 23–39.
9. *Лысенко В. И., Лысенко Н. И.* О происхождении «темных пятен» в сарматских отложениях Гераклейского полуострова (Крым) // Доп. НАН України — 2003 г. — №12 — С. 103–107
10. *Лысенко Н. И., Лысенко В. И.* Необычный камень — «гераклит» и проблемы дегазации метана в миоцене Крыма // Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона: Сб. докл. III Междунар. конф. «Крым-2001». — Симферополь, 2001. — С.76–82.
11. *Лысенко В. И.* Гераклиты — карбонатные образования газовых источников и грязевых вулканов миоцена // Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона: Сб. докл.7 Междунар. конф. «Крым-2007». — Симферополь, 2008. — С. 214–225.
12. *Никонов А. А.* Крымские землетрясения 1927 года. Неизвестные явления на море// Природа. — 2002. — №9. — С. 13–20.
13. *Орлюк М. И.* Магнитная неоднородность земной коры нефтегазоносных бассейнов в свете неорганического и органического происхождения углеводородов // Геодинамика, сейсмичность и нефтегазоносность Черноморско-Каспийского региона: Тезисы докладов на VI Междунар. конф. «Крым 2005». — Симферополь, 2005. — С. 124–130.
14. *Рахманов Р. Р.* Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр. — М. Недр, 1987. — 174 с.
15. *Шнюков Е. Ф., Науменко П. И., Лебедев Ю. С. и др.* Грязевой вулканизм и рудообразование. — Киев: Наукова думка, 1971. — 332 с.
16. *Шнюков Е. Ф., Щербаков Е. Е., Шнюкова Е. Е.* Палеоостровная дуга севера Черного моря. — Киев, 1997. — 287 с.
17. *Шнюков Е. Ф., Кутний В. А.* Карбонатные образования как производное газовых выделений на дне Черного моря // Геофиз журн. — 2003. — 25. — № 2. — С. 90–100.
18. *Шнюков Е. Ф., Кутний В. А., Маслаков Н. А., Шнюкова Е. Е.* К минералогии карбонатных образований газовых источников Черного моря// Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2006. — № 2 — С.69–81.
19. *Шнюков Е. Ф., Собалевский Ю. В., Кутний В. А.* Необычные карбонатные постройки континентального склона северо-западной части Черного моря — вероятное следствие дегазации недр // Литология и полезные ископаемые. — 1995. — № 5. — С. 451–461.

1 — ООО «Ниагара», Севастополь

2 — Институт геологических наук НАН Украины, Киев
E-mail: kms1964@ukr.net

Рецензент — *акад. НАН Украины Е.Ф. Шнюков*