

РАЗДЕЛ 5.

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

УДК 553.98:(551.782.:533.17)(477.75)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Лысенко В. И.

*Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, Филиал МГУ в
г. Севастополь, Севастополь, Российская Федерация
E-mail: niagara_sev@mail.ru*

Актуальность работы обусловлена обоснованием новых критериев выделения площадей в Севастопольском регионе для поиска месторождений нефти и газа, который ранее считался бесперспективным. Цель работы: анализ геологических, гидрологических и геофизических признаков поисковых работ на нефть и газ в Севастопольском регионе с учётом новой парадигмы глубинного генезиса углеводородов. Установленные в гераклитах («hydrocarbon seeps-carbonate») содержания метана, этана, пропана и следов нефти являются прямыми поисковыми признаками месторождений углеводородов в регионе. Дополнительно они подтверждаются находками битумов в четвертичных отложениях Севастопольских бухт и современными процессами поступления пузырьков метана в прибрежной зоне шельфа. Повышенные содержания сероводорода, I, B и Br, а иногда CH₄ и NH₃ в воде скважин, пробуренных вблизи зон разломов, являются косвенными признаками их связи с нефтегазоносными залежами. Регион имеет сложное блоковое строение и находится на стыке Горного Крыма и Скифской плиты в узлах пересечения Предгорнокрымского с Криворожско-Скадовско-Евпаторийского разломами глубинного заложения. Зоны разломов сопровождаются линейными положительными и отрицательными магнитными, гравитационными аномалиями и характеризуются современным активным геодинамическим режимом. Узлы их пересечения являются трубами дегазации углеводородов из недр для формирования месторождений нефти и газа. Коллекторами месторождений являются известняки, толщи песчаников, конгломератов и туфов, а породами покровов для многоэтажных залежей углеводорода в регионе могут служить сланцы, мергели и глинистые отложения мезозоя и кайнозоя. Прямые признаки наличия газов углеводородов, нефти в гераклитах и в отложениях бухт Севастополя, а также данные исследования гидрогеологии, тектоники, литологического состава пород и геофизики региона указывают на высокую вероятность нахождения месторождений нефти и газа в Севастопольском регионе и прилегающей шельфе.

Ключевые слова: гераклиты, «hydrocarbon seeps-carbonate», метан, нефть, углеводородная дегазация, тектоника, гидрогеология, литология.

ВВЕДЕНИЕ

Поводом для начала проведения в 1864 г. на Керченском полуострове поисковых буровых работ на углеводородные полезные ископаемые, стали плёнки нефти и горючих газов в грязевых вулканах, а также наличие антиклинальных структур. Но не смотря на значительные объёмы бурения в этом регионе так и не были открыты

крупные месторождения нефти и газа, что связано с незначительной мощностью терригенных пород коллекторов. Во второй половине XX века поисковые работы сместились в Предгорный и Равнинный Крым. Положительным результатам бурения предшествовал «гидрогеологический прогноз Степного Крыма», выполненный А. И. Дзин-Литовским (1946 г.) [1]. За десятилетний период в Равнинном Крыму и на Тарханкуте в отложениях нижнего мела, палеоцена и олигоцена были открыты мелкие и средние месторождения нефти и газа. В результате проведения во второй половине XX века прогнозных работ по перспективам нефтегазоносности Крыма был сделан вывод, что территория Предгорного Крыма, Альминская впадина и Севастопольский регион относятся к площадям бесперспективным на поиски углеводородов [1, 2]. Такое заключение основывалось на отсутствии у них антиклинальных структур и наличии в разрезах нефтематеринских пород.

Новые данные о процессах углеводородной глубинной дегазации Земли ставят под сомнение биогенный генезис образования нефти и газа большинства месторождений [3, 4, 5, 6]. Абиогенная природа образования углеводородов требует иных подходов к поисковым работам и признакам нефтегазоносности [7, 8, 9]. Это требует переоценки геологических перспектив, ранее изученных регионов Крыма. Новыми критериями наличия месторождений нефти и газа являются следы процессов углеводородной дегазации недр, тектоническое строение региона и геодинамическая активность зон разломов [10, 11, 12]. Изученные автором гераклиты [13], в английской литературе получили название «карбонаты просачивания углеводородов» («hydrocarbon seeps-carbonate») [14, 15, 16, 17, 18, 19]. Они встречаются во всех океанах вблизи выходов газовых струй углеводородов, поэтому многие исследователи считают, что находки «карбонатов просачивания» являются признаком нахождения рядом на глубинах крупных месторождений нефти и газа [20, 21, 22]. Результаты наших работ по изучению гераклитов и новые данные геологии, позволяют пересмотреть перспективы находок углеводородов в Юго-западной части Крыма.

Целью данных исследований является анализ геологических, гидрологических и геофизических признаков для обоснования перспектив поисковых работ на нефть и газ на Гераклейском полуострове и прилегающим к нему шельфу.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНА

Одним из главных прямых признаков присутствия углеводородов в регионе является наличие терригенно-карбонатной толщи с включениями гераклитов (рис. 1). Их генезис связан с переработкой углеводородных флюидов сообществом метанотрофных и метаногенных прокариот, поэтому они относятся микробиолитам группы метанолитов [13]. Современными аналогами гераклитов являются аутигенные карбонатные бактериальные образования над выходами пузырьков метана, грязевыми вулканами и газогидратами на дне морей и океанов. В английской научной литературе такие образования «hydrocarbon seeps-carbonate» описаны на площадях крупных нефтегазоносных морских бассейнов (Северного моря,

Мексиканского, Калифорнийского и Персидского заливов, в бассейнах Конго и Амазонки и других местах) [22, 23, 24, 25, 26, 27].

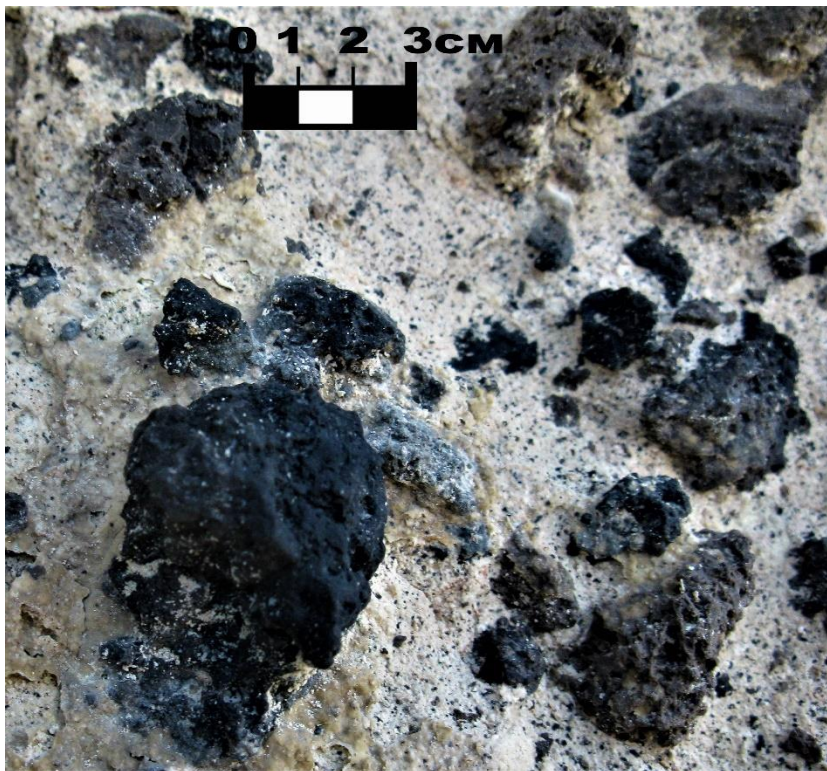


Рис. 1. Внешний вид гераклитов шлаковидного облика. пляж мыса Херсонес.

Гераклиты характеризуются своеобразным цветом, морфологией, текстурой, минеральным составом, геохимией, газонасыщенностью, пропиткой нефтепродуктами и содержанием обломочного материала макро и микрофауны [28]. При растворении их в кислоте на поверхности раствора образуется пленка легкой нефти, а на дне — черных тяжёлых битумов. Несмотря на их низкие концентрации, вещество характеризуется высоким нефтяным потенциалом, низкой степенью катагенеза и принадлежит к группе не окислённой лёгкой нефти (рис. 2) [28]. Подобные нефтепродукты встречаются у большинства современных «карбонатов просачивания» вблизи углеводородных сипов и грязевых вулканов [29, 30, 31].

Характерным свойством для гераклитов является высокая микро- и макропористость. Видимые пустоты занимают в некоторых образцах до 30% поверхности скола породы. Поры заполнены метаном (28,6–155,4 г/т), этаном (0,0–8,0 г/т), пропаном (0,0–4,5 г/т), углекислым газом (0,1–11,5 г/т), азотом (0,0–14,6 г/т) и сероводородом (0,0–4,5 г/т). Концентрация газа зависит от пористости и по данным масс-спектральных исследований (ИГГК НАН Украина г. Львов) составляет от 41,0 до 216,39 г/т (табл. 1). Можно выделить три типа газового

заполнителя в гераклитах: метановый, тяжелый углеводородный и азотно-метановый-углекислый. Во всех них преобладает метан, который является прямым поисковым признаком на нефть и газ, а азот и сероводород — косвенными.

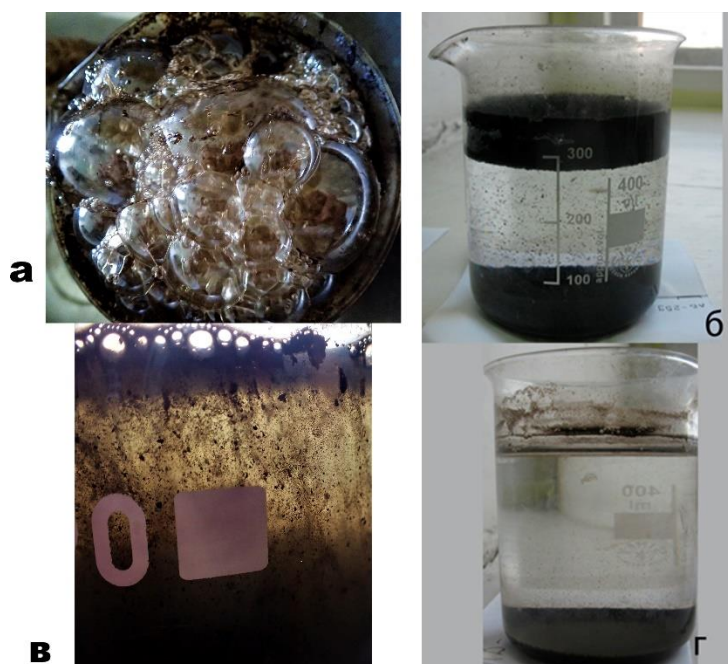


Рис. 2. Следы тяжёлой и лёгкой нефти при растворении карбонатного материала гераклитов в кислоте.

Состав газов из современных грязевых вулканов и зон струйного выделения в морях и океанах принципиально не отличается от состава флюидов из гераклитов, что является подтверждением их генетического родства [20, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38]. Данные анализов указывают на резкие колебания содержаний и непостоянный состав газовых флюидов палеодегазации в миоцене. В отдельные временные периоды в составе газов палеофлюидов преобладал метан или углекислый газ, или сероводород. Доказательствами глубинной природы палеодегазации в миоцене, по результатам изучения гераклитов, являются: минеральный состав; присутствие самородных металлов и интерметаллидов; наличие тяжелых углеводородов, углекислого газа, азота, сероводорода и не окисленных нефтепродуктов; изотопный состав углерода и серы; импульсный характер палеодегазации; значительный разброс содержаний и непостоянство состава флюидов; значительные объемы выбросов; связь с неотектоникой и сейсмическими процессами [13, 28]. Дополнительным доказательством абиогенной природы дегазации является отсутствие в миоценовой терригенно-карбонатной толще прослоев, обогащённых органикой для создания метана. На значительной части Гераклеийского полуострова породы с гераклитами залегают непосредственно на юрских вулканитах, мощность которых по данным геофизики — более двух километров [39].

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ
НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ
РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Таблица 1.

Состав газов в флюидах гераклитов по данным масс-спектрометрического
химического анализа

Номер образца	Место отбора	Название породы, минерала	Компоненты: объёмная доля, % / весовые концентрации, г/т пробы						Относительная ГазонасыщенностьΔР, Па	Суммарная весовая концентрация 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
ЛВ–990	Пляж Херсонес	Коричневые «Шлаковидные» Гераклиты	4,48 7,371	1,03 1,742	94,32 155,361	0,09 0,139	–	0,06 0,094	1,96	164,708
Л–К	Пляж Херсонес	Черно-Коричневый «Шлаковидный» Гераклит	0,62 0,011	–	99,21 111,333	0,17 0,003	–	–	1,46	111,344
Л–987/А	Мыс Хрустальный	Черный «Шлаковидный» Гераклит	2,83 0,130	–	96,4 52,000	–	–	0,77 0,05	0,53	52,135
ЛВ–988/А	Мыс Хрустальный	Коричневый «Шлаковидный» Гераклит	6,17 8,451	2,59 3,542	89,86 123,108	0,81 1,123	0,04 0,056	0,52 0,706	1,51	136,986
Л–987/Б	Мыс Хрустальный	Коричнево-Черный «Шлаковидный» Гераклит	1,24 0,104	–	94,31 211,836	3,91 0,660	0,54 0,026	–	2,13	216,390
ЛВ–988/Б	Мыс Хрустальный	Чёрные Микрометанолиты	3,38 6,301	5,13 9,551	87,71 163,352	3,06 5,691		0,72 1,346	1,62	186,241
Л–24/А	Мыс Солнечный	Черный «Шлаковидный» Гераклит	0,4 0,003	–	97,3 82,467	2,3 0,087	–	–	1,13	82,558
Л–24/Б	Мыс Солнечный	Серовато-Коричневый «Полосчатый» Гераклит	2,3 0,150	–	82,4 87,583	10,9 2,250	4,4 0,525	–	1,03	70,508
Л–986	Дикий пляж Омега	Черный «Полосчатый» Гераклит	7,56 7,433	4,88 4,802	81,79 80,468	3,29 3,244		1,32 1,301	1,12	98,376

Продолжение таблицы 1.

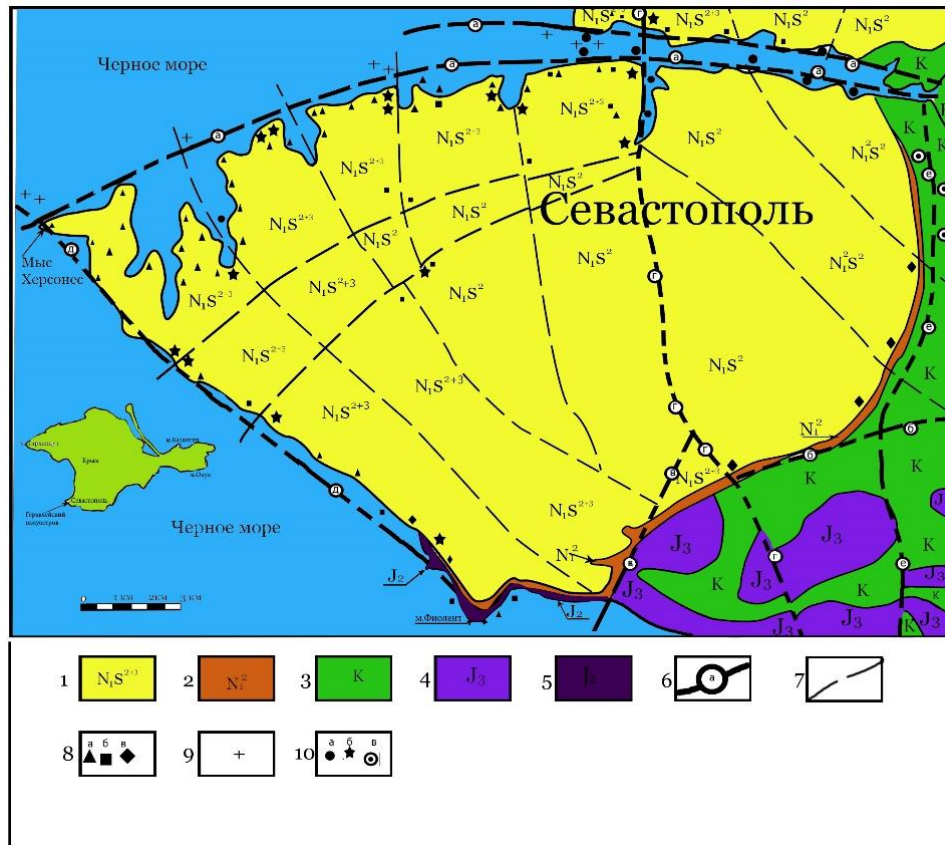
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-28/А	Мыс Херсонес	Черный Шлаковидный Гераклит	0,51 0,568	–	98,62 111,270	–	–	0,87 0,980	1,00	112,818
Л-28/Б	То же	Серовато-Коричневый Шлаковидный Гераклит	10,38 4,917	2,54 1,204	72,59 34,362	8,09 3,833	6,38 3,021	–	1,00	47,337
Л-997/А	Голубая бухта	Черный «Угловатый» Гераклит	7,12 4,08	–	91,70 52,605	–	–	1,28 0,688	0,87	57,367
Л-997/Б	Голубая бухта	Коричневый «Угловатый» Гераклит	4,71 2,590	–	72,52 39,976	14,5 7,993	8,32 4,575	–	0,97	55,125
Л-997/Д	Голубая бухта	Серый «Угловатый» Гераклит	1,35 0,599	–	98,7 40,864	–	–	–	0,44	41,422
ЛВ-50	Голубая бухта	Серовато-Черный «Угловатый» Гераклит	5,07 3,176	4,15 2,601	88,86 55,636	0,09 0,058		1,81 1,134	0,63	62,605
ЛВ-119	Голубая бухта	Серый «Угловатый» Гераклит	20,48 11,50	26,04 14,63	50,88 28,602			5,60 1,461	0,48	56,204

Примечание: масс-спектрометрический анализ (масс-спектрометр МСХ-3А) выполнен аналитиком Б. Е. Сахно, под руководством заведующего отделом геохимии глубинных флюидов ИГГГК НАН Украины д. г. н. И. М. Наумко.

Терригенно-карбонатные толщи с гераклитами встречаются в линейных зонах разломов и их сочленениях. По результатам картирования береговых обрывов и уступов, а также по данным бурения их общая протяженность достигает около пятидесяти километров. В некоторых береговых уступах насчитывается до 17 прослоев с включениями гераклитов (рис. 3). Они встречаются в породах чокракского, караганского, среднесарматского и верхнесарматского ярусов (рис. 4) [28]. Масштабы выбросов, которые происходили за этот девятимиллионный период, свидетельствуют об интенсивности процессов углеводородной палеодегазации в Севастопольском регионе. Необходимо отметить, что на Тарханкутском полуострове и побережье Болгарии породы с гераклитами встречаются вблизи месторождений нефти и газа, открытых во второй половине XX века [28].



Рис. 3. Расположение горизонтов пород с гераклитами в геологическом разрезе (породы с гераклитами указаны стрелками). Обрывы Автобата западной части Гераклейского полуострова.



Условные обозначения:

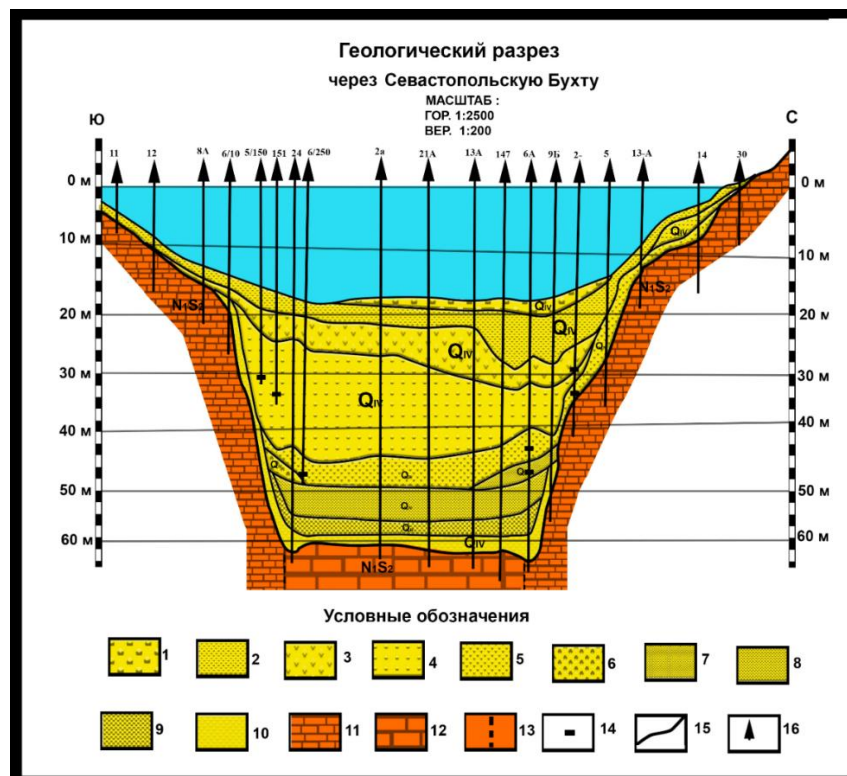
1 — Неоген (N_1S^{2+3}) (средний и верхний сарматские ярусы): известняки, мергели, глины и песчаники; 2 — Неоген (N_1S^2) (средний миоцен: чокракский, караганский и конкский ярусы): известняки, мергели, кварцевые песчаники и конгломераты; 3 — Мел (K): мергели, туфы, туфопесчаники, алевролиты, аргиллиты и глины; 4 — Верхняя юра (J_3): известняк, песчаники, гравелиты и конгломераты; 5 — Средняя юра (J_2). Карадагская свита. Лавы и туфы натриевых базальтов и андезито-базальтов; 6 — глубинные разломы сопровождающие Предгорнокрымскую (а — Севастопольский; б — Бечку-Карагачский; в — Мраморной балки) и Криворожско-Скадовско-Евпаторийскую (г — Сарандинакинский, д — Херсонесский, е — Балаклава-Хмельницкий) тектонические зоны; 7 — разрывные нарушения; 8 — места находок гераклитов в породах: а — верхнего сармата; б — среднего сармата; в — среднего миоцена; 9 — Точки современной дегазации в прибрежной части Севастополя; 10 — Буровые скважины: а — вскрывшие прослои с нефтепродуктами в плиоценовых отложениях; б — с водой, содержащей сероводород; в — с водой, содержащей метан и сероводород).

Рис. 4. Схематическая геологическая карта поверхности Гераклейского полуострова с местами находок метанолитов миоцена (гераклитов).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

В морских четвертичных отложениях Северной, Южной и Стрелецкой бухтах Севастополя выявлены несколько прослоев, обогащённые битумным веществом. В разрезе они отделены друг от друга глинистым горизонтом мощностью 12–20 метров (рис. 5). Обычно, это линзовидные прослой глинистых алевролитов или песчаников, пропитанные нефтью, мощностью от 0,05 до 0,3 м. По данным бурения протяженность этих прерывистых линз составляет 50,0–100,0 м. Они приурочены к бортам бухт и часто прерываются в их центральной части (рис. 4, 5). Серо-черные вязкие пластичные глины, перекрывающие и подстилающие отложения с нефтепродуктами, имеют много общего с материалом выбросов грязевых вулканов. В некоторых прослоях, обогащенных битумным веществом, встречаются растительные остатки. Возраст этой древесной растительности, определённый радиоуглеродным методом, составляет восемь тысяч лет [40]. Можно предположить, что в это время на территории бухт были континентальные условия с проявлением активного грязевого вулканизма. Таких периодов активизации вулканизма было несколько. Центры грязевого вулканизма приурочены к региональным разломам, геодинамическая активность которых продолжается и в наши дни [41]. Дополнительно необходимо отметить, что в скальных уступах бортов этих бухт встречаются многочисленные прослой с гераклитами (рис. 4).

Современные струйные потоки газовых пузырьков на внешнем рейде Северной бухты впервые были зафиксированы в 1992 году НИС «Профессор Водяницкий» в ходе проведения гидроакустических наблюдений [42]. В 2006 году детальные работы с использованием эхолота SeaCharter 480 DF подтвердили места струйного выделения газа прошлых лет, а также были обнаружены десятки новых площадок дегазации (рис. 4). Они «располагались вдоль геодинамических нарушений на продолжении Северной бухты» [43]. Изучение газовых струй проводилось дистанционными геофизическими методами, детальные работы по опробованию проводились на площадке около радиобиологического корпуса ИнБЮМ НАНУ. Здесь на площади 25 м² периодически выделялись пузырьки газа. Газ представлен метаном (от 30 до 97%), азотом (от 10 до 20%), углекислым газом (от 5 до 10%), а также кислородом и сероводородом [44]. Некоторые исследователи считают, что этот газ имеет биогенный генезис [44]. Но такой трактовке противоречат следующие факты: периодичность; непостоянство состава газа; присутствие сероводорода и азота; импульсный характер выделения пузырьков газа и нахождение выходов над разломом [44]. Эти факты находят логичное объяснение с позиции глубинного происхождения струйных процессов дегазации. Современные выходы пузырьков газа и нефти в отложениях бухт находятся вблизи обрывов пород с гераклитами, что подтверждает значительный временной интервал прерывистых глубинных процессов углеводородной дегазации в бухтах Гераклеяского полуострова и на его шельфе с миоцена до наших дней (рис. 4). Поступления углеводородов из недр на поверхность связаны с периодами неотектонического поднятия Горного Крыма, которые сопровождалось растяжением земной коры. Эти процессы имели периодичность. В значительные временные стадии сжатия осадочной толщи региона, в ней происходило формирование нефти и газа.



Условные обозначения:

1 — темно-серый песчанистый глинистый ил с прослоями гравелитов и галечников на глинистом цементе; 2 — серый песок на глинистом цементе с включениями гальки и битой ракушки; 3 — зеленовато-серый песчанистый ил с включением прослоев ракуши, песчаников с битумным веществом и линз плотной чёрной глины; 4 — темно-серый глинистый ил с прослоями глинистого песка и ракуши; 5 — серовато-чёрная плотная глина с прослоями торфа с битумным веществом; 6 — серый глинистый суглинок с прослоями чёрной глины и микролинз глинистого песчаника с примесью растительных остатков и битумов; 7 — серая глина с прослоями глинистых песчаников и галечников; 8 — серые гравелиты и галечники на песчано-глинистом цементе; 9 — буро-коричневый суглинок с прослоями песка, гальки и гравия; 10 — серый галечник юрских известняков на песчано-глинистом цементе; 11 — светло-жёлтый органогенный известняк с прослоями глины, мергелей и конгломератов (N1S2); 12 — светло-серый известняк с прослоями мергеля и песчаника (N1S2); 13 — предполагаемые тектонические нарушения; 14 — прослой глинистых песчаников пропитанных битумами; 15 — литологические границы; 16 — скважины).

Рис. 5. Геологический разрез через западную часть Севастопольской бухты.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Во время ялтинского землетрясения 1927 года были описаны огненные вспышки в акватории Черного моря к северу и западу от Гераклейского полуострова [45, 46]. Было зафиксировано 8 выбросов, которые сопровождались световыми эффектами и иногда запахом сероводорода. Они наблюдались через небольшой временной интервал после главных толчков. Продолжительность вспышек 1,0–1,5 минуты. Высота огненных пожаров достигала 500 метров, а протяженность до 2 км [45]. Предположительно, это были мгновенные выбросы метана, водорода и сероводорода, которые наблюдались при извержении грязевых вулканов Керченского полуострова. Материал выбросов газов таких извержений, сравним с объемом небольших месторождений.

Гидрогеологические признаки нефтегазоносности региона подтверждаются данными обследования более сотни гидрогеологических скважин, пробуренных в Юго-западной части Крыма. В начале XX века выбросы метана отмечались в некоторых скважинах, пробуренных в долине реки Чёрная. Похожие результаты были получены при бурении скважины в зоне глубинного Сарандинакинского разлома на средне миоценовый водоносный горизонт. В интервале 160–183 м. были встречены газированные воды. Газ представлен: метаном — 57%; азотом — 14,8%; углекислый газом — 18%; аммиаком — 0,2% и сероводородом — 4,2% [28]. Многие скважины региона были пробурены в зоне тектонических нарушений, где отмечается значительная водоотдача из-за повышенной трещиноватости пород. Возможно поэтому, вода из них характеризуется высоким содержанием сероводорода и низким содержанием сульфатов. Кроме этого, в некоторых скважинах в воде содержатся высокие концентрации I, В и Вг, а иногда CH_4 и NH_3 . Это косвенные признаки связи подземных вод с нефтегазоносными залежами и современной глубинной дегазацией недр [28].

В настоящее время имеются многочисленные факты взаимосвязи углеродной дегазации с крупными разломами и блоковым строением осадочной толщи [3, 5, 12]. Севастопольский регион, как и многие нефтегазоносные провинции мира, имеет сложное блоковое строение и находится на стыке Горного Крыма и Скифской плиты. Границей раздела между ними является глубинный Предгорнокрымский разлом [48, 49]. Мощность этой тектонической структуры по отдельным профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) составляет 10–35 км. Она имеет сложное блоковое строение и включает в себя Бечку-Карагачский, Севастопольский, Бельбекский, Качинский и Альминский коровые близповерхностные нарушения. Зона глубинного Предгорнокрымского разлома имеет трапецевидное строение с расширением к поверхности и наклоном на север [49, 50]. В ней по данным ГСЗ происходит изменение положения всех сейсмических границ и нарушение поверхности Мохоровичича [51]. Здесь наблюдаются многочисленные наклонные, вертикальные и горизонтальные слои пород с пониженной аномальной плотностью. Возможно, их разуплотнение связано с тектоникой и гидротермальными процессами глубинной дегазации недр. В зоне разлома со стороны Скифской платформы наблюдается поднятие на несколько километров поверхности Мохоровичича, уменьшение мощности базальтового слоя и увеличение мощности осадочного [51, 52].

Значительное усложнение тектоники западной части Гераклеийского полуострова связано с южным продолжением меридионального Криворожско-Скадовско-Евпаторийского разлома глубинного заложения, который возможно ограничивает с запада Горный Крым [51, 52, 53]. Он представляет собой протерозойский линеамент, который прослеживается через самые различные геологические структуры (Украинский щит, Днепровско-Донецкую и Причерноморскую впадины, Скифскую плиту, Горный Крым и возможно, впадину Чёрного моря) [49, 52]. По результатам глубинного сейсмического зондирования зона разлома имеет мощность 10–15 км. Она хорошо картируется по полосовым магнитным и гравитационным аномалиям. Время образования этого крупного линеамента — ранний протерозой, но в кайнозой и мезозой он продолжает оказывать влияние на геотектонический режим, характер осадконакопления и процессы дегазации [52]. В Севастопольском регионе с глубинным Криворожско-Скадовско-Евпаторийским разломом предположительно связаны меридиональные Сарандинакинское и Херсонесское приповерхностные коровые нарушения (рис. 4). Они сопровождаются линейными положительными и отрицательными магнитными, гравитационными аномалиями, а также разделяют регион на крупные тектонические блоки с различным геодинамическим режимом и характером седиментации [54, 55]. На современную геодинамическую активность Херсонесского разлома указывают сопровождающие его многочисленные оползни, обвалы и абразионный характер пляжной зоны в береговом обрыве. К зоне пересечения Севастопольского и Херсонесского разломов приурочены современные гипоцентры землетрясений [41]. Возможно, современные выходы газов в акватории Севастопольской бухты связаны с участком пересечения зон глубинных разломов Криворожско-Скадовско-Евпаторийского с Предгорнокрымским. Такие узлы зон могут являться трубами дегазации углеводородов из недр для формирования месторождений нефти и газа [5, 7, 11].

Немаловажную роль для прогноза нефтегазоносных месторождений играет литология пород коллекторов покрышек, формирование которых происходило в период высокоамплитудных тектонических движений мезозоя и кайнозоя. В этих условиях образуется пестрый комплекс терригенных пород, часто разделенных между собой стратиграфическими несогласиями и следами размыва. Хорошими коллекторами являются рифовые массивы известняков верхней юры и нижнего мела, многочисленные толщи песчаников и конгломератов нижнего мела, туфы верхнего альба [56], а также коры выветривания по магматическим породам Фиолента [57]. Породами покрышек для многоэтажных залежей углеводорода в нашем регионе являются сланцы средней юры, флишевые отложения среднего титона, глины апта и альба, мергели верхнего мела и глины миоцена, верхнего плиоцена. Такой комплекс пород подтверждают данные бурения и результаты драгирования материкового склона Черного моря [29].

К зонам Севастопольского и Бучку-Карагачскому разломам приурочены аномалии теплового потока, ореолы ртути и гипоцентры землетрясений, которые свидетельствуют об их современной активности, [55, 58]. Многочисленные прерывистые магнитные аномалии интенсивностью 200–400 гамм вблизи разрывных

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

нарушений являются косвенными признаками присутствия углеводородов на больших глубинах в регионе [39, 59].

ВЫВОДЫ

Прямые признаки наличия газов углеводородов, нефти в гераклитах и в отложениях бухт Севастополя, а также данные исследования гидрогеологии, тектоники, литологического состава пород и геофизики региона, позволяют сделать вывод о высокой вероятности нахождения уникальных полиэтажных месторождений нефти и газа на Гераклейском полуострове и прилегающему к нему шельфу.

Список литературы

1. Дикенштейн Г. Х., Безносос В. Н., Голубничная Л. М. и др. Геология и нефтегазоносность Степного и Предгорного Крыма. М.: Гостоптехиздат, 1958. 148 с.
2. Гордиевич В. А. и др. Гидрогеология Крыма и перспективы его нефтегазоносности. К.: АН СССР, 1963. 149 с.
3. Кропоткин П. Н., Валяев Б. М. Глубинные разломы и дегазация Земли // Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979. С. 257–267.
4. Краюшкин В. А. Абиогенно-мантийный генезис нефти. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.
5. Севостьянов К.М. Происхождение нефти и газа в промышленных масштабах в земной коре. М: Советский Спорт, 1999. 91 с.
6. Тимурзиев А.И. К созданию новой парадигмы нефтегазовой геологии на основе глубиннофильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазонакопления // Геофизика. 2007. № 4. С.49–60.
7. Багдасарова М. В. Современные гидротермальные системы и их связь с формированием месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: Наука, 2000. С. 100–115.
8. Тимурзиев А. И. Современное состояние теории происхождения и практики поисков нефти: тезисы к созданию научной теории прогнозирования и поисков глубинной нефти. Часть 1 // Горные ведомости. 2013. № 6 (109). С. 6–19.
9. Тимурзиев А. И. Современное состояние теории происхождения и практики поисков нефти: тезисы к созданию научной теории прогнозирования и поисков глубинной нефти. Часть 2 // Горные ведомости. 2013. № 7 (110). С. 6–19.
10. Летников Ф. А., Заечковский Н. А., Летникова А. Ф. К вопросу о геохимической специализации глубинных высокоуглеродистых систем // ДАН России. 2010. Т. 433. № 3. С. 374–377.
11. Валяев Б. Н. Углеводородная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа // Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2011. С. 10–32.
12. Тимурзиев А. И. Обоснование структурных признаков растяжения и проницаемости земной коры на основе изучения геомеханических условий деформации горных пород в зонах сдвига // Горные ведомости. 2012. № 9 (100). С. 16–49.
13. Лысенко В. И., Садыков С. А., Азовскова О. Б., Михайличенко Т. В. Условия образования микробиолитов миоцена по результатам изучения геохимии и изотопного состава гераклитов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Том 5. № 1. С. 204–216.
14. Hathaway J. C., Degens E. I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age. Science. 1968. Vol. 165. pp. 690–692.
15. Bernard B. B., Brooks J. Al., Sackett w M. Natural gas seepage in the Gulf of Mexico. Earth Planetary Science Letters. 1976. Vol. 31. pp. 48–54.
16. Matsumoto R. Vuggy carbonate crust formed by hydrocarbon seepage on the continental shelf of Baffin islands, North-east Canada. Geochemical Journal. 1990. Vol. 24. pp. 143–158.

17. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction. *Geo-Marine Letters*. 1994. pp. 14.
18. Greinert J., Bohrmann G., Suess E. Gas hydrate-associated carbonates and methane-venting at Hydrate Ridge: Classification, distribution and origin of authigenic lithologies // Paull C K, Dillon W P, eds. *Natural Gas Hydrates: Occurrence, Distribution and Detection*. Washington DC: Am Geophys Union, 2001. pp. 99–113.
19. Hinrichs K.U., Boetius A. The anaerobic oxidation of methane: new insights in microbial ecology and biogeochemistry. *Springer*. 2002. pp. 457–477.
20. Anderson A. L., Bryant W. R. Gassy sediment occurrence and properties: Northern Gulf of Mexico. *Geo-Marine Letters*. 1990. Vol. 10. pp. 209–220.
21. Bange H. W., Bartell U. H., Rapsomanikis S., Andreae M. O. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane. *Global biogeochemical cycles*. 1994. Vol. 4. pp. 465–480.
22. Feng D., Chen D. F., Peckmann J., Bohrmann G. Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism. *Marine Petroleum Geology*. 2010. V. 27. P. 748–756.
23. Dando P. R., Austen M. C., Burke J. Ecology of a North Sea pockmark with an active methane seep. *Marine Ecology Progress Series*. 1991. Vol. 70. pp. 49–63.
24. Von Rad U., Rosch H., Berner H. et al. Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism of Pakistan. *Marine Geology*. 1996. Vol. 136. pp. 55–77.
25. Aharon P. Microbial processes and products fueled by Hydrocarbons at submarine seeps. *Microbial sediments*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2000. pp. 270–281.
26. Chen D. F., Huang Y. Y., Yuan X. L., Cathles III L. M. Seep carbonates and preserved methane oxidizing archaea and sulfate reducing bacteria fossils suggest recent gas venting on the seafloor in the Northeastern South China Sea // *Marine and Petroleum Geology*. 2005. Vol. 22. pp. 613–621.
27. Сокур О. Н., Омельчук А. В. Донные карбонатные постройки — объекты для поисков углеводородного сырья // *Геологический журнал*. 2019. № 2 (367). С. 38–48.
28. Лысенко В. И. Данные изучения газового состава флюидов палеодегазации недр неогена в Восточной части Паратетиса (Юго-западный Крым) // *Глубинная нефть*. 2013. Том 1. № 5. С. 638–647.
29. Шнюков Е. Ф., Щербаков Е. Е., Шнюкова Е. Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. Киев: Чернобильінтерінформ, 1997. 287 с.
30. Mansour A., Sassen R. Mineralogical and stable isotopic characterization of authigenic carbonate from a hydrocarbon seep site, Gulf of Mexico slope: possible relation to crude oil degradation. *Marine Geology*. 2011. Vol. 281. pp. 59–69.
31. Smrzka D., Zwicker J., Misch D., Walkner C., Gier S., Monien P., Bohrmann G., Peckmann J. Oil seepage and carbonate formation: a case study from the southern Gulf of Mexico. *Sedimentology*. 2019. Vol. 66. pp. 2318–2353.
32. Лукашук А. И. Газы керченских сопок. Минеральный источник. Аджису. Результаты анализов // *Природные газы СССР*. 1933. Вып. 13. С. 11–18.
33. Лущик А. В., Морозов В. И., Палин В. П. и др. Особенности формирования подземных вод в западной части Равнинного Крыма (на примере района бухты Очеретай) // *Геологический журнал*. 1985. Т. 45. № 3. С. 101–107.
34. Войтов Г. И. О химических и изотопно-углеродных нестабильностях грифонных газов грязевых вулканов (на примере Южно-Каспийской и Таманской грязевулканической провинций) // *Геохимия*. 2001. № 4. С. 422–433.
35. Blinova V., Stadnitskaia A. Composition and origin of the hydrocarbon gases from Gulf of Cadiz mud volcanic area. *Geological processes on Deep-Water European Margins, 10th Anniversary Training through Research Post-cruise meeting*. 2001. pp. 19–20.
36. Лейн А. Ю. Потоки метана из холодных метановых сипов Черного и Норвежского морей: количественные оценки // *Геохимия*. 2005. № 4. С. 438–453.
37. Шнюков Е. Ф., Шереметьев В. М., Маслаков Н. А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2005. 176 с.
38. Baciuc C., Caracausi A., Etiope G., Italiano F. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*. 2007. Vol. 50. no. 4. pp. 501–512.
39. Мирлин Е. Г., Мелихов В. Р., Михайлов О. В. и др. О природе магнитных аномалий в Черноморско-впадине // *Известия АН СССР. Серия геологическая*. 1972. № 9. С. 35–43.

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ
НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ
РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)**

40. Малахова Т. В., Малахова Л. В., Иванов В. Е. и др. Метан в осадочной толще севавтопольской бухты (Чёрное море) // Метан в морских экосистемах. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2014. С. 90–91.
41. Пустовитенко Б. Г., Мерзей Е. А. К прогнозу ожидаемых сейсмических воздействий от сильных землетрясений Крыма // Доповіді Національної академії наук України. 2014. № 5. С. 102–109.
42. Шнюков Е. Ф., Митин Л. И., Клещенко С. А. и др. Зона акустических аномалий в Черном море близ Севастополя // Геологический журнал. 1993. № 4. С. 62–67.
43. Єремєєв В. М., Єгоров В. М., Полікарпов Г. Г. Нові струминні метанові газові виділення із дна моря в акваторії Севастополя // Вісник НАН України. 2007. №4. С. 47–50
44. Егоров В. Н., Артемов Ю. Г., Гулин С. Б. Метановые сипы в Черном море средообразующая и экологическая роль. Севастополь: Гидрофизика, 2011. 405 с.
45. Двойченко П. А. Черноморское землетрясение 1927 г. в Крыму // Природа. 1928. № 6. С. 523–542.
46. Никонов А. А. Крымские землетрясения 1927 года. Неизвестные явления на море // Природа. 2002. № 9. С. 13–20.
47. Тимурзиев Ф. И., Шумейкин А. С. Прогнозирование нефтегазоносности недр и методика поисков месторождений на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Геология, геофизика и разработка нефтегазовых месторождений. 2010. № 9. С. 22–29.
48. Лебедев Т. С., Болюбак К. А. Строение земной коры Горного Крыма и впадины Чёрного моря по данным гравиметрических исследований // Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966. С. 147–155.
49. Соллогуб Н. В. Структура земной коры Горного Крыма по данным ГСЗ // Геофизический сборник. 1977. Вып. 77. С. 24–30.
50. Бурьянов В. Б., Павленкова Н. И. О строении земной коры Горного Крыма // Советская геология. 1971. № 7. С. 112–119.
51. Чекунов А. В. Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. К.: Наукова думка, 1972. 175 с.
52. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В. Результаты глубинного сейсмического зондирования // Строение земной коры Центральной и Юго-Восточной Европы. К.: Наукова думка, 1971. С. 116–182.
53. Авдулов М. В. Строение земной коры Кавказа и Крыма по результатам геофизических исследований // Геотектоника. М.: Наука, 1970. С. 119–123.
54. Углов Б. Д., Осипов Г. В., Маловицкий Я. П. Гидромагнитная съёмка (Западной части Черноморской впадины) // Строение западной части Черноморской впадины. Верхняя мантия. 1972. № 10. С. 191–196.
55. Кутас Р. И. Геотермические условия зон газовыделения и грязевого вулканизма в Черном море // Геология морей и океанов. 2007. Т. 4. С. 108–110.
56. Лысенко В. И. Геологическая история развития мелового вулканизма в Юго-западном Крыму по результатам изучения терригенно-вулканогенной толщи верхнего альба Балаклавской котловины // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. №1. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geologicheskaya-istoriya-razvitiya-melovogo-vulkanizma-v-yugo-zapadnom-krymu-po-rezultatam-izucheniya-terrigenno-vulkanogennoy-tolschi>.
57. Шнюков Е. Ф., Лысенко В. И., Кутний В. А., Шнюкова Е. Е. Золото-серебряная и сульфидная минерализация в породах Гераклеийского плато (Крым) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2008. № 2. С. 68–86.
58. Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. 1974. Т. 2. С. 113–125.
59. Becker J.R. Relation between local magnetic disturbances and a genesis of petroleum. U.S. Geol. Curv. Bull. 1909. no. 401. 403 p.

**GEOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL SIGNS OF OIL
AND GAS DEPOSITS IN THE SEVASTOPOL REGION AND THE ADJACENT
SHELF (SOUTHWESTERN CRIMEA)**

Lysenko V. I.

Moscow State University M. V. Lomonosov Moscow State University Branch in Sevastopol, Russian Federation

E-mail: niagara_sev@mail.ru

The relevance of the work lies in the substantiation of new criteria for determining places in the South-Western part of the Crimea for the search for oil and gas fields. Previously, this territory was considered unpromising.

The aim of the work was to analyze the geological, hydrological and geophysical signs of prospecting for oil and gas in the Sevastopol region, taking into account the new paradigm of the deep genesis of hydrocarbons.

The contents of methane, ethane, propane and traces of oil found in heraclites (“hydrocarbon seeps-carbonate”) are direct exploratory signs of hydrocarbon deposits in the region. These signs are additionally confirmed by the finds of bitumen in the Quaternary sediments of the bays of Sevastopol and the modern processes of the influx of methane bubbles in the coastal zone of the shelf. The processes of hydrocarbon supply from the subsoil have a significant time interval from the Miocene to the present day.

The increased contents of hydrogen sulfide, I, B and Br, and sometimes CH₄ and NH₃ in the water of wells drilled near fault zones are indirect signs of their connection with oil and gas deposits.

The region has a complex block structure and is located at the junction of the Mountainous Crimea and the Scythian plate at the intersection nodes of the Predgornokrymsky with the Krivoy Rog-Skadovsko-Evpatoria deep-seated faults. The fault zones are accompanied by linear positive and negative magnetic and gravitational anomalies and are characterized by a modern active geodynamic regime. The nodes of their intersection are pipes for degassing hydrocarbons from the bowels for the formation of oil and gas fields.

The reservoirs of the deposits are limestones, strata of sandstones, conglomerates, tuffs, and weathering crust over the igneous rocks of Fiolent, while shale, marl, clayey and flysch deposits of the Mesozoic and Cenozoic can serve as cap rocks for multi-storey hydrocarbon deposits in the region.

Keywords: heraclites, «hydrocarbon seeps-carbonate», methane, oil, hydrocarbon degassing, tectonics, hydrogeology, lithology.

References

1. Dikenshtejn G. X., Beznosov V. N., Golubnichnaya L. M. i dr. *Geologiya i neftegazonosnost' Stepnogo i Predgornogo Kryma* (Geology and oil and gas potential of the Steppe and Foothill Crimea). Moscow: Gostoptexizdat (Publ.), 1958, 148 p. (in Russian).
2. Gordievich V. A. i dr. *Gidrogeologiya Kryma i perspektivy ego neftegazonostnosti* (Hydrogeology of the Crimea and prospects of its oil and gas potential). Kiev: AN SSSR (Publ.), 1963, 149 p. (in Russian).

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ
НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ
РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)**

3. Kropotkin P. N., Valyaev B. M. Glubinnye razlomy i degazaciya Zemli (Deep faults and degassing of the Earth). Tektonicheskoe razvitie zemnoj kory i razlomy. Moscow: Nauka (Publ.), 1979, pp. 257–267. (in Russian).
4. Krayushkin V. A. Abiogenno-mantijnyj genezis nefti (Abiogenic-mantle genesis of oil). Kiev: Naukova dumka (Publ.), 1984, 176 p. (in Russian).
5. Sevost'yanov K. M. Proisxozhdenie nefti i gaza v promyshlennyykh masshtabax v zemnoj kore (The origin of oil and gas on an industrial scale in the Earth's crust). Moscow: Sovetskij Sport (Publ.), 1999, 91 p. (in Russian).
6. Timurziev A. I. K sozdaniyu novoj paradigmy neftegazovoj geologii na osnove glubinnofiltracionnoj modeli neftegazooobrazovaniya i neftegazonakopleniya (To create a new paradigm of oil and gas geology based on the deep-filtration model of oil and gas formation and oil and gas accumulation). Geofizika, 2007, no 4, pp. 49–60. (in Russian).
7. Bagdasarova M. V. Sovremennyye gidrotermal'nye sistemy i ix svyaz' s formirovaniem mestorozhdenij nefti i gaza (Modern hydrothermal systems and their connection with the formation of oil and gas fields). Fundamental'nyj bazis novyx tekhnologij neftyanoy i gazovoj promyshlennosti. Moscow: Nauka (Publ.), 2000, pp. 100–115. (in Russian).
8. Timurziev A. I. Sovremennoe sostoyanie teorii proisxozhdeniya i praktiki poiskov nefti: tezisy k sozdaniyu nauchnoj teorii prognozirovaniya i poiskov glubinnoj nefti. Chast' 1 (The current state of the theory of the origin and practice of oil prospecting: theses for the creation of a scientific theory of forecasting and deep oil prospecting. Part 1). Gornye vedomosti, 2013, no 6 (109), pp. 6–19. (in Russian).
9. Timurziev A. I. Sovremennoe sostoyanie teorii proisxozhdeniya i praktiki poiskov nefti: tezisy k sozdaniyu nauchnoj teorii prognozirovaniya i poiskov glubinnoj nefti. Chast' 2 (The current state of the theory of the origin and practice of oil prospecting: theses for the creation of a scientific theory of forecasting and deep oil prospecting. Part 2). Gornye vedomosti, 2013, no 7 (110), pp. 6–19. (in Russian).
10. Letnikov F. A., Zaechkovskij N. A., Letnikova A. F. K voprosu o geoximicheskoy specializacii glubinnykh vysokouglerodistykh sistem (On the question of geochemical specialization of deep high-carbon systems). DAN Rossii, 2010, Vol. 433, no 3, pp. 374–377. (in Russian).
11. Valyaev B. N. Uglevodorodnaya degazaciya Zemli, geotektonika i proisxozhdenie nefti i gaza. Degazaciya Zemli i genezis uglevodorodnykh flyuidov i mestorozhdenij (Hydrocarbon degassing of the Earth, geotectonics and the origin of oil and gas). Moscow: GEOS (Publ.), 2011, pp. 10–32. (in Russian).
12. Timurziev A. I. Obosnovanie strukturnykh priznakov rastyazheniya i pronicaemosti zemnoj kory na osnove izucheniya geomexanicheskix uslovij deformacii gornyx porod v zonax sdviga (Substantiation of structural signs of stretching and permeability of the Earth's crust based on the study of geomechanical conditions of deformation of rocks in shear zones). Gornye vedomosti, 2012, no 9 (100), pp. 16–49. (in Russian).
13. Lysenko V. I., Sadykov S. A., Azovskova O. B., Mixajlichenko T. V. Usloviya obrazovaniya mikrobiolitov miocena po rezul'tatam izucheniya geoximii i izotopnogo sostava geraklitov (Conditions for the formation of Miocene microbiolites based on the results of studying the geochemistry and isotopic composition of heraclites). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2019, Vol. 5, no 1, pp. 204–216. (in Russian).
14. Hathaway J. C., Degens E. I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age. Science, 1968, Vol. 165, pp. 690–692.
15. Bernard B. B., Brooks J. A., Sackett W. M. Natural gas seepage in the Gulf of Mexico. Earth Planetary Science Letters, 1976, Vol. 31, pp. 48–54.
16. Matsumoto R. Vuggy carbonate crust formed by hydrocarbon seepage on the continental shelf of Baffin islands, North-east Canada. Geochemical Journal, 1990, Vol. 24, pp. 143–158. (in English).
17. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction. Geo-Marine Letters, 1994, pp. 14.
18. Greinert J., Bohrmann G., Suess E. Gas hydrate-associated carbonates and methane-venting at Hydrate Ridge: Classification, distribution and origin of authigenic lithologies. Paull C K, Dillon W P, eds. Natural Gas Hydrates: Occurrence, Distribution and Detection. Washington DC: Am Geophys Union, 2001, pp. 99–113.
19. Hinrichs K. U., Boetius A. The anaerobic oxidation of methane: new insights in microbial ecology and biogeochemistry. Springer, 2002, pp. 457–477.

20. Anderson A. L., Bryant W. R. Gassy sediment occurrence and properties: Northern Gulf of Mexico. *Geo-Marine Letters*, 1990, Vol. 10, pp. 209–220.
21. Bange H. W., Bartell U. H., Rapsomanikis S., Andreae M.O. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane. *Global biogeochemical cycles*, 1994, Vol. 4, pp. 465–480.
22. Feng D., Chen D.F., Peckmann J., Bohrmann G. Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism. *Marine Petroleum Geology*, 2010, V. 27, pp. 748–756.
23. Dando P. R., Austen M. C., Burke J. Ecology of a North Sea pockmark with an active methane seep. *Marine Ecology Progress Series*, 1991, Vol. 70, pp. 49–63.
24. Von Rad U., Rosch H., Berner H. et al. Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism of Pakistan. *Marine Geology*, 1996, Vol. 136, pp. 55–77.
25. Aharon P. Microbial processes and products fueled by Hydrocarbons at submarine seeps. *Microbial sediments*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2000, pp. 270–281.
26. Chen D. F., Huang Y. Y., Yuan X. L., Cathles III L. M. Seep carbonates and preserved methane oxidizing archaea and sulfate reducing bacteria fossils suggest recent gas venting on the seafloor in the Northeastern South China Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 2005, Vol. 22, pp. 613–621.
27. Sokur O.N., Omel'chuk A.V. Donnye karbonatnye postrojki — ob"ekty dlya poiskov uglevodorodnogo syr'ya. *Geologicheskij zhurnal* (Bottom carbonate buildings — objects for the search for hydrocarbon raw materials). 2019, no 2 (367), pp. 38–48. (in Russian).
28. Lysenko V. I. Dannye izucheniya gazovogo sostava flyuidov paleodegazacii nebr neogena v Vostochnoj chasti Paratetisa (Yugo-zapadnyj Krym) (Data on the study of the gas composition of Neogene subsurface paleodegasation fluids in the Eastern part of Paratetis (South-Western Crimea)). *Glubinnaya neft'*, 2013, Vol. 1, no 5, pp. 638–647. (in Russian).
29. Shnyukov E. F., Shherbakov E. E., Shnyukova E. E. Paleostrovnaya duga severa Chernogo moray (Paleostrovnaya arc of the north of the Black Sea). *Kiev: Chornobil'interinform* (Publ.), 1997, 287 p. (in Russian).
30. Mansour A., Sassen R. Mineralogical and stable isotopic characterization of authigenic carbonate from a hydrocarbon seep site, Gulf of Mexico slope: possible relation to crude oil degradation. *Marine Geology*, 2011, Vol. 281, pp. 59–69.
31. Smrzka D., Zwicker J., Misch D., Walkner C., Gier S., Monien P., Bohrmann G., Peckmann J. Oil seepage and carbonate formation: a case study from the southern Gulf of Mexico. *Sedimentology*, 2019, Vol. 66, pp. 2318–2353.
32. Lukashuk A.I. Gazy kerchenskix sopok. *Mineral'nyj istochnik. Adzhi-Su. Rezul'taty analizov* (Gases of the Kerch hills. Mineral spring. Aji-su. Results of analyses). *Prirodnye gazy SSSR*, 1933, Vol. 13, pp. 11–18. (in Russian).
33. Lushhik A. V., Morozov V. I., Palin V. P. i dr. Osobennosti formirovaniya podzemnyx vod v zapadnoj chasti Ravninnogo Kryma (na primere rajona buxty Ocheretaj) (Features of underground water formation in the Western part of the Plain Crimea (on the example of the Ocheretai Bay area)). *Geologicheskij zhurnal*, 1985, Vol. 45, no 3, pp. 101–107. (in Russian).
34. Vojtov G. I. O ximicheskix i izotopno-uglerodnyx nestabil'nostyax grifonnyx gazov gryazevyx vulkanov (na primere Yuzhno-Kaspijskoj i Tamanskoj gryazevulkanicheskoj provincij) (On chemical and isotope-carbon instabilities of gryphon gases of mud volcanoes (on the example of the South Caspian and Taman mud-volcanic provinces)). *Geoximiya*, 2001, no 4, pp. 422–433. (in Russian).
35. Blinova V., Stadnitskaia A. Composition and origin of the hydrocarbon gases from Gulf of Cadiz mud volcanic area. *Geological processes on Deep-Water European Margins, 10th Anniversary Training through Research Post-cruise meeting*, 2001, pp. 19–20.
36. Lejn A. Yu. Potoki metana iz xolodnyx metanovyx sipov Chernogo i Norvezhskogo morej: kolichestvennye ocenki (Methane flows from cold methane seeps of the Black and Norwegian Seas: quantitative estimates). *Geoximiya*, 2005, no 4, pp. 438–453. (in Russian).
37. Shnyukov E. F., Sheremet'ev V. M., Maslakov N. A. i dr. Gryazeveye vulkany Kerchensko-Tamanskogo regiona. *Krasnodar: GlavMedio* (Publ.), 2005. 176 p. (in Russian).
38. Baciuc C., Caracausi A., Etiope G., Italiano F. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*, 2007, Vol. 50, no 4, pp. 501–512.

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ
НАЛИЧИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ
РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕМ К НЕМУ ШЕЛЬФУ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)**

39. Mirlin E. G., Melixov V. R., Mixajlov O. V. i dr. O prirode magnitnyx anomalij v Chernomorsko vpadine (On the nature of magnetic anomalies in the Black Sea Basin). *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1972, no 9, pp. 35–43. (in Russian).
40. Malaxova T. V., Malaxova L. V., Ivanov V. E. i dr. Metan v osadochnoj tolshhe sevastopol'skoj buxty (Chyornoe more) (Methane in the sedimentary column of the Sevastopol Bay (Black Sea)). *Metan v morskix e'kosisistemax*. Rostov-na-Donu: Yuzhnyj federal'nyj universitet (Publ.), 2014. pp. 90–91. (in Russian).
41. Pustovitenko B. G., Merzhej E. A. K prognozu ozhidaemyx sejsmicheskix vozdeystvij ot sil'nyx zemletryasenij Kryma (On the forecast of expected seismic impacts from strong earthquakes in the Crimea). *Dopovidi Nacional'noi akademii nauk Ukraïni*, 2014, no 5, pp. 102–109. (in Russian).
42. Shnyukov E. F., Mitin L. I., Kleshhenko S. A. i dr. Zona akusticheskix anomalij v Chernom more bliz Sevastopolya (Zone of acoustic anomalies in the Black Sea near Sevastopol). *Geologicheskij zhurnal*, 1993, no 4, pp. 62–67. (in Russian).
43. Eremeev V. M., Egorov V. M., Polikarpov G. G. Novi struminni metanovi gazovi vidilennyya iz dna morya v akvatorii Sevastopolya. *Visnik NAN Ukraïni*, 2007, no 4, pp. 47–50 (in Ukrainian).
44. Egorov V. N., Artemov Yu. G., Gulin S. B. Metanovyie sipy v Chernom more sredobrazuyushhaya i e'kologicheskaya rol' (Methane seeps in the Black Sea environmental and ecological role). *Sevastopol': Gidrofizika* (Publ.), 2011, 405 p. (in Russian).
45. Dvojchenko P. A. Chernomorskoe zemletryasenie 1927 g. v Krymu (The Black Sea earthquake of 1927 in the Crimea). *Priroda*, 1928, no 6, pp. 523–542. (in Russian).
46. Nikonov A. A. Krymskie zemletryaseniya 1927 goda. Neizvestnye yavleniya na more (Crimean earthquakes of 1927. Unknown phenomena at sea). *Priroda*, 2002, no 9, pp. 13–20. (in Russian).
47. Timurziev F. I., Shumejkin A. S. Prognozirovaniye neftegazonosnosti neдр i metodika poiskov mestorozhdenij na osnove glubinno-fil'tracionnoj modeli neftegazooobrazovaniya i neftegazonakopleniya (Forecasting of oil and gas potential of the subsurface and the method of field prospecting based on the deep-filtration model of oil and gas formation and oil and gas accumulation). *Geologiya, geofizika i razrabotka neftegazovykh mestorozhdenij*. 2010, no 9, pp. 22–29. (in Russian).
48. Lebedev T. S., Bolyubak K. A. Stroenie zemnoj kory Gornogo Kryma i vpadiny Chyornogo morya po dannym gravimetricheskix issledovanij (Structure of the crust of the Crimean mountains and valleys of the Black sea according gravimetric studies). *Glubinnoe stroenie Kavkaza*. Moscow: Nauka (Publ.), 1966, pp. 147–155. (in Russian).
49. Sollogub N. V. Struktura zemnoj kory Gornogo Kryma po dannym GSZ (Crustal structure of the Mountainous Crimea). *Geofizicheskij sbornik*, 1977, Vol. 77, pp. 24–30. (in Russian).
50. Bur'yanov V. B., Pavlenkova N. I. O stroenii zemnoj kory Gornogo Kryma (On the structure of the Earth's crust of the Mountainous Crimea). *Sovetskaya geologiya*. 1971, no 7, pp. 112–119. (in Russian).
51. Chekunov A. V. Struktura zemnoj kory i tektonika yuga evropejskoj chasti SSSR (The structure of the Earth's crust and tectonics of the South of the European part of the USSR). *Kiev: Naukova dumka* (Publ.), 1972, 175 p. (in Russian).
52. Sollogub V. B., Chekunov A. V. Rezul'taty glubinnogo sejsmicheskogo zondirovaniya (Results of deep seismic sounding). *Stroenie zemnoj kory Central'noj i Yugo-Vostochnoj Evropy*. Kiev: Naukova dumka (Publ.), 1971, pp. 116–182. (in Russian).
53. Avdulov M. V. Stroenie zemnoj kory Kavkaza i Kryma po rezul'tatam geofizicheskix issledovanij (Structure of the Earth's crust of the Caucasus and Crimea according to the results of geophysical research). *Geotektonika*. Moscow: Nauka (Publ.), 1970, pp. 119–123. (in Russian).
54. Uglov B. D., Osipov G. V., Malovickij Ya. P. Gidromagnitnaya s"yomka (Zapadnoj chasti Chernomorskoj vpadiny) (Hydro-magnetic survey (of the Western part of the Black Sea Basin)). *Stroenie zapadnoj chasti Chernomorskoj vpadiny. Verxnyaya mantiya*. 1972, no 10, pp. 191–196. (in Russian).
55. Kutas R. I. Geotermicheskie usloviya zon gazovydeleniya i gryazevogo vulkanizma v Chernom more (Geothermal conditions of zones of gas release and mud volcanism in the Black Sea). *Geologiya morej i okeanov*, 2007, Vol. 4, pp. 108–110. (in Russian).
56. Lysenko V. I. Geologicheskaya istoriya razvitiya melovogo vulkanizma v Yugo-zapadom Krymu po rezul'tata izucheniya terrigenno-vulkanogennoj tolshhi verxnego al'ba Balaklavskoj kotloviny (Geological history of the development of Cretaceous volcanism in the South-western Crimea based on the results of the study of the terrigenous-volcanogenic strata of the Upper Alb of the Balaklava basin). *E'lektronnoe*

- nauchnoe izdanie Al'manax Prostranstvo i Vremya, 2016, no 1. [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geologicheskaya-istoriya-razvitiya-melovogo-vulkanizma-v-yugo-zapadnom-krymu-po-rezultatam-izucheniya-terrigenno-vulkanogennoy-tolschi>. (in Russian).
57. Shnyukov E. F., Lysenko V. I., Kutnij V. A., Shnyukova E. E. Zoloto-serebryanaya i sul'fidnaya mineralizaciya v porodax Geraklejskogo plato (Krym) (Gold-silver and sulfide mineralization in rocks of the Herakleian plateau (Crimea)). *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, 2008, no 2, pp. 68–86. (in Russian).
58. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E. Ob e'nergeticheskoy ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). *Magnituda i e'nergeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij*, 1974, Vol. 2. pp. 113–125. (in Russian).
59. Becker J.R. Relation between local magnetic disturbances and a genesis of petroleum. *U.S. Geol. Curv. Bull.*, 1909, no 401, 403 p.

Поступила в редакцию 04.05.2021