



УДК 553(551.782)(447.75)

ПРОГНОЗЫ ПЕРСПЕКТИВ ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

FORECASTS FOR OIL AND GAS DEPOSITS PROSPECTS IN THE SHELF ZONE OF THE SOUTH-WESTERN CRIMEA

Лысенко Виталий Иванович

кандидат геологических наук,
доцент кафедры география океана,
Филиал Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова в г. Севастополь
niagara_sev@mail.ru

Lysenko Vitaly Ivanovich

Ph in Geology, Associate Professor
of the Department of Ocean Geography,
Lomonosov Moscow State University,
the branch in Sevastopol
e-mail: niagara_sev@mail.ru

Аннотация. Целью исследований являлся анализ данных геологических и геофизических работ для обоснования перспектив поисковых работ на нефть и газ в шельфовой зоне Юго-Западного Крыма. Установленные в метанолитах оксфорда (hydrocarbon seeps-carbonates) содержания метана, этана, пропана и следов нефти являются прямыми поисковыми признаками месторождений углеводородов. Они подтверждаются современными процессами дегазации метана в бухте Ласпи и на склоне Форосского выступа. Анализ данных тектонического строения, результатов геологических и геофизических исследований региона позволяют сделать вывод о высокой вероятности обнаружения месторождений нефти и газа в шельфовой зоне Юго-Западного Крыма.

Annotation. The purpose of the research was to analyze the data of geological and geophysical works to substantiate the prospects for prospecting for oil and gas in the shelf zone of the South-Western Crimea. The contents of methane, ethane, propane and traces of oil found in hydrocarbon seeps-carbonate are direct search signs of hydrocarbon deposits. They are confirmed by modern processes of methane degassing in Laspi Bay and on the slope of the Foros ledge. Analysis of the data of the tectonic structure, the results of geological and geophysical studies of the region allow us to conclude that there is a high probability of discovering oil and gas fields in the shelf zone of the South-Western Crimea.

Ключевые слова: метан, нефть, метанолиты, антраконит, антраксолит, карбонаты просачивания углеводородов.

Keywords: methane, petroleum, methanolites, anthraconite, anthraxolite, hydrocarbon seeps-carbonates.

Представления о единственном генезисе формирования месторождений нефти и газа на разных стадиях катагенеза за счет углеводородов из осадочного комплекса нефтематеринских пород уходит в прошлое. Новые данные о процессах углеводородной глубинной дегазации Земли ставят под сомнение биогенный генезис образования нефти и газа большинства месторождений [4, 5, 20]. Абиогенная природа образования углеводородов требует иных подходов к поисковым работам и признакам нефтегазоносности [1, 23]. 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 [2, 9]. Изученные автором метанолиты оксфорда [16], в английской литературе получили название «карбонаты просачивания углеводородов» («hydrocarbon seeps-carbonate») [28, 34, 35]. Они встречаются во всех океанах вблизи выходов газовых струй углеводородов, поэтому многие исследователи считают, что находки «карбонатов углеводородного просачивания» являются признаком нахождения рядом на глубинах крупных месторождений нефти и газа [28, 33]. Результаты наших работ по изучению метанолиты оксфорда, новые данные геологии геофизики, позволяют пересмотреть перспективы находок углеводородов в шельфовой зоне Юго-западной части Крыма.

Целью данных исследований является анализ геологических и геофизических признаков для обоснования перспектив поисковых работ на нефть и газ в шельфовой зоне Юго-западного Крыма.

Одним из перспективных районов Крымского шельфа является Форосский выступ и территория залива Мегало – Яло. Геологическое своеобразие этого участка моря заключается в том, что он находится в зоне сочленения Горного Крыма и Черноморской впадины.

Одним из главных прямых признаков присутствия углеводородов в регионе является наличие терригенно-карбонатной толщи с включениями метанолиты оксфорда (рис. 1). Их генезис связан с переработкой углеводородных флюидов сообществом метанотрофных и метаногенных прокариот, поэтому они относятся к микробиолитам группы метанолитов [16]. Их современные аналоги карбонаты углеводородного просачивания встречаются на дне морей, которые являются крупными нефтегазоносными бассейнами (Северного моря, Мексиканского, Калифорнийского и Персидского заливов, в бассейнах Конго и Амазонки и других местах) [29, 31, 32, 33, 37].



Рисунок 1 – Коричнево-чёрные метанолиты оксфорда цементированы кремевым карбонатным цементом. Обнажения мыса Сарыч.

Горизонты пород с метанолитами оксфорда встречаются в виде прерывистых прослоев на южном уступе Главной гряды Крымских гор от мыса Айя до горы Ат-Баш. Они характеризуются своеобразным цветом, морфологией, текстурой, минеральным составом, геохимией, газонасыщенностью, пропиткой нефтепродуктами и содержанием обломочного материала макро и микрофауны (рис. 1) [16]. При растворении их в кислоте на поверхности раствора образуется пленка легкой нефти, а на дне – черных тяжёлых битумов (рис. 2). Несмотря на их низкие концентрации, вещество характеризуется высоким нефтяным потенциалом, низкой степенью катагенеза и принадлежит к группе, не окислённой лёгкой нефти [16]. Подобные нефтепродукты встречаются у большинства современных «карбонатов просачивания» вблизи углеводородных сипов и грязевых вулканов [8, 27, 36].

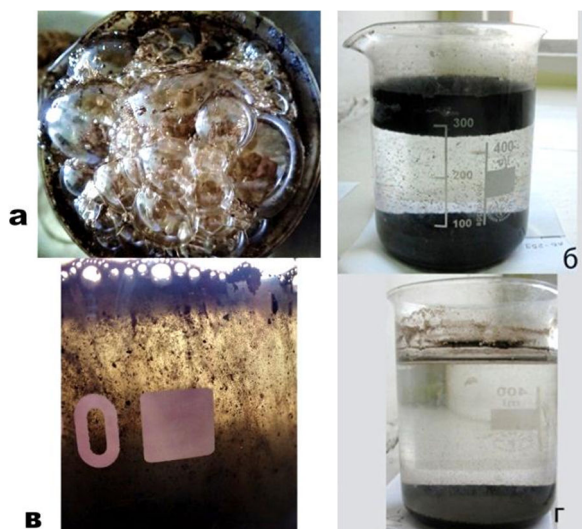


Рисунок 2 – Следы тяжёлой и лёгкой нефти при растворении карбонатного материала гераклитов в кислоте

Характерным свойством для метанолитов оксфорда является микро и макро пористость. Видимые пустоты занимают в некоторых образцах до 10 % поверхности скола породы. Поры заполнены метаном (3,3–5,4 г/т), этаном (0,0–0,8 г/т), углекислым газом (3,5–11,4 г/т), азотом (1,4–6,4 г/т) и сероводородом (0,016–0,9 г/т). Концентрация газа составляет от 8,0 до 17,4 г/т (табл. 1) [16].

Наличие следов нефти, метана и других углеводородов в метанолитах оксфорда является указанием на прямые поисковые признаки на нефть и газ, а азот и сероводород – на косвенные.

Дополнительно на процессы углеводородной палеодегазации в прибрежной зоне региона указывают находки антраколита в магматических породах и зон прожилков антраконита в изверженных породах верхнего триаса и средней юры [14, 15]. Их образование связано с постмагматическими гидротермальными флюидами, в которых присутствовали углеводороды. Наиболее интенсивно эти процессы происходили в районах Тесельского палеовулкана, Леменского эффузивного блока и выходов субвулканических тел у поселка Форос и Мелас (ЮБК). На поверхности Тесельского палеовулкана и Леменского эффузивного блока антраконит наблюдается в виде многочисленных жил и прожилков, а также в миндалинах лавовых потоков [14, 15]. Редко, встречаются прожилки антраколита в магматических породах. Дополнительным подтверждением активности углеводородной дегазации в позднем



триасе, является наличие на поверхности лав Тесельского палеовулкана сульфидно-карбонатных гидротермально-бактериальных построек. Они сложены в основном антраконитом [14].

Таблица 1 – Состав газов во флюидах метанолитов оксфорда по данным масс-спектрометрического химического анализа

№ пробы	Место отбора	Краткое описание породы	Компоненты флюидов (% содержания) / концентрация в $n \cdot 10^{-6}$ г/г						$\Delta P_{па}$	C_{H_2O} , об. 10^{-4} %	$\Sigma n \cdot 10^{-6}$, г/г
			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	12
ЛВ-30-А	м. Сарыч	Серо-черный метанолит	28,9	22,8	45,8	–	–	2,5	0,13	17,5	8,2
			3,5	1,4	3,3			0,016			
ЛВ-131	м. Сарыч	Серо-черный метанолит	67,1	20,4	7,7	3,9			0,2	–	16,9
			11,4	3,4	1,3	0,6					
ЛВ-136	Хр Сюая	Метанолит	22,4	36,8	31,0	4,6		5,2	0,33	32,6	17,4
			3,9	6,4	5,4	0,8	0,9				

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

Прожилковая минерализация антраконита отмечается в мраморовидных известняках титонского яруса. Они приурочены к зоне дробления, которая ориентирована под углом 30–60° к слоистости толщи (рис. 3). Прожилки антраконита занимают секущее положение в зоне. Они имеют линзовидное строение, а их мощность от 0,2 до 2,0 см. Зона с минерализацией антраконита имеет прерывистое строение и её удалось проследить от Ай –Петри до мыса Сарыч.



Рисунок 3 – Прожилки черного антраконита в зоне дробления мраморовидных известняков титонского яруса

Описанный карбонатный материал от позднего триаса до верхней юры создан за счет углеводородных флюидов, которые имеют глубинный генезис. Их эндогенную природу подтверждают результаты исследования геохимии, изотопного состава углерода и флюидов, а также наличие тяжелых нефтепродуктов [2]. Поступление углеводородных флюидов происходило в периоды мезозойской складчатости Горного Крыма, поднятие которого связано с расширением земной коры [18]. Из-за отсутствия в разрезах береговых обрывов ЮБК пород мела и кайнозоя, нет данных о процессах дегазации в этот период.

В наше время выходы струй метана обнаружены на склонах Форосского выступа и в бухте Ласпи [12, 26, 27]. На склоне Форосского выступа пузырьковая деятельность была выявлена с помощью геофизических методов [26]. Драгами были подняты с этого места обломки бактериальных карбонатных построек, которые подтвердили современные процессы дегазации в этом регионе. Предположение о глубинной природе дегазации, позволили сделать находки наростов трубок бактериальных карбонатных строений на эффузивных породах [27].

В бухте Ласпи площадки с сипами впервые были обнаружены на подводном береговом склоне в интервале глубин 1,5–2,0 метров [12]. Выходы газа приурочены к Ласпинскому разлому [13]. Геофизическими методами на продолжении разломной зоны было найдено еще несколько площадок на глубинах от 10,0 до 25,0 метров. В прибрежной части бухты Ласпи начитывается от восьми до два-



дцати струйных выходов газа. Они характеризуются некоторой периодичностью и непостоянными объемами выбросов флюидов. Дебит сипов изменяется от 8 до 23 мл в минуту (12–33 л/сутки) [13]. Флюиды характеризуются не постоянным составом газа. В нем присутствуют следующие газы (%): метан (55,7–60,4); этан (0,96–1,03); бутан (0,0019–0,002); азот (9,62–23,61); кислород (4,76–8,96); углекислый газ (0,23–0,34); сероводород и гелий (0,43–1,19). Метан и этан характеризуются тяжелым изотопным составом углерода от $-43,2$ до $-35,22^{0/00}$ [13]. На глубинную природу дегазации в бухте Ласпи указывают следующие факты: приуроченность выходов пузырьков газа к тектонической зоне; непостоянные объемы и состав флюидов; наличие гелия и тяжелый изотопный состав углерода. Углеводородная дегазация имеет значительный временной интервал и продолжается в наше время.

На интенсивные динамические и вулканические процессы в Юго-западной части Крыма указывают результаты изучения вулканогенно-терригенной толщи верхнего альба [10, 11]. Ее породы слогают Балаклавскую котловину и континентальный склон Форосского выступа [11, 27]. Толща состоит из туфового, глинистого и карбонатного (враконского) горизонтов [10, 11]. Туфовый горизонт образован материалом трех эксплозивных выбросов, общий объем которых больше материала извержения Кракатау [11]. Это позволяет предположить, что центр альбского вулканизма связан с кальдерами, которые обладают значительными размерами. Они имеют блочное строение, а отдельные их блоки опущены больше километра. Результаты изучения аллотигенного материала туфовой доказывают, что их центры извержения находятся на заливе Мегало-Яло или на Форосском выступе. Рама вулкана сложена породами протерозойской или палеозойской складчатости [11]. Центры вулканизма приурочены к пересечению глубинных разломов и, возможно, являются своеобразными мантийными окнами для восходящих потоков углеводородной дегазации [11].

Многие исследователи считают, что геологические структуры Горного Крыма имеют западное и южное продолжение под уровнем Черного моря [18]. Это подтверждается наличием гравитационных и магнитных аномалий [17]. О сложном геологическом строении шельфовой части Форосского выступа, свидетельствует геологическое строение прибрежной зоны ЮБК. Это подтверждают результаты изучения петрографического состава конгломератов оксфордского яруса в береговых обрывах залива Мегало-Яло, а также анализ вулканогенно-терригенных отложений верхнего альба Балаклавской котловины [10, 11]. Этот обломочный и эксплозивный материал представлен магматическими, метаморфическими и осадочными породами протерозойского, палеозойского и мезозойского возрастов [11]. Их состав подтверждает, что фундамент в шельфовой зоне имеет гетерогенное строение, возможно, это связано с пересечением зон меридионального Криворожско-Скадовско-Евпаторийского и широтного Южнобережного глубинных разломов [7, 21, 22, 24, 25]. По данным глубинного сейсмического зондирования они нарушают поверхность Мохоровичича и своими корнями уходят глубоко в мантию [21]. Предполагаемая зона пересечения глубинных разломов характеризуется аномальным тепловым потоком [6], современной сейсмической активностью [19] и сопровождается многочисленными вертикальными и горизонтальными участками разуплотнения пород [21]. Можно предположить, что именно эти зоны являются современными каналами дегазации углеводородов из недр.

При дешифрировании космических снимков Юго-западного Крыма в шельфовой зоне были выявлены кольцевые структуры [11]. Не исключено, что некоторые из них приурочены к палеокальдерам альбского вулканизма. Их предполагаемые жерла находятся в заливе Мегало-Яло и на шельфе Форосского выступа, а положение в пространстве определяется сеткой разломов, сопровождающих Криворожско-Скадовско-Евпаторийский авлакоген [21, 22].

Предполагаемое геологическое строение шельфовой зоны подтверждают результаты геофизических работ по изучению глубинного строения Форосского выступа методом геополяритонного зондирования (ГПЗ) во время 27 рейса НИС «Владимир Паршин» [3]. Исследования показали, что Форосский выступ сложен слоистой толщей вулканитов, которая разбита разломами на отдельные блоки. Были выделены жерла полевулканов, вокруг которых находятся погребенные кальдеры [3]. По характеру записи нелинейного геополяритонного поля выделены многочисленные вертикальные и горизонтальные зоны повышенной пористости, которые геофизики относят к вертикальным каналам доставки и хранения углеводородов из недр. Результаты обработки данных ГПЗ позволяют предполагать, что вблизи разломных зон разгрузки находятся газовые скопления, а на удалении и глубже – нефтяные [3].

Геолого-тектоническое строение территории и последние результаты геофизических работ изучения Форосского выступа позволяют сделать прогноз на наличие крупных месторождений нефти и газа в зоне шельфа Юго-западного Крыма. Кроме косвенных признаков продуктов углеродной палеодегазации, прямыми указаниями на наличие месторождений являются присутствие нефти и углеводородов в метанолитах оксфорда, а также присутствие метана в флюидах бухты Ласпи и Форосского выступа.

Список литературы:

1. Багдасарова М.В. Современные гидротермальные системы и их связь с формированием месторождений нефти и газа. – В кн.: Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. – М. : Наука, 2000. – С. 100–115.



2. Валяев Б.Н. Угледородная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа // Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. – М. : ГЕОС, 2011. – С. 10–32.
3. Геофизические исследования в 27-м рейсе НИС «Владимир Паршин» в Черном море / В.П. Коблев [и др.] // Геофизический журнал. – 2007. – Т. 29. – № 2. – С.167–178.
4. Краюшкин В.А. Абиогенно-мантийный генезис нефти. – Киев : Наукова думка, 1984. – 176 с.
5. Кропоткин П.Н., Валяев Б.М. Глубинные разломы и дегазация Земли // Тектоническое развитие земной коры и разломы. – М. : Наука, 1979. – С. 257–267.
6. Кутас Р.И. Геотермические условия зон газовыделения и грязевого вулканизма в Черном море // Геология морей и океанов. – 2007. – Т. 4. – С. 108–110.
7. Лебедев Т.С., Боллюбак К.А. Строение земной коры Горного Крыма и впадины Чёрного моря по данным гравиметрических исследований // Глубинное строение Кавказа. – М. : Наука, 1966. – С. 147–155.
8. Леин А.Ю. Потоки метана из холодных метановых сипов Черного и Норвежского морей: количественные оценки // Геохимия. – 2005. – № 4. – С. 438–453.
9. 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.
10. Лысенко В.И. Новые данные о валунах Балаклавской котловины (Юго-Западный Крым) // Геологический журнал. – Киев, 2003. – № 4. – С. 40–47.
11. Лысенко В.И. Новые данные о составе аллотигенного материала альбских туфов Балаклавкой котловины (юго-западный Крым) // Геологический журнал. – Киев, 2005. – № 4 – С. 22–27.
12. Лысенко В.И., Шик Н.В. Современные процессы образование карбонатов, связанных с углеводородной дегазацией в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // Пространство и Время. – М., 2013. – № 2(12). – С. 151–158.
13. Лысенко В.И., Шик Н.В. Состав флюидов современной дегазации и процессы карбонатной цементации в пляжной зоне бухты Ласпи (Южный берег Крыма) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2015. – Т. 90. – № 1. – С. 81–89.
14. Лысенко В.И. Лавовые палеопотоки триасового вулканизма в Юго-западной части Горного Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология, издательство Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (Симферополь). – 2019. – Т. 5(71). – № 3. – С. 304–325.
15. Лысенко В.И. Характеристика вулканической толщи верхнего триаса в Юго-западной части Горного Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология, издательство Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (Симферополь). – 2019. – Т. 5(71). – № 4. – С. 230–253.
16. Лысенко В.И. Генезис и палеогеографические условия образования метанолитов оксфорда (юго-западный Крым) // Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН, издательство Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН» (Феодосия). – 2019. – № 4(12). – С. 17–55.
17. О природе магнитных аномалий в Черноморско впадине / Е.Г. Мирлин [и др.] // Изв. АН СССР. Серия геологическая. – 1972. – № 9. – С. 35–43.
18. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. – М. : ГМТИ геологии и охраны недр, 1960. – 208 с.
19. Пустовитенко Б.Г., Мержей Е. А. К прогнозу ожидаемых сейсмических воздействий от сильных землетрясений Крыма // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 5. – С. 102–109.
20. Севостьянов К.М. Происхождение нефти и газа в промышленных масштабах в земной коре. – М., 1999. – 91 с.
21. Соллогуб Н.В. Структура земной коры Горного Крыма по данным ГСЗ // Геофизический сборник. – 1977. – Вып. 77. – С. 24–30.
22. 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.
23. Тимурзиев А.И. Современное состояние теории происхождения и практики поисков нефти: тезисы к созданию научной теории прогнозирования и поисков глубинной нефти // Горные ведомости. – 2013 а. – Ч. 1. – № 6(109). – С. 6–19; Горные ведомости. – Ч. 2. – 2013 б. – № 7(110). – С. 6–19.
24. Углов Б.Д., Осипов Г.В., Маловицкий Я.П. Гидромагнитная съёмка (Западной части Черноморской впадины). – В кн.: Строение западной части Черноморской впадины. Верхняя мантия. № 10. – М. : Наука, 1972. – С. 191–196.
25. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. – Киев : Наукова думка, 1972. – 175 с.
26. Глубинная природа газовых факелов западной части Черного моря по результатам геофизических исследований / Е.Ф. Шнюков [и др.] // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 1. – С. 70–82.



27. Шнюков Е.Ф., Щербаков Е.Е., Шнюкова Е.Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. – Киев, 1997. – 287 с.
28. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction // *Geo-Marine Letters*. – 1994. – V. 14(2). – P. 69–72.
29. Aharon P. Microbial processes and products fueled by Hydrocarbons at submarine seeps // *Microbial sediments*. Riding R.E. and Awramic S.M. (Eds). Springer – Verlag Berlin Heidelberg. – 2000. – P. 270–281.
30. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane / H.W. Bange [et al.] // *Global biogeochemical cycles*. – 1994. – V. 4. – P. 465–480.
31. 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 / D.F. Chen [et al.] // *Marine and Petroleum Geology*. – 2005. – V. 22. – P. 613–621.
32. Dando P.R., Austen M.C., Burke J. Ecology of a North Sea pockmark with an active methane seep // *Marine Ecology Progress Series*. – 1991. – V. 70. – P. 49–63.
33. Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism / D. Feng [et al.] // *Marine Petroleum Geology*. – 2010. – V. 27. – P. 748–756.
34. Hathaway J.C., Degens E.I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. – 1968. – V. 165. – P. 690–692.
35. Hinrichs K.U., Boetius A. The anaerobic oxidation of methane: new insights in microbial ecology and biogeochemistry // Springer. – 2002. – P. 457–477.
36. 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. – V. 281. – P. 59–69.
37. Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism of Pakistan / U. Von Rad [et al.] // *Marine Geology*. – 1996. – V. 136. – P. 55–77.

List of references:

1. Bagdasarova M.V. Modern hydrothermal systems and their relationship with the formation of oil and gas fields. – In book: *Fundamental basis of new technologies of oil and gas industry*. – M. : Nauka, 2000. – P. 100–115.
2. Valyaev B.N. Hydrocarbon degassing of the Earth, geotectonics and the origin of oil and gas // *Earth degassing and the genesis of hydrocarbon fluids and deposits*. – M. : GEOS, 2011. – P. 10–32.
3. Geophysical Surveys in the 27-th cruise of the R/V «Vladimir Parshin» in the Black Sea / V.P. Korablev [et al.] // *Geophysical Journal*. – 2007. – V. 29. – P. 167–178.
4. Krayushkin V.A. Abiogenic–mantle genesis of oil. – Kiev : Naukova Dumka, 1984. – 176 p.
5. Kropotkin P.N., Valyaev B.M. Depth faults and degassing of the Earth // *Tectonic development of the Earth crust and faults*. – M. : Nauka, 1979. – P. 257–267.
6. Kutas R.I. Geothermal Conditions of Gas Release Zones and Mud Volcanism in the Black Sea // *Geology of Seas and Oceans*. – 2007. – VOL. 4. – P. 108–110.
7. Lebedev T.S., Bolyubak K.A. The Earth Crust Structure of the Crimean Mountains and the Black Sea Depression on the data of gravimetric studies // *Deep Structure of the Caucasus*. – M. : Nauka, 1966. – P. 147–155.
8. Lein A.Yu. Methane Flows from Cold Methane Siphons of Black and Norwegian Seas: Quantitative Estimations // *Geochemistry*. – 2005. – № 4. – P. 438–453.
9. Letnikov F.A., Zaiczkowski N.A., Letnikova A.F. To a question on geochemical specialization of deep high–carbon systems // *DAN of Russia*. – 2010. – V. 433. – № 3. – P. 374–377.
10. Lysenko V.I. New Data on Boulders of Balaklava Basin (Southwestern Crimea) // *Geological Journal*. – Kyiv, 2003. – № 4. – P. 40–47.
11. Lysenko V.I. New Data on the Composition of the Allotigenic Material of Albian Tuffs of the Balaklava Basin (South–Western Crimea) // *Geological Magazine*. – Kiev, 2005. – № 4 – P. 22–27.
12. Lysenko V.I., Shik N.V. Modern processes of formation of carbonates associated with coal–hydrocarbon degassing in Laspi Bay (Southern Coast of Crimea) // *Space and Time*. – M., 2013. – № 2(12). – P. 151–158.
13. Lysenko V.I., Shik N.V. Composition of modern degassing fluids and processes of carbonate cementation in the beach zone of Laspi Bay (Southern Coast of Crimea) // *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Department of Geology*. – 2015. – V. 90. – № 1. – P. 81–89.
14. Lysenko V.I. Lava paleofloods of Triassic volcanism in the Southwestern part of the Crimean Mountains // *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, Publisher Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Crimean Federal University V.I. Vernadsky (Simferopol). – 2019. – V. 5(71). – № 3. – P. 304–325.



15. Lysenko V.I. Characteristics of the Upper Triassic volcanic sequence in the Southwestern part of the Crimean Mountains // *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, Publisher Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Crimean Federal University. V.I. Vernadsky (Simferopol). – 2019. – V. 5(71). – № 4. – P. 230–253.
16. Lysenko V.I. Genesis and paleogeographic conditions of formation of oxford methanolites (Southwestern Crimea) // *Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky. T.I. Vyazemsky – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences*, Publishing house of the Federal State Budgetary Institution of Science «Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky. T.I. Vyazemsky – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences» (Feodosia). – 2019. – № 4(12). – P. 17–55.
17. On the nature of magnetic anomalies in the Black Sea Depression / E.G. Myrlin [et al.] // *Izvest. Geological Series*. – 1972. – № 9. – P. 35–43.
18. Muratov M.V. Brief sketch of the geological structure of the Crimean Peninsula. – M. : State Institute of Geology and Mineral Resources Protection, 1960. – 208 p.
19. Pustovitenko B.G., Merzhey E.A. To forecast expected seismic effects from strong earthquakes of Crimea // *Dopovidy Natsional'noi akademii nauk Ukrainy*. – 2014. – № 5. – P. 102–109.
20. Sevostyanov K.M. Origin of oil and gas on an industrial scale in the Earth's crust. – M., 1999. – 91 p.
21. Sollogub N.V. Structure of the Earth's crust of the Gornyy Krym according to GSS data // *Geophysical Collection*. – 1977. – Issue. 77. – P. 24–30.
22. Sollogub V.B., Chekunov A.V. Results of Deep Seismic Sounding // *The Earth Crust Structure of Central and South–Eastern Europe*. – K. : Naukova Dumka, 1971. – P. 116–182.
23. Timurziev A.I. Modern state of the theory of origin and practice of oil prospecting: theses to the creation of scientific theory of forecasting and search for deep oil // *Gornyye vedomosti*. – 2013 a. – P. 1. – № 6(109). – P. 6–19; *Mining Vedomosti*. – P. 2. – 2013 b. – № 7(110). – P. 6–19.
24. Uglov B.D., Osipov G.V., Malovitsky Ya.P. Hydromagnetic Survey (Western Part of the Black Sea Depression). – In the book: *Structure of the Western Part of the Black Sea Basin. Upper Mantle*. № 10. – M. : Nauka, 1972. – P. 191–196.
25. Chekunov A.V. Structure of the Earth Crust and Tectonics of the South of the European Part of the USSR. – Kyiv : Naukova Dumka, 1972. – 175 p.
26. Deep Nature of Gas Flares of the Western Part of the Black Sea, based on the results of geophysical studies / E.F. Shnyukov [and others] // *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*. – 2005. – № 1. – P. 70–82.
27. Shnyukov E.F., Shcherbakov E.E., Shnyukova E.E. Paleoisland Arc of the Northern Black Sea. – Kiev, 1997. – 287 p.
28. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction // *Geo-Marine Letters*. – 1994. – V. 14(2). – P. 69–72.
29. Aharon P. Microbial processes and products fueled by Hydrocarbons at submarine seeps // *Microbial sediments*. Riding R.E. and Awramic S.M. (Eds). Springer – Verlag Berlin Heidelberg. – 2000. – P. 270–281.
30. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane / H.W. Bange [et al.] // *Global biogeochemical cycles*. – 1994. – V. 4. – P. 465–480.
31. 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 / D.F. Chen [et al.] // *Marine and Petroleum Geology*. – 2005. – V. 22. – P. 613–621.
32. Dando P.R., Austen M.C., Burke J. Ecology of a North Sea pockmark with an active methane seep // *Marine Ecology Progress Series*. – 1991. – V. 70. – P. 49–63.
33. Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism / D. Feng [et al.] // *Marine Petroleum Geology*. – 2010. – V. 27. – P. 748–756.
34. Hathaway J.C., Degens E.I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. – 1968. – V. 165. – P. 690–692.
35. Hinrichs K.U., Boetius A. The anaerobic oxidation of methane: new insights in microbial ecology and biogeochemistry // Springer. – 2002. – P. 457–477.
36. 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. – V. 281. – P. 59–69.
37. Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism of Pakistan / U. Von Rad [et al.] // *Marine Geology*. – 1996. – V. 136. – P. 55–77.