

ЗАГАЛЬНА ТА МОРСЬКА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.21+551.311.8](262.5)

Е. Ф. Шнюков¹, докт. геол.-мин. наук, академик НАН України, директор
В. В. Янко², докт. геол.-мин. наук, проф., зав. кафедрою общей
и морской геологии

¹Отделения морской геологии и осадочного рудообразования ННПМ НАН Украины
ул. Олеся Гончара, 55-б, Киев, 01054, Украина

²Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
геолого-географический факультет, Шампанский пер. 2, Одесса, 65058, Украина

ГАЗООТДАЧА ДНА ЧЕРНОГО МОРЯ: ГЕОЛОГО-ПОИСКОВОЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И НАВИГАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Работа посвящена обзору современных представлений о газоотдаче дна Черного моря. Показано, что метан поступает в воды Черного моря по газовым сипам, из грязевых вулканов и меньшей мере за счет биохимических процессов в донных осадках. Газовые сипы локализованы по периферии моря, а грязевые вулканы и газогидраты метана – в ее центральной части. Газовые сипы и грязевые вулканы могут быть использованы в качестве поисковых критериев на нефть и газ. Метан, содержащийся в морской воде, негативно влияет на биоту, а газовый вулканизм создает опасность для навигации и прокладки подводных коммуникаций.

Ключевые слова: метан, газовые сипы, грязевые вулканы, донные экосистемы, навигация

ВВЕДЕНИЕ

Черное море – крупнейший в мире (423,000 км²) меромиктический бассейн с двуслойным строением водной толщи, где глубинные (солёные и тяжёлые) и поверхностные (опреснённые и лёгкие, обогащённые кислородом) слои воды не смешиваются между собой. В результате 90% глубинных вод ниже изобаты 220 м являются бескислородными. Аэробная жизнь сконцентрирована на шельфе, формируя хрупкие, легко поддающиеся внешнему воздействию, донные экосистемы. Одним из факторов, нарушающих их равновесное состояние, является метан [40], в огромных количествах выделяемый из недр бассейна [15].

Черноморская впадина сформировалась в конце мезозоя как задуговой бассейн (ранний мел), раскрывшийся в результате континентального рифтинга (конец альба), приведшего к расщеплению коры вдоль оси альбской вулканической дуги и последующего раскрытия (сеноман-коньяк) глубоководного трога с сильно утоненной коптинентальной и (или) океанической корой и обособления двух впадин: Западно- и Восточно-черноморской. Начиная с конца сантона и до конца палеоцена Черноморская впадина испытывала фазы сжатия, а затем

(в эоцене) в Восточно-черноморской впадине проявилась новая фаза растяжения, приведшая к образованию аджаро-триалетского рифта. Начиная с конца эоцена и до настоящего времени дно бассейна находится в обстановке сжатия, в результате которого оно разбито многочисленными разломами и трещинами [8]. Разрывные тектонические нарушения формируют ослабленные зоны в осадочном чехле и выполняют роль «дымоходов», по которым к поверхности дна поднимаются фильтрационные потоки газа, в основном, метана. Мощная дегазация недр происходит за счет струйных выделений (холодных сипов), грязевых вулканов и микробиологических процессов во всем диапазоне глубин. По приблизительным оценкам только от сипов в водную толщу выбрасывается 4,95 – 5,65 Тг (1 Тг = 10^{12} г) метана ежегодно [23]. По некоторым оценкам [11], в водах Черного моря содержится 80 млрд м³ метана. Ни один водный бассейн мира не имеет такого количества газа, как Черное море. При этом следует учесть, что воды Черного моря постоянно обновляются: через Босфор из Средиземного моря в Черное нижним потоком поступают более концентрированные соленые воды, а верхним – из Черного моря в Средиземное вытекают более пресные и легкие. По разным оценкам полный цикл обновления вод Черного моря происходит от 410 до 2000 лет. А это, в свою очередь, означает, что воды, которые поступают в Черное море из Средиземного, а также те, которые приносит Днепр, Дунай и другие реки, постоянно насыщаются метаном, для чего должен быть мощный поток метана из глубинных пород.

Метан влияет на физические, химические и биологические процессы формирования газового состава и гидрохимической структуры морской среды, приводит к изменению трофности вод моря за счет увеличения биобразования и повышения интенсивности метанотрофного хемосинтеза, провоцирует опасные процессы на морском дне, противодействует стабильности донных экосистем и может привести к катастрофам биологических ресурсов, также технических сооружений на морском дне и навигации [14], особенно в условиях глобальных изменений климата и уровня моря, ожидаемых уже в этом столетии [15].

Огромный интерес к дегазации дна Черного моря виден из значительного числа национальных и международных проектов [15, 36]. Из национальных проектов можно упомянуть научно-технический проект «Газовый вулканизм дна Черного моря как поисковый признак газогидратных залежей и традиционного углеводородного сырья» в рамках целевой программы НАН Украины «Минеральные ресурсы Украины и их добыча». Из числа международных проектов важными являются европейские проекты пятой и шестой рамочных программ METROL «Methane Flux Control in Ocean Margin Sediments» (2002-2005 г.г.), ASSEMBLAGE «Assessment of the Black Sea sedimentary system since the Last Glacial Extreme» (2003-2005 г.г.), CRIMEA «Contribution of high-intensity gas seeps in the Black Sea to Methane Emission to the atmosphere» (2003-2005 г.г.); HERMES «Hot spot ecosystem research on margins of European Seas»

(2006-2009 г.г.), а также German National Geotechnologies program METRO «Methane and methane hydrates within the Black Sea: Structural analyses, quantification and impact of a dynamic methane reservoir» (2004-2007 г.г., ESONET «The European Sea Floor Observatory Network» (2003-2004 г.г.) и ряд других.

Экспедиционные работы проведены в разные годы и на разных научно-исследовательских судах «Михаил Ломоносов» (1989), «Академик Вернадский» (1989, 1992), «Ихтиандр» (1992-1993), «Геленджик» (1993, 1996), «Киев» (1995-1997), «Профессор Водяницкий» (1994, 2000-2012), «Профессор Логачев» (2001, 2005), «Владимир Паршин» (2006, 2008), «Le Suroît» (2001, 2002), «Mare Nigrum» (2005-2008), «Knorr», «Meteor» (2005, 2007), «Le Marion Dufresne» (2004).

Столь высокий интерес к метану Черного моря объясняется тем, что мировое научное сообщество и промышленность рассматривают выходы метана на морское дно как геолого-поисковый признак поисков и разведки углеводородных полезных ископаемых, потенциальный источник энергии будущего, мощный фактор изменения климата и экосистем, угрозу для технических сооружений на дне бассейна в связи с их механическими повреждениями и коррозией.

Целью настоящей работы является обзор современных представлений о газоотдаче дна Черного моря с точки зрения геолого-поискового, экологического и навигационного значения.

Объект исследования – выходы метана на дне Черного моря.

Предмет исследования – процессы формирования и миграции метана в морской среде с точки зрения геолого-поискового, экологического и навигационного значения.

Задачи исследований – 1. Изучение пространственного распределения газовых выходов на дне Черного моря. 2. Изучение процессов формирования и миграции метана в морской среде. 3. Изучение выходов метана как поисковых признаков месторождений углеводородов на морском дне 4. Изучение влияния метана на донные экосистемы и навигацию Черного моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Выполняемые с 1989 г. проекты собрали огромный фактический материал по газоотдаче Черного моря. Основные методы исследований включают: (1) Детальное многолучевое эхолотирование с помощью современных цифровых эхолотов типа SIMRAD EK-500 и персональный компьютер с развитой периферией (HDD 80 Gb, пишущий CD-ROM, цветной принтер. АПК подключен к навигационной системе GPS Navigator GP-80, данные которой (время, координаты, скорость и курс судна) поступают с периодом 1 с, отображаются на экране монитора эхолота и записываются на HDD в каждом цикле работы АПК. Прибор позволяет наблюдать и фиксировать газовыделяющие объекты (факелы и газовые поля); их координаты, глубину, высоту и другие параметры непосредственно на экране монитора во время прохождения галсов с сохра-

нением данных в памяти компьютера и возможностью создания, таким образом, базы полученных данных. (2) Акустическое высокочастотное профилирование с помощью гидролокатора бокового обзора (ГЛБО), позволяющую получить акустические отображения (сонограммы) морского дна, определения пространственной локализации форм рельефа, связанных с газовыми факелами, грязевыми вулканами, зонами гидратообразования и т. д. ГЛБО проводится двумя способами – профильным и площадным. В первом случае, по сети профилей основной стадии поисковых исследований получают сонограммы, где предварительно выделяют зоны (границы) разного строения (рельефа), которые потом коррелируют и интерпретируют для всей площади поисков. Во втором случае для узловых частей участков проводят сплошную съемку ГЛБО с перекрытием полос «обзора» таким образом, как это делается при залетах площадной аэрофотосъемки, которая требует сгущения сети профилей на расстояние ширины полосы обзора ГЛБО с незначительным их перекрытием (до 1/3) при обеспечении точного судовождения по каждому профилю. Результаты такого профилирования представляются в виде гидролокационных планов или схем накидного монтажа для всей исследованной площади. (3) Сейсмические исследования методом отраженных волн с использованием широко-угловых донных станций и гидроакустические наблюдения водной толщи. (4) Драгирование и отбор проб донных осадков посредством гравитационной и вибропоршневой трубок для литологического, геохимического, спектрального, рентгенфлуоресцентного, рентгеноструктурного, микропалеонтологического и других анализов, проведенных в различных лабораториях Украины и за рубежом [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Пространственное распределение газовых выходов на дне Черного моря

1.1. Газовые факелы (сипы)

В настоящее время в акватории Черного моря найдено несколько тысяч газовых факелов (сипов), точнее групп факелов. Они локализованы по периферии Черного моря в частности, на северо-западе Черного моря, на болгарском шельфе, на Керченско-Таманском шельфе, вдоль берегов Кавказа [15, 36]. Данных о газовых факелах у берегов Турции нет.

В последние годы газовые факелы обнаружены в Севастопольской бухте, в бухте Ласпи, в Судакской бухте [2]. Можно предположить, что газовые факелы существуют и на суше, в ее прибрежной части вдоль берегов Черного моря, но пока просто не изучались.

Как правило, газовые факелы развиты на глубинах 50-800 м, глубже они встречаются очень редко. Высота факелов обычно до 100-200 м, большинство из них не достигает поверхности воды и диффузно расплывается. Чаще всего это небольшие газовые струи, но иногда это целые группы газовых струй – до

5,10,12; некоторые из них достаточно значительны и образуют своеобразные облака газа близ дна. Во многих случаях видна прерывистость газовых факелов, т. е. как бы их пульсирующее извержение. Характер газовых факелов в разных районах моря примерно одинаковый.

Для Керченско-Таманского района моря удалось проследить определенную локализацию газовых факелов на вершинах положительных структур верхнего – неогенового структурного этажа, в меньшей мере – майкопских «структур». Эту закономерность выявить удастся в значительной мере благодаря вскрытию структур системой подводных каньонов.

Для северо-запада Черного моря данных пока мало, чтобы можно было говорить о подобной закономерности. Изучение газовых факелов большей частью проводилось вне зоны развития изученных геофизическими методами поднятий.

На северо-западе Черного моря был проведен своеобразный экологический мониторинг. Несколько крупных газовых факелов, обнаруженных в 1994-1995 годах, были повторно изучены в 2004 г. Все они сохранились, более того, сохранились масштабы их деятельности, множественность струй и ряд других признаков.

О длительности функционирования газовых факелов свидетельствуют и карбонатные постройки, возникающие в процессе их деятельности [15]. Формы проявления карбонатных построек достаточно разнообразны. Наглядным примером такого рода может служить постройка поднятая в 57 рейсе НИС «Проф. Водяницкий». Возраст ее достигает 9050 лет. Надо полагать, именно столь длительное время функционировал породивший ее газовый источник. Один сантиметр постройки вырос за 33-34 года. И это – не самое древнее сооружение. Возраст отдельных построек достигал 30 тысяч лет. Судя по этим данным, масштабы газоотдачи дна Черного моря – просто грандиозные. Газотдача продолжается минимум 30 тыс.лет.

1.2. Грязевые вулканы

Грязевые вулканы широко развиты на дне Черного и Азовского морей [15, 36]. Чаще всего они представляют собой своеобразное проявление диапировой тектоники. Из глубины недр при достижении аномально высоких давлений в 300-400 атмосфер газы по тектоническим нарушениям прорываются вверх, выбрасывая воду, глинистые массы, обломки твердых пород, образуя чаще всего положительные формы рельефа как на дне, так и на суше.

Вырисовывается своеобразная зональность: по периферии моря развиваются газовые факелы, в пределах глубоководной впадины Черного моря газовых факелов практически нет. Надо полагать, газы увязываются в грунте, где существуют зона гидратообразования и при определенных сочетаниях температуры и давления возможно образование залежей газогидратов метана. В настоящее время газогидраты встречены в разрезе колонок в 10-12 точках Черного моря, чаще всего, в отложениях грязевых вулканов. Геологически это впадины Со-рокина, Туапсинская, Гиресунская и др.

По данным геофизических исследований «Южморгеологии», мощность зоны гидратообразования и залежей газогидратов достигает 400-500 м, они развиты как в четвертичных, так и в неогеновых отложениях, создавая плотные непроницаемые для газа шапки. По нашему мнению, в горизонтальной плоскости газогидратные залежи фациально переходят в газонасыщенные илы, под залежами газогидратов развиваются достаточно мощные подгидратные залежи газов. Эти представления легли в основу модели газогидратной залежи вулкана Двуреченского.

Суммарные запасы газа в составе газогидратов в Черном море оцениваются специалистами «Южморгеологии» в 25 трлн.м³; из них на долю экономзоны Украины приходится 7-10 трлн.м³.

Грязевые вулканы также служат источником газов и генерируют залежи газогидратов, частично разрушая и выбрасывая обломки пород с гидратами на поверхность дна.

2. Формирования и миграции метана в морской среде

Выходы газа встречаются в местах, где сконцентрированные потоки флюидов превышают вмещающий объем порового пространства, в результате чего метан просачивается через донные осадки в толщу воды [22]. При нормальных условиях большая часть метана окисляется посредством консорциумов сульфатредуцирующих бактерий в анаэробных условиях или в зоне их аэробной активности [19, 34]. Миграция флюидов осуществляется через тектонические нарушения в придонных осадочных горизонтах, зоны глубоких разломов и грязевые диапиры путем диффузии растворенного или свободного газа [20], или в виде сфокусированных потоков [31]. Частично этот газ может быть газогидратным [25]. При изменении давления и/или температуры газовые гидраты могут диссоциировать и тем самым подпитывать газовые сипы на дне моря, что в результате приводит к дестабилизации осадков [21].

По нашему мнению, основная масса газов – глубинного происхождения. В пользу глубинного происхождения газов свидетельствуют многие данные. Это, прежде всего, локализация большинства газовых факелов в зонах внешнего шельфа и материкового склона, где трассируется циркумчерноморский разлом и в зонах палеодолин, где фиксируются региональные или глубинные разломы. Учитывая находки супергигантских скоплений газов в четвертичных отложениях дельты Нила, долины рек северо-запада и северо-востока Черного моря представляют особый интерес. По данным О. М. Русакова и др. [17] примеров локализации газовых факелов над зонами нарушений более чем достаточно. О глубинном происхождении метана свидетельствует и локализация газовых месторождений (Голицынское, Южно-Голицынское, Штормовое, Крымское, Архангельское) на северо-западе в узлах пересечения Одесского разлома с разломами северо-восточного простирания. Еще одним аргументом в пользу глубинного происхождения является наличие газовых сипов над кристаллическими породами – плагиогранитами, диоритами, вулканитами – Ломоносовского подводного массива, найденного нами еще в 1989 г.

Природа газов грязевых вулканов и газовых сипов скорее всего одина. Но корни грязевых вулканов уходят на глубины до 18-20 км. Как показали наши азербайджанские коллеги по данным трехмерной сейсмоки, субвертикальные тела уходят в недра именно на такие глубины. Еще один аргумент в пользу глубинности – масштабы выбросов газов грязевыми вулканами. За одно извержение, выбрасывается до 100, 200 млн. м³ газов [9]. Длительность деятельности газовых факелов – десятки тысяч лет, если судить по возрасту карбонатных построек.

Следует отметить еще один интересный для фундаментальных исследований факт, обнаруженный в 2004 г. В районе вновь открытого нами грязевого вулкана адмирала Митина зафиксированы повышенные концентрации сероводорода в воде. Вероятно, концепцию об исключительно сульфатредукционном происхождении сероводорода в Черном море придется пересматривать в пользу признания важной роли газового вулканизма как источника сероводорода.

3. Изучение выходов метана как поисковых признаков месторождений углеводородов на морском дне.

Газовые факелы на периферии и грязевые вулканы в глубоководной впадине Черного моря могут стать поисковым признаком нефтегазовых месторождений и источником непосредственного извлечения углеводородов на шельфе и материковом склоне [12, 16]. При этом вполне возможно, что природа возникновения газовых факелов в море, такая же, как и на суше. На Ближнем Востоке активное возгорание выходящих на поверхность газовых источников «Вечных огней», которые горели с незапамятных времен, привело в первом тысячелетии до новой эры к появлению религии огнепоклонников. Скважины, заложенные после долгих споров еще в 1905 г. у «вечного огня» близ селения Сураханы возле Баку, открыли одно из крупнейших месторождений нефти – Сураханское. Согласно данных главного геолога «Стандарт Ойл» Уолтера Линка, утверждающего в своей статье «Значение поверхностных нефтепроявлений в поисках нефти в мире», что большинство нефтегазоносных районов открыто благодаря поверхностным выходам углеводородов [12]. Так, например, были открыты наши прикарпатские месторождения. Однако, в 60-х годах прошлого столетия были изданы у нас новые инструкции, не учитывающие при поисках роль поверхностных выходов. Согласно Созанскому [12] недостаточная эффективности работ украинских нефтяников на шельфе кроется в этих ошибочных установках.

Другим поисковым признаком являются грязевые вулканы, которые согласно [1] должны быть использованы в качестве бесплатных разведочных буровых скважинах. Бурение в районе Локбатанского грязевого вулкана в Азербайджане привело к открытию крупнейшего месторождения углеводородов. Во многих нефтегазоносных районах проявляется грязевой вулканизм. В этой связи заслуживают внимания грязевые вулканы, развитые в акватории Черного моря. Надо полагать, что в будущем многие явления нефтегазоносности моря

будут поняты, если будут изучены еще малоизвестные пока черноморские газогидраты метана. Не исключены связи грязевого вулканизма с газогидратами, о чем свидетельствуют находки газгидратов в выбросах грязевых вулканов в море. Каждый из потенциальных признаков нефтегазоносности Черного моря заслуживает специального рассмотрения.

Шельф Черного моря достаточно перспективен на нефть и газ во многих районах. Заслуживают внимания структуры шельфа России, Болгарии и Румынии, некоторые районы грузинского шельфа. Именно румынские геологи обнаружили первую промышленную нефть в Черном море на площадях Западная Лебеда (1981 г.) и Восточная Лебеда (1985 г.). По данным В. И. Созанского, почти во всех скважинах, пробуренных на румынском шельфе (а их в настоящее время около 70), встречаются нефте- и газопроявления. При этом нефтяные проявления тяготеют к району развития нефтяных месторождений Западная и Восточная Лебеда и отмечены в скважинах Лотус 18 и Партити. Нефть залегает в альб-палеоценовых известняках на глубинах 2200 м.

Кроме нефти на этих площадях встречен промышленный газ в олигоценовых песчаниках. Чисто газовые месторождения на румынском шельфе установлены на площадях Синое, Кобальческу, Дойна, Восточное Синое. Газопроявления на румынском шельфе развиты шире, чем нефтепроявления. Они особенно интенсивны в его северной части. Здесь были сделаны основные открытия в конце 90-х годов. Промышленный газ и газопроявления приурочены к плиоценовым песчаникам. Они характеризуются сверхвысокими давлениями. Так, скважина Рапсодия I из-за сверхвысокого давления не была доведена до проектной глубины 4025 м и остановлена на глубине 3722 м. В скважине Лючафарул 1-а опробован только один горизонт, остальные не испытаны из-за сверхвысокого давления. Добыча нефти на шельфе Румынии достигла в 2000 г. 1,5 млн т и составляет треть румынской нефтедобычи [7].

В южном направлении перспективы нефтегазоносности шельфа снижаются, газопроявления менее обильны, разведочные работы на нефть и газ менее результативны.

Несмотря на большой объем геологоразведочных работ в болгарской части черноморского шельфа, обнаружено только одно небольшое газовое месторождение Галата. Промышленный газ получен с глубин 1046-1069 м из палеоценовых известняков и маастрихтских песчаников. Дебит скважин – 1 млн. м³/сутки на 20-миллиметровом штуцере, запасы – до 1,5 млрд м³.

Высокой оценкой пользуется нефтегазовый потенциал майкопских отложений Туапсинского прогиба, достигающих мощности 7 км [4], и верхнеэоцено-нижнемайкопских отложений [6] керченско-таманского шельфа.

Колоссальные масштабы газоотдачи по периферии моря свидетельствуют о колоссальной отдаче газов и в глубинной части, что позволяет предполагать масштабные размеры залежей газогидратов. В. А. Соловьев [13] считает, что в газогидратах стабилизируется всего лишь от 1 до 10 % газов, поступающих в зону гидратообразования.

Выходы газов на черноморском шельфе должны быть привязаны к геологическим структурам, последние – детально изучены и разбурены.

Важной составной частью будущих исследований нефтегазоносности должны быть экологические работы, позволяющие свести вред от горных и буровых работ к минимуму.

4. Изучение влияния метана на донные экосистемы и навигацию Черно-го моря.

Биота на Земле существует только в условиях разграничения с литосферными флюидами. «Заслонкой» является осадочный чехол. При нарушениях в нем в местах разгрузки из литосферы вырываются фонтаны флюидов, часть из них (метан) губительна для организмов даже в сверхмалых концентрациях. Долгосрочный выход свободного метана в толщу воды, часто сопровождаемый самовозгоранием, может резко нарушить равновесие в морской экосистеме [32]. Влияние выбросов метана на Черноморскую экосистему мало изучено. Предыдущие исследования говорят, как в пользу положительного [27, 33, 35], так и отрицательного [40] влияния этого газа на черноморские экосистемы.

Целью наших исследования является изучение влияния выходов метана на донные экосистемы Черного моря, базируясь на комплексном геологическом, геохимическом, палеонтологическом и биологическом изучении экосистем северо-западной части Черного моря. Фундаментальной проблемой, которую требуется решить, является теоретическое обоснование роли метана в системе «литосфера-гидросфера-биосфера-атмосфера» и его влияние на эко-и геосистему Черного моря. Научно-методическим значением такой работы является разработка междисциплинарной методики с помощью комплекса методов естественных и точных наук для теоретического обоснования процессов формирования и пространственного распределения метана в донных отложениях и толще воды с точки зрения оценка его влияния на состояние эко-и геосистем бассейна. Эти вопросы имеют решающее социально-экономическое значение для хозяйственно-промышленного комплекса не только Украины, но и для всех стран Черноморского региона, поскольку направлены на обеспечение устойчивого развития морской среды и побережья Черного моря.

Данное направление было частично разработано нами в европейских проектах HERMES и WAPCOAST, которые сформировали фактическую основу для решения поставленных задач. Нарботанные авторами материалы по тематике проекта включают сведения о происхождении, распределение метана на дне Черного моря и его влияние на биоту [28, 40], в первую очередь, на фораминиферы и другой мейобентос, которые зарекомендовали себя как надежные индикаторы загрязнения морской среды [3, 38, 39], а также геологические, геодинамические, тектонические, палеогеографические [26, 30, 41], седиментационные, геохимические и бассейновые условия формирования метана в Черном море [29, 36, 37] и экологическое состояние морской среды [18, 40].

Предварительные результаты исследований показывают, что среди мейобентоса наиболее устойчивыми к повышенному содержанию метана являются нематоды и фораминиферы, на долю которых приходится 43% и 46% всей биомассы, соответственно [24]. Остальные группы мейобентоса составляют 11%. Влияние разных концентраций метана на донные экосистемы существенно отличается и гораздо сложнее, чем прежде предполагалось. Среди всего мейобентоса только нематоды способны выдерживать повышенные концентрации метана, однако, даже среди них наблюдается общее уменьшение их агрегированности (численностей), наряду с увеличением представительности отдельных видов-индикаторов (*Terschellingia pontica*, *Linhomoeus sp.*, *Sabatieria abyssalis*, *Desmodora pontica*, *Pomponema aff. multipapillatum*). Фораминиферы и остракоды реагируют на повышенные концентрации метана резко отрицательно. Их агрегированность и видовое разнообразие резко сокращаются и нет ни единого вида, толерантного к метану, который бы мог быть использован в качестве индикатора загрязнения морской среды метаном. На сегодняшний день создается впечатление, что выбросы метана в морскую среду неблагоприятны для донных экосистем, которые создают впечатление хрупких и уязвимых. Аналогичные результаты получены по изучению мягкого бентоса. При поступлении в грунты метана снижается на порядок концентрация мелкого бентоса. Объемы добычи мидий на северо-западе Черного моря в сейсмостойкие годы достигали 60 тыс. тонн, при активизации же сейсмической деятельности, в основном на территории Румынии, добыча снижалась в 3–5 раз [5]. Кроме этого, в силу акустического и еще вероятнее загрязняющего воздействия на морскую среду выбросы метана могут влиять на пути миграции рыбных косяков [10] и многое другое. Этот вопрос подлежит специальному изучению.

Газовые факелы и газовый вулканизм может иметь большое навигационное значение [14]. Сопоставление местонахождения подводных грязевых вулканов и рекомендованных трасс движения судов показывает, что многие из последних пролегают через районы развития грязевого вулканизма. В наши дни в Черном море ежегодно погибает до 10 судов. Как правило, причины аварий выясняются специальными комиссиями. Большинство случаев их гибели тщательно расследуется и причина аварии выясняется. Только в течение двух предыдущих лет произошли загадочные катастрофы с судами «Амира-1» и «Память Меркурия» в Черном море. Необходимо работать и работать, чтобы выяснить возможный потенциальный ущерб судоходству от газового вулканизма. Появление крупного газового пузыря может являться причиной опрокидывания судна. Разгрузку фрагментов грязевого вулкана – карманов с газом в осадочной толще – могут стимулировать даже слабые землетрясения.

По нашему мнению, катастрофы, связанные с крупными выбросами газов со дна, потенциально возможны и в Черном море. Газы могут выбрасываться здесь расположенными на дне грязевыми вулканами, которые также могут про-

воцировать в глубоководной зоне моря процессы разложения газогидратов и выбросы метана.

Действующие грязевые вулканы в море представляют опасность и для прокладки подводных коммуникаций – газопроводов, линий связи и т. п.

Так, газопровод «Голубой поток» в своей северной и южной турецкой части протягивается через зону развития грязевого вулканизма. Непосредственного приближения к вулканам удалось избежать. Проектируемый газопровод «Южный поток» тоже, очевидно, пройдет в западной части через полосу развития грязевого вулканизма. Желательно обойти эти морфоструктуры на безопасном расстоянии.

Опасность грязевых вулканов может быть связана с возникновением крупных просадок дна из-за выбросов сопочной брекчии и, возможно, химического воздействия на трубы, например, при выбросах сероводорода. Все это в еще большей мере относится и к линиям связи.

ВЫВОДЫ

1. Черное море крупнейший в мире меромиктический бассейн, воды которого насыщены метаном

2. Метан поступает в воды Черного моря по газовым сипам, число которых достигает нескольких тысяч, из грязевых вулканов, которых в море до 70, в меньшей мере за счет биохимических процессов в донных осадках

3. В распределении газовых сипов фиксируется определенная зональность: они локализованы по периферии моря, центральная часть акватории лишена факелов – здесь развиты газогидраты метана

4. Газовые сипы могут служить поисковым критерием при поисках нефтегазовых месторождений

5. Грязевые вулканы в Черном море, как и в других районах являются поисковым критерием на нефть и газ. Не исключена связь глубоководных грязевых вулканов и залежей газогидратов метана

6. Метан, содержащийся в морской воде, влияет на биоту. Влияние выбросов метана на черноморскую экосистему еще мало изучено. Наиболее устойчивы к повышенным содержаниям метана нематоды и фораминиферы, хотя даже фораминиферы и остракоды реагируют на повышенные концентрации метана резко. Создается впечатление, что выбросы метана в воду неблагоприятны для донных систем

7. Газовый вулканизм, особенно катастрофические выбросы газов, возникновение грязевулканических мелей в мелководных районах создают опасность для навигации, прокладки подводных коммуникаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубятников Д. В. Полезные ископаемые, 22. нефть и озокерит / Д. В. Голубятников. – Петроград : Первая Город. Тип., 1917. – 165 с. – («Естественные производительные силы России: сб. науч. ст. в 6 томах»).
2. Егоров Виктор Николаевич. Метановые слои в Черном море: средообразующая и экологическая роль : монография / В. Н. Егоров, Ю. Г. Артемов, С. Б. Гулин. – Севастополь : НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – 405 с. : ил. – ISBN: 978-966-02-5979-9.
3. Кравчук Г. О. Сульфидизация бентосных фораминифер как проявление современных изменений геологических условий на северо-западном шельфе Черного моря / Г. О. Кравчук // Геология и полезные ископаемые Мирового Океана, 2011. – № 2. – С. 55-60. – ISSN: 1999-7566.
4. Крулякова Р. П. Геохимическая характеристика нефтематеринских свойств мезокайнозойских пород Туапсинского прогиба Черного моря / Р. П. Крулякова, О. Л. Нечаева, Л. А. Чаленко и др. // Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона : междунар. науч. конф, 2003 г. : сб. докл. – Симферополь. – С. 104–106.
5. Люшвин П. В. Индикация зон дегазации в акваториях // Электронный ресурс. – Режим доступа к статье : http://oilgasjournal.ru/vol_3/lushvin.swf [доступно 17 июля 2014 г.]
6. Мейснер Л. Б. Внутренняя структура Туапсинского прогиба в связи с перспективами его нефтегазоносности / Л. Б. Мейснер, А. Л. Мейснер // Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона : междунар. науч. конф, 2003 г. : сб. докл. – Симферополь. – С. 191-197.
7. НефтеРынок : проф. еженедельник / United Petroleum Cons. (UPECO) ; гл. ред. А. Сиренко. – К. : UPECO, 1997. – Выходит шоттижня. – Отримуються з 2000-2001. – 2001. – № 26-27.
8. Никишин А. М. Тектоническая история черноморского бассейна / А. М. Никишин, М. В. Коротаев, С. Н. Болотов, А. В. Ершов // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. отд. геол. – 2001. – Т. 76(36). – С. 3-18.
9. Рахманов Рагид Рамиз оглы. Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр] / Р. Р. Рахманов. М. : Недра, 1987. – 174 с.
10. Сапожников В. В. Индикация литосферной дегазации, губительной для развития рыбных популяций. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы / В. В. Сапожников, А. А. Куррапов, П. В. Люшвин // Всероссийская конференция 22-25 апреля 2008 г. : сб. матер. – Москва : ГЕОС, 2008. – С.442-443.
11. Созанський В. І. Відновлення світових запасів нафти і газу як стратегічна проблема сучасності // Геол. журн. – 2013. – № 2. – С. 68-74.
12. Созанський В. І. Чи потече до нас з Чорного моря нафта? // Голос України. – 1998. – № 2. С. XII.
13. Соловьев В. А. Оценка ресурсов газа в газовых гидратах Мирового океана // Газовая промышленность. – 2002. – № 1. – С. 76.
14. Шнюков Е. Ф. Потенциальная опасность грязевого вулканизма для судоходства / Е. Ф. Шнюков, Н. А. Маслаков // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. -№ 2. – С. 81-91. – ISSN: 1999-7566.
15. Шнюков Евгений Федорович. Газовый вулканизм Черного моря / Е. Ф. Шнюков, В. П. Коболов, А. А. Пасынков. – К. : Логос, 2013. – 383 с. – ISBN 978-966-171-714-4.
16. Шнюков Евгений Федорович. Минеральные богатства Черного моря / Е. Ф. Шнюков, А. П. Зиборов. – К., 2004. – 280 с. – ISBN: 966-02-3058-3.
17. Шнюков Е. Ф. Глубинная природа газовых факелов западной части Черного моря по результатам геофизических исследований / Е. Ф. Шнюков, В. И. Старостенко, О. М. Русаков, Р. И. Кутас // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 5. – С. 70–82. – ISSN: 1999-7566
18. Янко Валентина Венедиктовна. Позднечетвертичные фораминиферы Черного моря / В. В. Янко, Т. С. Троицкая. – М.: Наука, 1987. – 111 с.
19. Boetius A. A Marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane / A. Boetius, K. Revenschlag, C. J. Schubert et alii. // Nature. – 2000. – Vol. 407. – P. 623 – 626.
20. Dondurur D. Acoustic evidence of shallow gas accumulations and active pockmarks in the Izmir Gulf, Aegean sea / D. Dondurur, G. Çifçi, M. Göktuğ, S. Coşkun // Marine and Petroleum Geology. – 2011. – V. 28(8). – P. 1505–1516.
21. Imbert P. How to evacuate 10 km³ of mud: saturate with gas and decrease the pressure! / P. Imbert, D. Geiss, N. Fatjó de Martín // Geo-Mar Lett. – 2014. – No 34. – P. 199–213.
22. Judd, A. G. The global importance and context of methane escape from the seabed // Geo Mar. Lett. – 2003. – No. 23, – P. 147-154.
23. Kessler J. D. Basin-wide Estimates of Input of Methane from Seeps and Clathrates to the Black Sea / J. D. Kessler, W. S. Reeburgh, J. Southon, R. Seifert, W. Michaelis, S. C. Tyler // Earth and Planetary Science Letters. – 2006. – No. 243. – P. 366-375.

24. Kulakova I. Free-living nematodes in the area of gas seeps in the Black Sea / I. Kulakova, V. Yanko-Hombach // The Fifth Plenary Meeting and Field Trip 22-31 August 2009, Izmir Turkey : Extended Abstracts of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies» (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds) : Izmir: DEU Publishing House. – P. 106-107. – ISBN: 978-975-441-265-9.
25. Kvenvolden K. A. Gas hydrates-geological perspective and global change // Reviews of Geophysics. – 1993. – No 31. – P. 173–187.
26. Larchenkov E. Paleogeography of the Pontic Lowland and northwestern Black Sea shelf for the past 25 k.y. / E. Larchenkov, S. Kadurin // **Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis** (I. Buynevich, V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, R. Martin, eds.) // GSA Special Paper. – 2011. – Colorado, USA. – No 473. – P. 71-87. ISBN: 978-0-8137-2473-7.
27. Luth U. Benthic meiofauna and macrofauna of a methane seep area south-west of the Crimean Peninsula, Black Sea / U. Luth, C. Luth // MEGASEEBS-Methane Gas Seeps Exploration in the Black Sea (U. Luth, C. Luth, H. Thiel, eds). – Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung. – 1998. – No 14. – P. 113–126.
28. Martin R. E. Repeated freshwater discharge events stimulated rapid sea-level change in the Black Sea during the Holocene / R. E. Martin, V. Yanko-Hombach // **Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis** (I. Buynevich, V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, R. Martin, eds.) // GSA Special Paper. – 2011. – Colorado, USA. – No 473. – P. 51-58. ISBN: 978-0-8137-2473-7.
29. Maslakov N. Ecological aspects of mud volcano activities in the Azov-Black Sea region / N. Maslakov, E. F. Shnyukov, V. Yanko-Hombach // The Seventh Plenary Meeting and Field Trip 21-28 August 2011, Odessa, Ukraine : Extended Abstracts of INQUA 501 «Caspian-Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies» (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds) : Odessa: Astroprint. – P. 130-132. ISBN: 978-966-190-346-2.
30. Mudie P. J. The Black Sea dating game and Holocene marine transgression / P. J. Mudie, V. Yanko-Hombach, S. Kadurin // Open Journal of Marine Science. – 2014. – No 4. – P. 1-7. – Available at <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2014.41001>.
31. Orange D. L. Regular canyon spacing in the submarine environment: the link between hydrology and geomorphology / D. L. Orange, R. S. Anderson, N. A. Breen // GSA Today – 1994. – No 4. – P. 29–39.
32. Patin S. A. Assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems and biological resources in the process of oil and gas field development in the shelf area // Water Resources. – 2004. – No 31(4). – P. 413–422.
33. Polikarpov G. G. Chemoecological study of the bivalve *Modiolus phaseolinus* in habitats near the oxic/anoxic interface near methane gas seeps in the Black Sea / G. G. Polikarpov, N. N. Tereschenko, M. B. Gulin // MEGASEEBS-Methane Gas Seeps Exploration in the Black Sea (U. Luth, C. Luth, H. Thiel, eds). – Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung. – 1998. – No 14. – P. 92-100.
34. Reeburgh W. S. Global methane biogeochemistry // The Atmosphere. Treatise on Geochemistry (R. Keeling, ed). – 2003. – V. 4. – New York: Elsevier. – P. 65 – 69. – ISBN 0-08-043751-6
35. Sergeeva N. G. Benthic fauna of the methane seeps in the Dnieper Palaeo-Delta: comparative analysis / N. G. Sergeeva, S. B. Gulin // **The Fifth Plenary Meeting and Field Trip 22-31 August 2009, Izmir Turkey; Extended Abstracts of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»** (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds) : Izmir: DEU Publishing House. – P. 158-160. – ISBN: 978-975-441-265-9.
36. Shnyukov E. F. Degassing of the Black Sea: A review / E. F. Shnyukov, V. Yanko-Hombach // The Fifth Plenary Meeting and Field Trip 22-31 August 2009, Izmir Turkey : Extended Abstracts of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies» (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds) : Izmir: DEU Publishing House. – P. 161-162. – ISBN: 978-975-441-265-9.
37. Shnyukov E. F. Mud volcanoes of the Azov-Black Sea basin, onshore and offshore / E. F. Shnyukov, N. Maslakov, V. Yanko-Hombach // The Sixth Plenary Meeting and Field Trip 27 September – 5 October 2010, Rhodes, Greece : *Abstract Volume of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» (2005-2010) – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»* (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds) : Rhodes: Pavlidis Creative Publishing House. – P. 190-194. – ISBN: 978-960-98054-7-6.
38. Yanko, V. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring / V. Yanko, M. Ahmad, M. Kaminski // J. Foram. Res. – 1998. – No. 28(3). – P. 177-200.

39. Yanko V. The Effect of Marine Pollution on Benthic Foraminifera / V. Yanko, A. Arnold, W. Parker// Modern Foraminifera (B. K. Sen Gupta, ed). -1999. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. – P. 217-238. – ISBN: 0-412-82430-2.
40. Yanko-Hombach, V. Response of biota to methane emissions in the Black Sea: Preliminary results from complex geological, geochemical, palaeontological, and biological study / V. Yanko-Hombach, E. F. Shnyukov, E. Konikov et al. // The Fifth Plenary Meeting and Field Trip 22-31 August 2009, Izmir Turkey; Extended Abstracts of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies» (A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, eds). – Izmir: DEU Publishing House. – P. 181-184. – ISBN: 978-975-441-265-9.
41. Yanko-Hombach V. Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf // The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement (V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, N. Panin N., P. M. Dolukhanov, eds). – 2007. – Dordrecht: Springer. – P.149–203. ISBN: 10 1-4020-4774-6(HB), 13 978-1-4020-4774-9(HB), -10 1-4020-5302-9(e-book).

REFERENCES

1. Golubyatnikov, D.V. (1919), *Mineral Resources, 22. Oil and Ozokerit (1919)*, [Mineral'nie resursy. 22. Neft' i ozokerit] *Natural productive forces of Russia [Estestvennye proizvoditel'nye sily Rossii]*, First Govern. Typography, Petrograd, 167 p.
2. Egorov, V.N., Artemov, Yu. G., Gulin, S. B. (2011), *Methane seeps in the Black Sea: Environmental and ecological role [Metanovye sipy v Chernom more: sredoobrazuyushchaya i ekologicheskaya rol']*, National Academy of Ukraine, NPTS «Ecosy-Hydrophysics [Natsional'naya akademiya nauk Ukrainy, NPTS «Ecosy-Hydrophysica], Sevastopol', 405 p.
3. Kravchuk, G.O. (2011), «Sulphidization of benthic foraminifera as a manifestation of as a manifestation of modern geo-ecological conditions change on the northwestern shelf of the Black Sea», *Geology and Mineral Recourses of the World Ocean [«Sul'fidizatsiya bentosnykh foraminifer kak proyav sovremennykh geoeologichnykh umov na pivnichno-zakhidnomu shelfu Chernogo moray», Gelogiya i poleznye iskopayemye Mirovogo okeana]*, No 2, pp. 55-60.
4. Kruglyakova, R.P., Necheva, O.L., Chalenko, L.A. et al. (2003), «Geochemical characteristics of Mesozoic-Cenozoic source rocks properties of the Tuapse Trough of the Black Sea», *Proceedings of the conference «Geodynamics and oil-gas bearing structures of the Black-Caspian Sea basin [«Geokhimicheskaya kharakterstica neftematerinskikh svoystv mezokainozoiskikh porod Tuapsinskogo progiba Chernogo moray», Trudy konferentsii «Geodinamica i neftegazonosnye struktury Cgeromorsko-Kaspiyskogo basseyna]*, Simferopol, pp. 104-106.
5. Lyushvin, P. V. Indication of degassing zones at the water areas [Indikatsiya zon degazatsii v akvatoriyakh], available at: http://oilgasjournal.ru/vol_3/lushvin.swf [accessed 17 July 2014].
6. Meysner, L.B., Meysner, A.L. (2003), «Inner structure of the Tuapse Through in regards of its petroleum prospects», *Proceedings of the conference «Geodynamics and oil-gas bearing structures of the Black-Caspian Sea basin [«Vnutrennyaya structura Tuapsinskogo progiba v svyazi s perspektivami ego neftegazonosnosti», Trudy konferentsii «Geodinamica i neftegazonosnye struktury Cgeromorsko-Kaspiyskogo basseyna]*, Simferopol, pp. 191-197.
7. «OilMarket: Weekly professional» (2001), [«NefteRynok: profesional'nyi ezhenedel'nik»], No 26-27.
8. Nikishin, A.M., Korotaev, M.B., Bolotov, S.N., Ershov, A.V. (2001), «Tectonic history of the Black Sea basin», *Bulletin of Moscow Society of Naturalists, Geological Branch* [«Tektonicheskaya istoriya chernomorskogo basseyna», *Bulleten' moscovskogo obschestva ispytateley prirody, geologicheskoe otdedenie*], v. 7(3b), pp. 3-18.
9. Rakhmanov, R.R. (1987), *Mud volcanoes and their significance in predicting subsurface gas and oil presence [Gryazevye vulkany i ikh znachenie v prognozirovanii gazoneftenosnosti nedr]*, Nedra, Moscow, 174 p.
10. Sapozhnikov, V.V., Kurapov, A.A., Kyrapov A. A., Lyushvin, P.V. (2008), «Indication of lithospheric degassing destructive for the development of fish populations. Degassing of the Earth: Geodynamics, geofluids, oil, gas and their paragenesis», *Materials of the All-Russia conference, Moscow, 22-25 April 2008* [«Indikatsiya litosfernoy degazatsii, gubitel'noy dlya razvitiya rybnykh populyatsiy. Degazatsiya Zemli: geodinamica, geoflyuidy, neft', gas i ilh paragenez», *Materialy Vserossiyskoy Konferentsii*], GEOS, Moscow, pp. C.442-443.
11. Sozanskiy, V.I. (2013), «Restoring the world's oil and gas reserves as a strategic issue of our time», *Geological Journal* [«Vidnovlennya svitovykh zapasiv nafty i gazu yak strategichna problema suchasnosti», *Geologicheskyy zhurnal*], No 2, pp. 68-74.

12. Sozanskiy, V.I. (1998), «Whether oil would flow to us from the Black Sea?» *Voice of Ukraine* [«Chi poteche do nas z Chornogo moray nafta?»], *Golos Ukrainy*, No 2, p. XII.
13. Solov'ev, V.A. (2002), «Evaluation of gas resources in gashdrates of the World Ocean», *Gas Industry* [«Otsenka resursov gaza v gazivikh gidratakh Mirovogo Okeana», *Gazovaya industriya*], No 1, pp. 76.
14. Shnyukov, E.F., Maslakov, N.A. (2009), «Potential danger of mud volcanism to navigation», *Geology and Mineral Recourses of the World Ocean* [Potentsial'naya opasnost' gryazevego vulkanizma dlya sudokhodstva», *Gelogiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*], No 2, pp. 81-91.
15. Shnyukov, E.F., Kobolev, V.P., Pasynkov, A.A. (2013), *Gas volcanism of the Black Sea* [Gazoviy vulkanizm Chornogo moray], Logos, Kiev, 383 p.
16. Shnyukov, E.F., Ziborov, A.P. (2004), *Mineral Wealth of the Black Sea* [Mineral'nie bogatstva Chernogo morya], Logos, Kiev, 280 p.
17. Shnyukov, E.F., Starostenko, V.I., Rusakov, O.M., Kutas, R.I. (2005), «Deep nature of gas flares in the western part of the Black Sea on the results of geophysical investigations», *Geology and Mineral Recourses of the World Ocean* [Glubinnaya priroda gazovukh fakilov zapadnoy chasti Chernogo moray po rezul'tatam geofisicheskikh issledovaniy», *Gelogiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*], No 5, pp. 70–82.
18. Yanko, V.V., Troitskaya, T.S. (1987), *Late Quaternary Foraminifera of the Black sea* [Pozdnechetvertichye foraminifery Chernogo morya], Nauka, Moscow, 111 p.
19. Boetius, A., Revenschlag, K., Schubert, C.J., et al. **A Marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of (2000)**, *Nature*, v. 407, pp. 623-626.
20. Dondurur, D., Çifçi, G., Göktuğ, M., Coşkun, S. (2011), Acoustic evidence of shallow gas accumulations and active pockmarks in the Izmir Gulf, Aegean sea *Marine and Petroleum Geology*, v. 28(8), pp. 1505–1516.
21. Imbert, P., Geiss, D., Fatjó de Martín N. (2014), How to evacuate 10 km³ of mud: saturate with gas and decrease the pressure!, *Geo-Mar Lett.*, No 34, pp. 199–213.
22. Judd, A.G. (2003), The global importance and context of methane escape from the seabed, *Geo Mar. Lett.*, No. 23, pp. 147-154.
23. Kessler, J.D., Reeburgh, W.S., Southon, J., Seifert, R., Michaelis, W., Tyler, S.C. (2006), Basin-wide Estimates of Input of Methane from Seeps and Clathrates to the Black Sea, *Earth and Planetary Science Letters*, No. 243, pp. 366-375.
24. Kulakova, I., Yanko-Hombach, V. (2009), Free-living nematodes in the area of gas seeps in the Black Sea, *Extended Abstracts of the Fifth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»*, Gilbert A., Yanko-Hombach (eds), Izmir-Çanakkale (Turkey), August 22-31, 2009, DEU Publishing House, Izmir, pp. 106-107.
25. Kvenvolden, K.A. (1993), Gas Hydrates-Geological Perspective and Global Change, *Reviews of Geophysics*, No 31, pp. 173–187.
26. Larchenkov, E., Kadurin, S. (2011), Paleogeography of the Pontic Lowland and northwestern Black Sea shelf for the past 25 k.y., *Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis*, I. Buynevich, V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, R. Martin (eds.), No 473, pp. 71-87.
27. Luth, U., Luth, C. (1998), Benthic meiofauna and macrofauna of a methane seep area south-west of the Crimean Peninsula, Black Sea, *Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung*, No 14, pp. 113–126, Hamburg.
28. Martin, R.E. (2011), Yanko-Hombach V. Repeated freshwater discharge events stimulated rapid sea-level change in the Black Sea during the Holocene, *Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis*, I. Buynevich, V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, R. Martin (eds.), GSA Special Paper, No 473, pp. 51-58.
29. Maslakov, N., Shnyukov, E.F., Yanko-Hombach, V. (2011), Ecological aspects of mud volcano activities in the Azov-Black Sea region, *Abstract Volume of the Seventh Plenary Meeting and Field Trip of INQUA 501 «Caspian-Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»*, Odessa, Ukraine, 21-28 August 2011, A. Gilbert, V. Yanko-Hombach V. (eds.), pp. 130-132, Astroprint, Odessa.
30. Mudie, P.J., Yanko-Hombach, V., Kadurin, S. (2014), **The Black Sea dating game and Holocene marine transgression**, *Open Journal of Marine Science*, No 4, pp. 1-7; Published Online December 2013. – <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2014.41001>.
31. Orange, D.L., Anderson, R.S., Breen, N.A. (1994), Regular canyon spacing in the submarine environment: the link between hydrology and geomorphology, *GSA Today*, No 4, pp. 29–39.
32. Patin, S.A. (2004), Assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems and biological resources in the process of oil and gas field development in the shelf area, *Water Resources*, No 31(4), pp. 413-422.

33. Polikarpov, G.G., Tereschenko, N.N., Gulin, M.B. (1996), Chemoecological study of the bivalve *Modiolus phaseolinus* in habitats near the oxic/anoxic interface near methane gas seeps in the Black Sea, *Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung*, No 14, pp. 92–100, Hamburg.
34. Reeburgh, W.S. (2003), Global methane biogeochemistry, *The Atmosphere* (R. Keeling, ed), pp. 65 – 69, Elsevier, New York.
35. Sergeeva, N.G., Gulin, S.B. (2009), **Benthic fauna of the methane seeps in the Dnieper Palaeo-Delta: comparative analysis**, *Extended Abstracts of the Fifth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation»-INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»*, August 22-31, 2009, Gilbert A., Yanko-Hombach (eds), pp. 158-160, DEU Publishing House, Izmir.
36. Shnyukov, E.F., Yanko-Hombach, V. (2009), Degassing of the Black Sea: A review, *Extended Abstracts of the Fifth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»* Izmir-Çanakkale (Turkey), August 22-31, 2009, Gilbert A., Yanko-Hombach (eds), pp. 161-162, DEU Publishing House, Izmir.
37. Shnyukov, E.F., Maslakov, N., Yanko-Hombach, V. (2010), **Mud volcanoes of the Azov-Black Sea basin, onshore and offshore**, *Abstract Volume of the Sixth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation»-INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»*, Rhodes, Greece, 27 September – 5 October 2010, Gilbert A., Yanko-Hombach (eds), pp. 190-194, Pavlidis Creative Publishing House, Rhodes.
38. Yanko, V., Ahmad, M., Kaminski, M. (1998), Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring, *J. Foram. Res.*, No. 28(3), pp. 177-200.
39. Yanko, V., Arnold, A., Parker, W. (1999), The Effect of Marine Pollution on Benthic Foraminifera, *Modern Foraminifera*, B. K. Sen Gupta (ed), pp. 217-238, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
40. Yanko-Hombach, V., Shnyukov, E., Konikov, E. et al. (2009), Response of biota to methane emissions in the Black Sea: Preliminary results from complex geological, geochemical, palaeontological, and biological study, *Extended Abstracts of the Fifth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP-521 «Black Sea – Mediterranean corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation» – INQUA 0501 «Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies»*, Izmir-Çanakkale (Turkey), August 22-31, Gilbert A., Yanko-Hombach (eds), pp. 181-184, DEU Publishing House, Izmir.
41. Yanko-Hombach, V. (2007), Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf, *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*, V. Yanko-Hombach, A. Gilbert, N. Panin N., P. M. Dolukhanov (eds), pp. 149–203, Springer, Dordrecht.

Поступила 10.07.2014

Е. Ф. Шнюков¹, докт. геол.-мін. наук, академік НАН України директор

В. В. Янко², докт. геол.-мін. наук, проф.,

зав. кафедрою загальної та морської геології

¹ Відділення морської геології і осадового рудоутворення ННПМ НАН України
ул.Олеся Гончара, 55-б, Київ, 01054, Україна

² Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, геолого-географічний факультет, Шампанський пров. 2, Одеса, 65058, Україна

ГАЗООТДАЧА ДНА ЧОРНОГО МОРЯ: ГЕОЛОГО-ПОШУКОВЕ, ЕКОЛОГІЧНЕ І НАВІГАЦІЙНЕ ЗНАЧЕННЯ

Резюме

Робота присвячена огляду сучасних уявлень про газоотдачу дна Чорного моря. Показано, що метан надходить у води Чорного моря з газових сипив, з грязьових вулканів і меншою мірою за рахунок біохімічних процесів в донних відкладах. Газові сипи локалізовані по периферії моря, а грязьові вулкани та газогідрати метану – в

її центральній частині. Газові сипи і грязьові вулкани можуть бути використанні як пошукові критеріїв на нафту і газ. Метан, що міститься в морській воді, негативно впливає на біоту, а газовий вулканізм створює небезпеку для навігації і прокладки підводних комунікацій.

Ключові слова: метан, газові сипи, грязьові вулкани, донні екосистеми, навігація

E. F. Shnyukov¹, Doctor Geological-Mineralogical Sciences, Academic director

V. V. Yanko², Doctor Geological-Mineralogical Sciences

Head of the Department Physical and Marine Geology

¹Department of Marine Geology and Mineral Resources,

National Academy of Sciences of Ukraine,

55b, Olesya Gonchara St., Kiev-54, Ukraine 10601

nikalmas@mail.ru

²Odessa I. I. Mechnikov National University,

2, Dvoryanskaya Str., Odessa, Ukraine 65082

valyan@onu.edu.ua

DEGASSING OF THE BLACK SEA BOTTOM: SIGNIFICANCE FOR GEOLOGICAL EXPLORATION, ECOLOGY AND NAVIGATION

Abstract

This paper is devoted to a review of modern ideas about degassing (mainly methane) from the bottom of the Black Sea. The main goal is to describe methane emissions on the sea bottom, to delineate their spatial distribution, and to provide insight into their possible origin as well as their influence on ecosystems and navigation.

It is shown that the Black Sea is the largest meromictic basin, waters of which are enriched with methane. As such, the basin holds great promise for new energy sources to supply the Black Sea countries, and most of Europe as well. The amount of methane is several times larger than the known gas reservoirs on Earth. Its presence under the sea bottom is evident from outbursts of submarine mud volcanoes that commonly contain ice-like aggregates of gas (largely methane) hydrates as well as many high-intensity gas seeps and gas bogs that release huge quantities of methane. While gas hydrates accumulate methane, submarine mud volcanoes, gas seeps, and gas bogs release it into the water column largely from deep sources, and much less often as a product of biochemical processes in bottom sediments. There is a certain zoning in the distribution of methane emissions; in particular, seeps are located on the periphery of the basin while gas hydrates are distributed within its central part. While gas seeps can be used as indicators for oil exploration, mud volcanoes can indicate the oil and gas deposits under the sea bottom. An interconnection between mud volcanoes and gas hydrates cannot be excluded. It appears that methane in the sea water affects biota in a negative way. Eruptions of mud volcanoes are dangerous for navigation and communications or industrial equipment (cables, gas pipes, etc.) on the sea bottom.

Keywords: methane, gas seeps, mud volcanoes, bottom ecosystems, navigation