

Черное море и анаэробный слой. Гипотеза эндогенного происхождения



В публикации рассмотрено появление Черного моря, возникновение и современное состояние анаэробного (безжизненного) слоя, расположенного на глубинах 150–2210 м, и взаимосвязь его с верхними солеными водами. Подвергнуты критическому анализу гипотезы различных ученых и исследователей о возможных вариантах появления анаэробного слоя. Выдвинута гипотеза формирования Черного моря и его анаэробной зоны за счет эндогенных процессов (возникающих в недрах Земли). Для более полного раскрытия темы представлены аналогичные процессы в Азовском, Каспийском, Красном морях, озере Байкал, в Марианской впадине и др. На примере катастрофического возгорания газов Черного моря 1927 года, отраженного в ряде научных работ, рассмотрена вероятность экологической опасности газосодержащего слоя и его возможного негативного влияния на окружающую среду в сочетании с антропо- и техногенезом.

Каширский Владимир Иванович

Директор по производственной и научно-исследовательской работе ООО «ГрандГЕО»
kvi4908@gmail.com

Дмитриев Сергей Владимирович

Генеральный директор ООО «ГрандГЕО»

«Представить вам по возможности постараюсь в настоящем слове, в котором, по кратком начертании земных трясений, показать, намерен разные действия на земной поверхности, от них происходящие, также причины и материи тому служащие...».

М.В. Ломоносов (1711-1765)

В последнее время в средствах массовой информации появилось много сообщений о Черном море, особенно о так называемом сероводородном слое, составляющем основную толщу практически от поверхности до его дна. В прессе, на телевидении и особенно в Интернете активно обсуждаются происхождение морского бассейна, образование сероводорода и других газов в нем, современное состояние безжизненного слоя и его влияние на экологию региона и риски, связанные с этим.

Черное море, являясь внутренним морем бассейна Атлантического океана, соединяется через пролив Босфор с Мраморным морем, затем через пролив Дарданеллы с Эгейским и Средиземным морями. С Азовским морем оно соединяется Керченским проливом, а на севере в Черное море врзается Крымский полуостров. При этом оно находится в двух частях света – в Европе и Азии. Черное море омывает берега России, Украины, Болгарии, Румынии, Турции, Грузии, Абхазии.

Уникальным свойством Черного моря является полное отсутствие жизни (за исключением анаэробных бактерий) на глубинах, превышающих примерно 150 м из-за насыщенности глубинных слоев сероводородом, метаном и другими «безжизненными» газами.

Расположенные вокруг этого уникального водоема территории традиционно называются Причерноморьем.

Существуют несколько версий названия Черного моря – Понт Аксинский или Понт Эвксинский (др.-греч. Πόντος Ἐξέσος (древнегреческое «Негостеприимное море»), другой вариант: иранское ахšaina — «тёмно-синий», «тёмный» [3]. В «Хождениях» русских путешественников современное Черное море именовалось «Чермным», например, в «Хождении Зосимы в Царьград, Афон и в Палестину» (1419–1422) говорится о Коснятине – «деспоте Чермного моря» [6, 55]. Имеется вариант происхождения названия, который основан на том, что металлические предметы (например, якоря), опущенные в воду Чёрного моря глубже 150 м на длительное время, покрывались налётом чёрного цвета из-за воздействия сероводорода. Один из вариантов его названия связан с тем, что после шторма на его берегах нередко остается ил черного цвета (чаще темно серый) [26].

Таблица 1. Основные характеристики современного Черного моря [55]

Площадь водной поверхности	422 000 км ²
Объем	555 000 км ³
Длина береговой линии	3 400 км
Наибольшая глубина	2 210 м
Бассейн	Более 2 млн км ²

Гипотезы образования Чёрного моря

Существует несколько версий формирования Чёрного моря. Наиболее распространенная представлена на рисунке 1. По современным представлениям десятки миллионов лет тому назад громадный протоокеан Тэтис простирался между границами современных

Атлантического и Тихого океанов. Название его происходит от имени морской богини, дочери Нептуна Фетиды (Тетиды). Один из заливов океана Тетис занимал территорию современных Средиземного, Мраморного, Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей. Залив делился на две части: западную соленую, находившуюся на территории современного Средиземного моря, и пресную восточную, в которую впадало большое количество рек [26].

В процессе формирования Черного моря воды на изучаемой территории меняли свою соленость. Процесс этих преобразований во времени представлен также на рисунке 1. По мнению одних ученых, в конце ледникового периода уровень Черного моря был на 120–150 м ниже современного, но в результате интенсивного таяния ледников чаша была заполнена до уровня наших дней. В этом случае не ясно, каким образом появился верхний соленый слой при таянии пресных ледниковых вод

Другие ученые и исследователи считают, что формирование современного Черного моря носило катастрофический характер. Например, что ложе его возникло от падения метеорита огромной массы.

Третьи утверждают, что мощнейшее землетрясение раскололо сушу и в результате образования современного пролива Босфор, колоссальные массы соленой воды с территории современного Средиземноморья устремились в котловину Черного моря, которое до этого было пресным [31, 51].

Еще Плиний Старший (Gaius Plinius Secundus), живший в 1 веке до нашей эры, объяснял происхождение Черного моря «прорывом океана» через Геллеспонт (Дарданеллы).

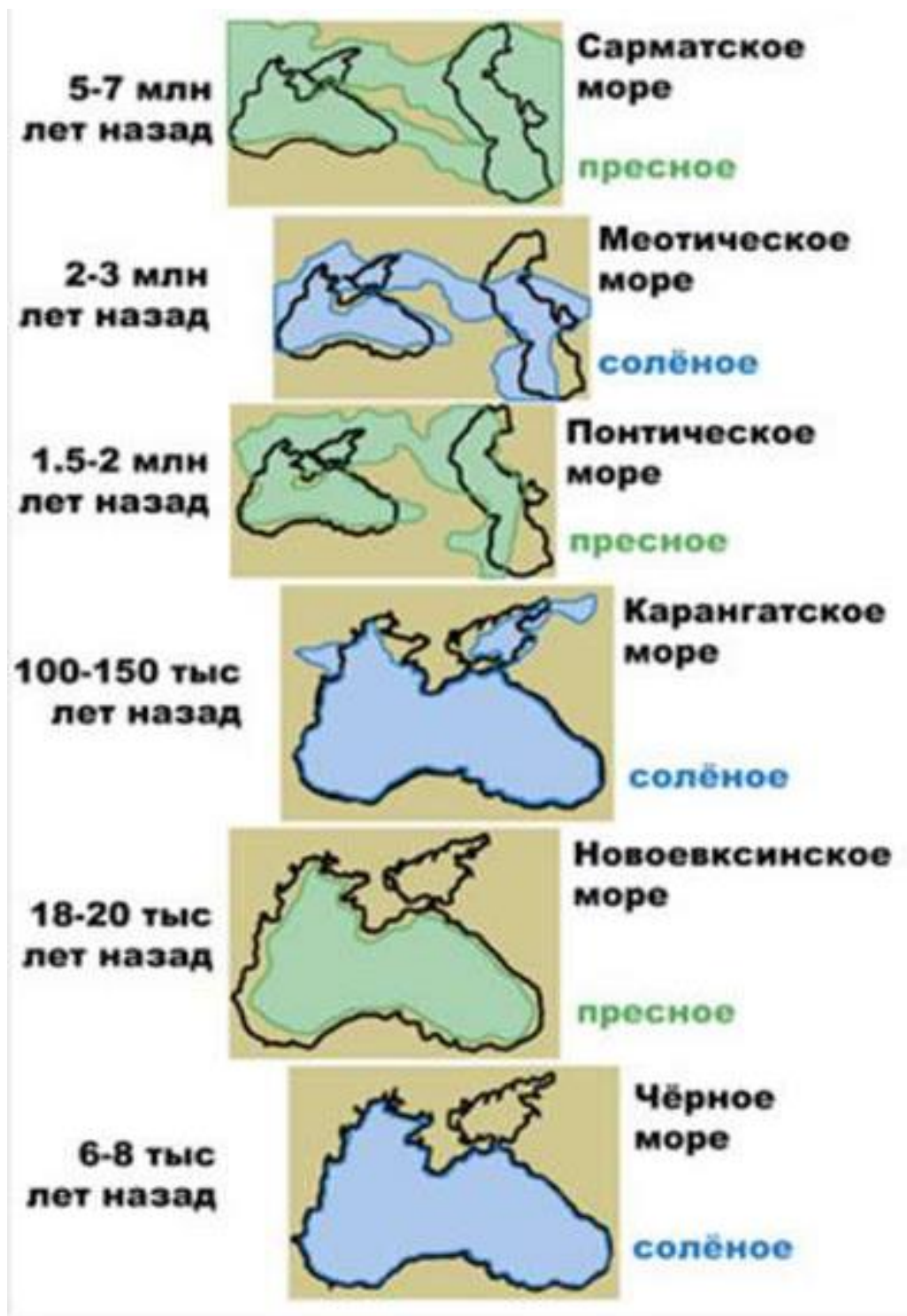


Рис.1. Схема формирования Чёрного моря [27]

Страбон (63–23 г. н.э.), античный историк и географ Римской Греции, считал, что истинной причиной отступления и наступления Черного моря на сушу является или подъем морского дна (и тогда морские волны заливают часть суши), или понижение дна моря (тогда море отходит в свои прежние границы) [46].

В настоящее время приоритетной считается гипотеза создания Черного моря Райана–Питмана, выдвинутая ими в 1996. Независимо от них болгарский профессор, геолог Петко Димитров выдвинул идею черноморского потопа еще в 1979. Впоследствии они тесно взаимодействовали и написали ряд совместных научных работ [60].

По мнению сторонников гипотезы превращения Черного моря из пресного в соленое, при этом погибло огромное количество пресноводных обитателей. Многие сторонники этой гипотезы считают, что живых пресноводных организмов при поступлении соленой воды погибло так много, что в результате разложения их остатков на большой глубине, лишенной кислорода, создался тот первоначальный запас сероводорода, который продолжает существовать и пополняться до сих пор.

Это предположение не является бесспорным, поскольку возникает резонный вопрос: «Почему в других местах, где имеются колоссальные отложения представителей животного мира (например, в районе Симбирска-Ульяновска) не образовался т.н. «сероводородный слой?»»

Почему в Байкале, в Великих озерах Северной Америки (США, Канада) чистойшей вода и не образовались плотные слои с сероводородом, метаном и т.д. большой мощности?

Ниже также будет выполнен критический анализ версии ученых и исследователей о продолжающемся пополнении анаэробного слоя за счет гниющих растений, стока загрязненных вод и т.д. Забегая вперед, отметим, что такие рассуждения так же представляются нам далеко не бесспорными.

Следует отметить, что существуют, мягко говоря, и совсем фантастические версии возникновения Черного моря. На государственном уровне, совершенно серьезно в Украине говорят и пишут о том, что котлован для Черного моря выкопали древние Укры.

Представить себе перемещение (куда?) более полумиллиона кубических километров (см. табл. 1) в основном скальных и полускальных пород нормальный ум представить не может. Как говорится, уму не постижимо, как могли «древние предки» без применения высокопроизводительной техники разрабатывать и перемещать гигантские объемы грунтов в доисторические времена. Тем более, что для этого потребовалось бы количество людей, сопоставимое, как минимум, с населением современного Китая (на 2019 год 1,4 млрд чел.) [40], а по многочисленным данным на всей планете Земля общая численность людей 5–8 тыс. лет назад составляла лишь 4 млн человек [47].

Схема современного Чёрного моря, представленная на рисунке 2, напоминает глубокую тарелку с мелководными краями по периферии, берега мало изрезаны, кроме северо-западной части.

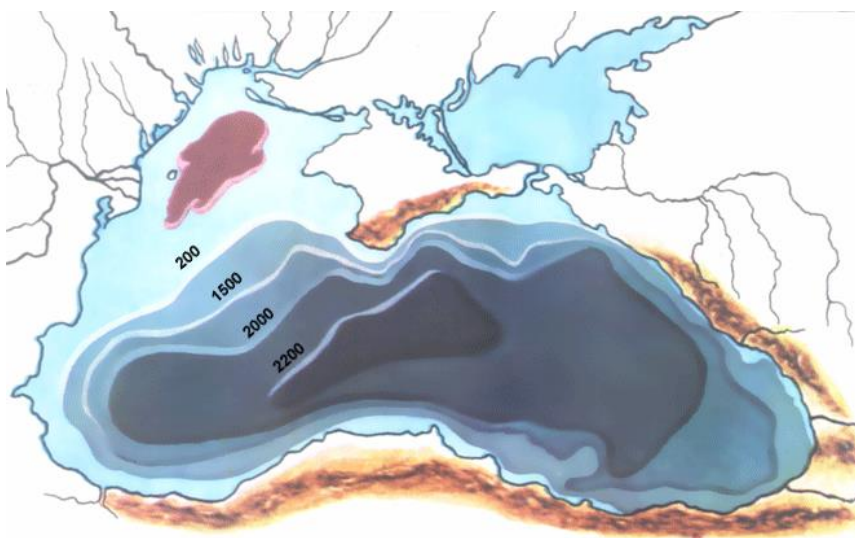


Рис. 2. Схема глубин современного Чёрного моря [5]

Сторонники древних цивилизаций и межпланетных контактов ратуют за то, что Черное море является гигантским карьером по добыче полезных ископаемых нашими

высокоинтеллектуальными предками или инопланетянами, оснащенными высокотехнологичной техникой, при этом апологетами искусственного формирования ложа Черного моря не исключается возраст «карьера для добычи» в десятки миллионов лет. По их мнению, позже он просто был залит водой. Они также не исключают при этом движения тектонических плит, в результате которого произошло образование «русла» для масс соленых атлантических вод и образования современного Черного моря. Следует оговориться, что две последние версии никак не касаются образования безжизненного сероводородного (анаэробного) слоя. Для сравнения на рисунке 3 приводится фотография жителя города Петропавловск-Камчатский Ивана Сиротенко, иллюстрирующая, как будет выглядеть Черное море, если «с него слить воду» [19].

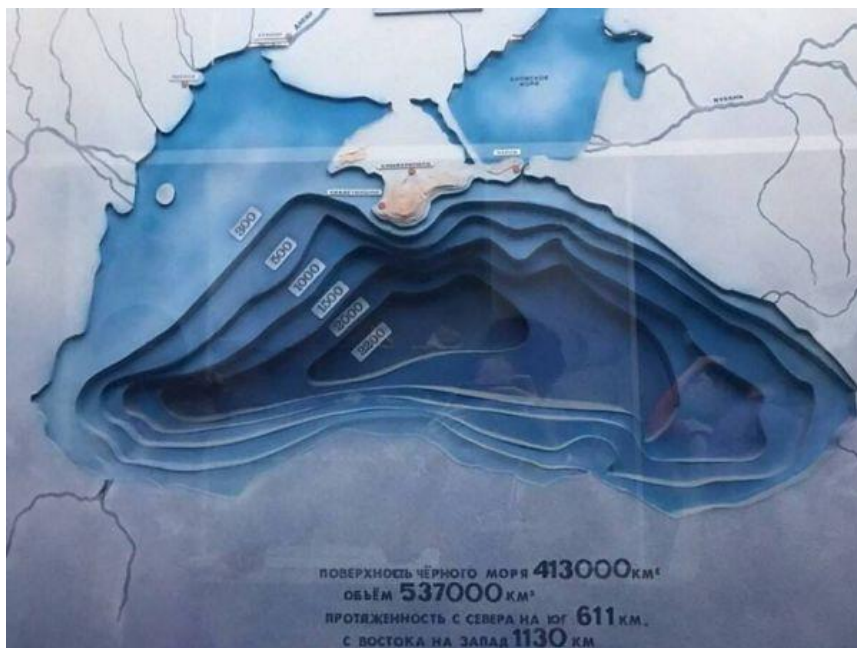


Рис. 3. «Как выглядит дно Черного моря без воды». Фото И. Сиротенко [26, 29]

Справедливости ради стоит отметить, что рисунки 2 и 3 напоминают карьеры Курской магнитной аномалии (КМА), кимберлитовых трубок «Мир» и «Айхал» в Саха-Якутии и др.

Современное Чёрное море

Только глубокое, всестороннее знание природы промысловых вод может дать прочную основу для вполне целесообразного использования их естественных богатств.

Н.М. Книпович (1862–1939)

С целью детализации изучаемого вопроса необходимо составить общее представление о закономерностях движения водных масс в Черном море. Это касается в основном приповерхностных слоев.

Уникальность Чёрного моря заключается в том, что оно является крупнейшим в мире меромиктическим с несмешиваемыми слоями воды водоёмом (Meromictic lake). Основные массы черноморской воды: поверхностная – опресненная за счет впадающих рек, богатая кислородом и близкая по температуре к воздуху; и глубинная масса, имеющая большую

солёность и плотность. Кроме того, для глубинных вод характерна постоянная температура и масса эта является бескислородной (анаэробной) зоной, которая на глубинах от 30 до 100 м разделена с поверхностной массой пограничным слоем воды (так называемым холодным промежуточным слоем, или ХПС).

Для Черного моря характерны два огромных замкнутых круговорота, которые названы «Очки Книповича» в честь океанолога Николая Михайловича Книповича, который первым описал эту схему [41].

Схема движения воды приповерхностного слоя имеет форму двух окружностей, расположенных соответственно в западной и восточной частях Черного моря. Она представлена на рисунке 4. Движение масс воды только горизонтальное, поэтому перемешивания слоев богатых кислородом и сероводородных слоев не происходит. Эти направленные против часовой стрелки два огромных кольцевых потока перемещают гигантские объемы воды в восточной и западной частях моря.



Рис. 4. Схема движения воды приповерхностного слоя в Чёрном море [11, 41, 42]

Безжизненный (анаэробный) слой Черного моря

В настоящее время единое, общепризнанное объяснение происхождения сероводорода и других газов в Чёрном море отсутствует. В основном ученые и исследователи причиной возникновения сероводорода считают разложение органических остатков, о чем упоминалось выше. Есть мнение, что это соединение в Чёрном море образуется главным образом в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий, а также из-за резко выраженной стратификации воды и практически отсутствующего вертикального обмена. Концентрация сероводорода растёт с глубины 150 м, составляя 0,19 мг на 1 л морской воды, до глубин более 2200 м, где достигает максимальных концентраций в 9,6 мг/л воды [42]. Таким образом, если считать средней концентрацией 5,73 мг/л на средней глубине 1240 м, то приблизительное количество сероводорода в Чёрном море составляет около 3 млрд т. [34, 35].

Кроме описанных выше гипотез о безжизненном (анаэробном) слое имеется мнение о том, что Чёрное море является не только гигантским резервуаром сероводорода, но и метана,

который выделяется, по мнению исследователей, скорее всего, также в процессе деятельности микроорганизмов в поверхностном слое, а также на дне моря. Первые данные по распределению концентрации метана были получены в глубоководной зоне в начале 70-х годов прошлого столетия [59].

Как отмечалось выше, практически начиная с глубины 150–200 метров в море живут только анаэробные бактерии. Никакой другой жизни нет. Сторонники биохимического происхождения сероводородного слоя считают, что бактерии за тысячи лет накопили в море более миллиарда тонн этого плотного, тяжелого ядовитого газа, который, кроме того, может гореть и взрываться [26].

Очевидцем одного из таких явлений был академик П.С. Паллас, который писал: «5 сентября 1799 года недалеко от г. Темрюка в море произошёл оглушительный взрыв – из воды поднялся столб огня и чёрного дыма, а затем образовался остров диаметром 100 метров и высотой 2 метра. Даже у прославленных запорожских казаков, незадолго до этого переселившихся на побережье, этот взрыв и вновьявленный остров вызвали мистический ужас» [26].

По нашему мнению, только биохимическое происхождение того же сероводорода в количестве более одного миллиарда тонн позволяет выразить сомнение в этом предположении, что хорошо сочетается с выводами А.Ю. Леин и М.В. Иванова, проводящими исследования с 1980 г. и установившими: «Микробный метаногенез в анаэробной водной толще обеспечивает более 80% содержащегося в воде метана, но не менее $14.9 \cdot 10^{10}$ молей метана ежегодно поступают в водную толщу и из внешних источников – подводных грязевых вулканов и холодных метановых сипов» (cold seeps). Сипы – холодные метановые струи по данным авторов были обнаружены практически по всей периферии Чёрного моря и на разных глубинах до 2000 м, поток метана в атмосферу с акватории Черного моря составляет от 2 до $10 \cdot 10^{10}$ молей в год [34 35, 56]. Следует отметить, что в ряде публикаций газово-грязевые вулканы называются вулканоидами с целью отделения их от вулканов классических [10, 23].

Флюиды в составе холодных сипов поступают на дно за счет уплотнения осадочных отложений, дегидратации глинистых минералов и за счет процессов, связанных с газообразованием (CH_4 , H_2S , CO_2). Отмечается, что в продуктах извержения глубоководных грязевых вулканов содержатся повышенные концентрации сероводорода (H_2S) и метана (CH_4), поступающих из верхней толщи глубоководных осадочных бассейнов, в том числе из зон сульфатредукции и метаногенеза.

Кроме холодных метановых сипов на дне Черного моря выявлены многочисленные грязевые вулканы, результатом деятельности которых является образование потоков метана (CH_4).

По мнению ученых, именно грязевыми вулканами создается основной поток флюидов из недр ко дну Черного моря. Область массового развития глубоководных грязевых вулканов располагается в пределах Западно-Черноморской впадины и составляет площадь около 10 тыс. км². Мощность осадочного чехла здесь достигает 15 км.

По мнению С.Г. Миронюка и других авторов, «грязевый вулканизм – явление, сопровождающееся выбросами пород в результате аномально высоких внутрипластовых давлений в газофлюидальных породах» [38].

В научных работах подчеркивается, что грязевые вулканы приурочены к наиболее активным сейсмотектоническим зонам краевых прогибов, представляющих мощную толщу молассовых формаций, для которых характерны крупные скопления газа и аномально высоких пластовых давлений (АВПД) [2, 35, 38].

Это, по нашему мнению, говорит в пользу эндогенного происхождения как самого Черного моря, так и анаэробного слоя, состоящего из сероводорода, метана и других газов. Русскими учеными В.И. Вернадским, Н.Д. Кондратьевым и А.Л. Чижевским были выдвинуты положения о взаимосвязи процессов в земных сферах с космическими процессами. Наука, которую создали и развили ее основоположники и назвали «гелиобиология», изучает проявления солнечной активности в биосфере и ноосфере. Вместе с тем, следует напомнить, что великий русский ученый-энциклопедист М.В. Ломоносов скептически относился к всеобъемлющему влиянию Солнца на процессы, происходящие на Земле, особенно в ее недрах. Он подчеркивал: «...чрез толь многие веки везде подземный огонь нужен, ибо весьма невероятно, чтобы солнечные лучи теплотворным движением в такой глубине могли произвести к тому довольно действие. Сверх сего Северный океан, льдом покрытый, изобилует животными разного рода, которые рыбами питаются, чем ясно показывают, что дно морское без лучей солнечных от внутреннего земного огня довольно теплоты получает» [36].

Единство процессов черноморского и других регионов

Химики из Института Макса Планка установили, что уровни содержания этана и пропана в воздухе над севером Красного моря были в 40 раз выше, чем предполагалось, даже с учетом региональных антропогенных выбросов. По их мнению, газы проникают через морское дно «... из природных подземных резервуаров нефти и газа» [53].

Подобные явления характерны и для других регионов Земли. Так, например, из недр озера Монун, находящегося на западе Камеруна, 15 августа 1984 года вырвалось облако бесцветного газа, накрывшее окрестности. Продуктами выброса отравились и погибли 37 человек. Еще более масштабная трагедия произошла в той же стране 21 августа 1986 года, когда выброшенный из озера Ниос углекислый газ погубил более 1750 жителей округи. При этом пали практически все домашние и дикие животные в радиусе 25 км. Правительством страны около пяти тысяч человек были переселены с берегов этого озера в безопасные места [48].

В Марианской впадине на глубине около 1,6 км от поверхности Тихого океана исследователями обнаружены гидротермальные источники, которые были названы «Черными курильщиками». Из них под огромным давлением выбрасываются минерализованные воды с температурой до 450° С. Также в Марианской впадине имеются т.н. «Белые курильщики», открытые в 2005 г. и получившие название «источники Шампань» (см. рис. 5), которые представляют диоксид углерода или углекислый газ (CO₂) [1].

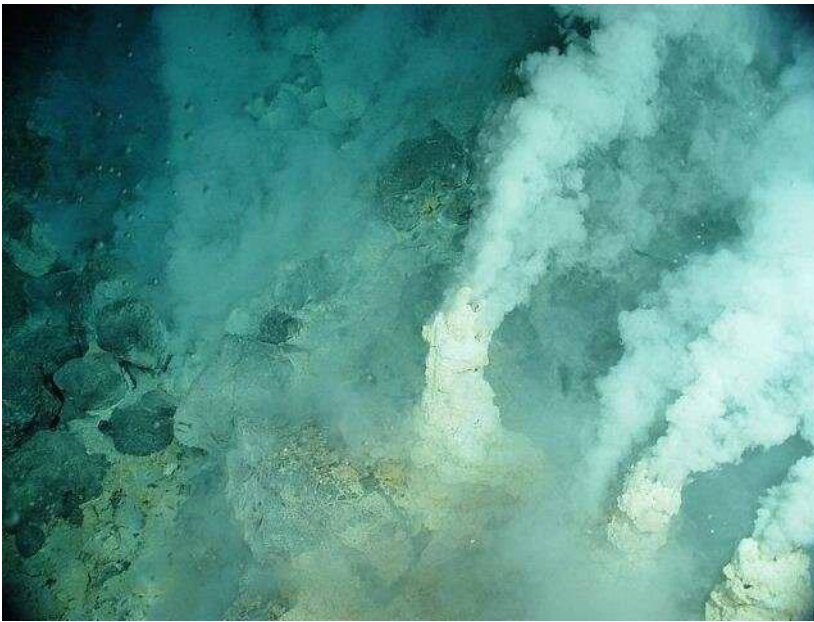


Рис.5. Источники «Шампань» в Марианской впадине [1]

Уникальное явление, открытое учеными в вулкане Дайкоку, находящемся на глубине 414 м, рядом с Марианской впадиной – озеро чистой расплавленной серы.

М.В. Ломоносов считал источником энергии внутри планеты серу, восклицая: «Что же к возгоранию удобнее серы? Что к содержанию и питанию огня ее неодолимее? ... В удовольствие ваше предлагаю, что внутренним движением нечувствительных частиц, составляющих тела, следовательно и серу, большее производится трение внутри земли для сильного ее давления от тел, на ней лежащих, которое должно быть тем больше, чем положение серы глубже; а от сильного трения серы необходимо должно воспоследовать возгорение. Сей огонь по разным свойствам материи, к поверхности земной ближе лежащей, больше или меньше силы имеет и для обильнейшей пищи вон вырывается. Потом, истощив оную, умирает или, воспящен противным действием, угасает, пока от новой серы, из внутренних подземных хлябей жаром пригнанной, новые получает силы и пламень на воздух отрыгает» [36].

В современных научных трудах отмечается, что в восьмидесятых годах XX века были зафиксированы колебания анаэробного уровня в Чёрном море. Некоторые исследователи указывали на быстрый подъем т.н. сероводородной границы — едва ли не с катастрофической скоростью 2 м в год, и даже об угрозе выхода горюче - и взрывоопасных газов на поверхность Черного моря. Эти сведения попали в Кремль, к руководителям страны, которые отдыхали обычно на Черноморском побережье. Ученым поставили задачу немедленно рассмотреть вопрос о сероводородном слое. Появились амбициозные планы о добыче миллиардов тонн серы и миллиардов кубометров водорода. В печати появились «пугалки» типа «Когда взорвется Черное море?», посвященные лоббированию проектов освоения сероводородных богатств черноморских глубин. Планировалось ежегодно выкачивать из недр Черного моря 2500 км³ воды, что равняется семи годовым стокам всех рек Азово-Черноморского бассейна. Для этого необходима энергия 20 крупных теплоэлектростанций суммарной мощностью 25 млн квт, которые планировалось разместить на Кавказском берегу. Несомненно, что экологии Черного моря при этом был бы нанесен огромный и непоправимый урон!

Выше было описано зрелище взрыва грязевого вулкана на Азовском море, наблюдавшееся П.С. Палласом. Также известно о нескольких более мощных взрывах газов на Чёрном море. В 22 ч. 15 мин. 11 сентября 1927 г. в Крыму произошло разрушительное

землетрясение в Ялте и других городах Южного берега Крыма. В условиях страха и нервной обстановки немногие обратили внимание на необычное событие в море к западу от Севастополя [8]. По свидетельству очевидцев, во время землетрясения наблюдался «огонь красного цвета в виде сильной зарницы» при отсутствии грозовых туч. Также свидетели отмечали, что огненные вспышки действительно имели огромные размеры, так как были видны на протяжении 60–70 км. Так, на мысе Лукулл наблюдались огненные вспышки высотой около 500 м и шириной около 1,8 км, которые были видны даже из Евпатории. Также очевидцами в Феодосии обращалось внимание на то, в 30 км по направлению к Анапе тоже полыхали огненные столбы. Наблюдалась она как при главном землетрясении, так и при последовавших той же ночью афтершоках (повторных землетрясениях), их наблюдали также в начале октября.

Впоследствии было выдвинуто несколько версий этого катастрофического явления:

- одни считали, что горел сероводород, который мог дегазироваться из нижних слоев черноморских вод;
- другие предполагали, что виной была вспышка водорода после его дегазации из земной коры вследствие её сейсмических подвижек;
- третий вариант – возгорание метана, также поднявшегося со дна моря через трещины, образовавшиеся при землетрясении

Следует обратить внимание и на указание об извержении грязевых вулканов, существование которых обосновал (проф. С.П. Попов) [58]. На рисунке 6 представлена схема грязевых вулканов и газовых источников Черного моря, которые могут стать причиной катастрофических явлений.

Сотрудниками ВНИИГАЗ А.Г. Ефремовой и Б.П. Жижченко определены запасы метана, находящегося в форме газовых гидратов в глубоководных осадках Чёрного моря, впервые обнаруженных в 1972 году (рейс НИС «Московский университет») [4, 20]. Разработанные технологии предполагали использование способности гидратов концентрировать газ при относительно низком давлении. Так, например, при температуре +4°C и давлении 40 атм., концентрация метана в гидрате соответствует давлению в 15–16 МПа (150–160 атм.). По результатам исследования специалистов, находившихся на борту научно-исследовательского судна «Московский Университет», были определены в 25–49 трлн. кубометров газа [44].

По свидетельству исследователей, в Чёрном море имеется единственный классический вулкан, который извергался в середине юрского периода мезозойской эры (150–160 млн. лет назад), который был потушен морем и образовал заповедный горный массив Кара-Даг [7].

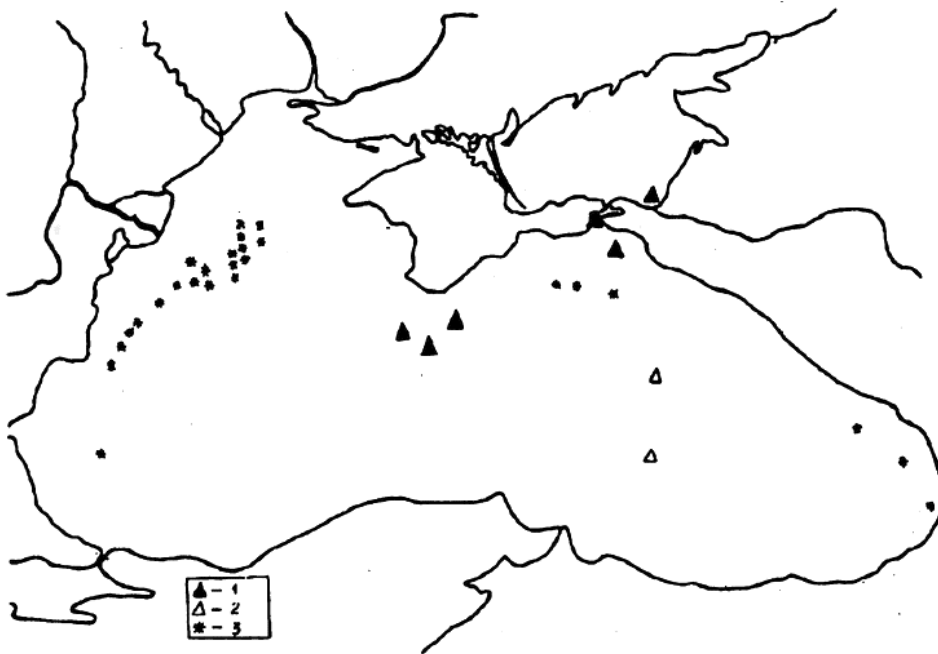


Рис. 6. Грязевые вулканы и газовые источники на дне Черного моря. 1 – грязевые вулканы действующие; 2 – грязевые вулканы предполагаемые; 3 – газовые источники [27, 57]

На Крымском полуострове насчитывается около 50 грязевых гейзеров и вулканоидов, из которых самый большой – Джау-Депе, находящийся недалеко от трассы Керчь-Феодосия у села Вулкановка. По свидетельству очевидцев, он хорошо просматривается прямо с дороги. Высота холма Джау-Депе 119,6 м (на момент описания) при высоте самой сопки 60 м и диаметре основания более 500 метров. Впервые о нем стало известно в 17 веке, когда грязевым потоком было уничтожено селение. На рисунке 7 представлена грязевая сопка Джау-Депе, на рисунке 8 – кратеры грязевых вулканов вблизи Керчи.



Рис. 7. Джау-Депе. Керчь [18]

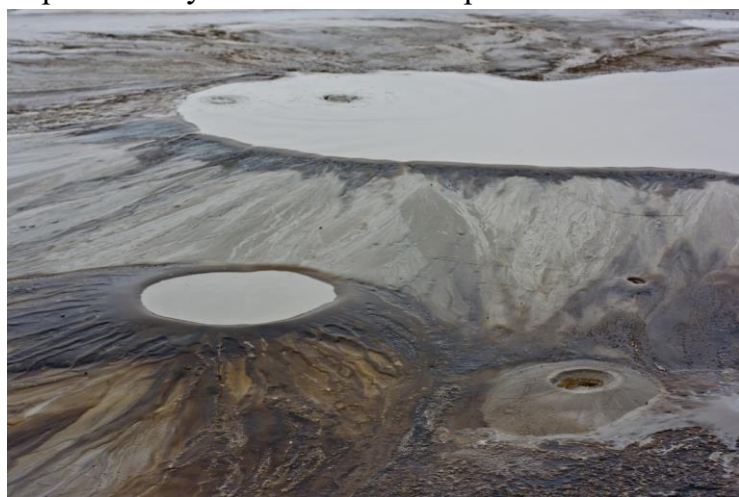


Рис. 8. Кратеры грязевых вулканов [16]

Также недалеко от Керчи (в 8 км к северу от города), у села Бондаренково, в неглубокой пустынной котловине диаметром около 400 м находится заполненное грязью круглое озеро. Это Булганакское озеро с самой большой в Крыму группой из семи грязевых вулканов (рис. 8).

Следует отметить, что самым большим в мире грязевым вулканом считается вулкан Локбатан (азерб. Lökbatan), который находится в Азербайджане, неподалеку от Баку возле

одноименного поселка. В мире насчитывается всего около 800 подобных вулканов и около 300 из них находятся на территории этой страны. Именно благодаря вулкану в Азербайджане открыто одно из самых богатых нефтегазовых месторождений. Ученые-геологи, исследовавшие вулкан Локбатан и пробурившие скважину возле него в 1933 году, обнаружили «черное золото» [13, 37]. Подчеркнем это обстоятельство, как важное для дальнейшего рассмотрения анаэробного слоя в Черном море. Грязевые вулканы могут стать маркирующими для поисков месторождений углеводородов, а ведь до открытия советских ученых в районе Локбатан считалось, что грязевые вулканы никоим образом не связаны с углеводородными месторождениями и не могут служить их признаком.



Рис. 9. Грязевой вулкан. Извержение 20.09.2012 [28]

Грязевый вулкан Локбатан известен своей активностью. Например, за прошедшие полтора века он активизировался 22 раза. Последнее извержение произошло 20.09.2012 года, когда поселок Локбатан осветило огромное зарево, а вслед за ним из вулкана повалила грязь, которая разлетелась более чем на 2 гектара [13, 37].

Следует обратить особое внимание на то, что на современной территории поселка Локбатан в древние времена находилась стоянка караванов. В связи с тем, что местность вокруг была заболоченной, здесь часто тонули верблюды. Это и послужило источником названия поселка: Lök-batan («lök» фарси «верблюд» «batan» - тонущий) [37].

Исследователям, путешественникам, туристам, отдыхающим, одним словом, необходимо помнить, что независимо от местонахождения на Черноморском, Каспийском, Азовском побережье и т.д. необходимо проявлять особую осторожность и соблюдать правила техники безопасности, поскольку в таких местах тонули люди, животные и даже автомобили.



Рис. 9. Грязевый выброс под давлением газов [15]

Вдоль побережья Черного и Азовского морей имеется много грязевых вулканов и озер, которые используются как грязелечебницы для профилактики и лечения самых различных заболеваний (рис. 10).



Рис. 10. Темрюк грязевый вулкан Тиздар, Краснодарский край. Открытый источник [21]

Для более детального рассмотрения безжизненного (анаэробного) слоя в Черном море необходимо проанализировать общие закономерности и отличия с Азовским морем. Этот водоем назвать морем можно весьма условно, поскольку Азовское море – самое мелководное на Земле. Максимальная глубина водоема достигает 13,5 метров, а средняя – около 8 метров. Много тысячелетий назад на здешней территории воды не было. Азовское море омывает всего два государства (Россию и Украину) и является одним из самых востребованных региональных мест отдыха населения. Черное и Азовское моря соединяются Керченским проливом.

На обоих берегах пролива имеется значительное количество грязевых вулканов, Крымские вулканы под Керчью описаны выше.

На Таманском полуострове кроме небольших озер или холмов, из которых под давлением газов (а возможно и под давлением воды и жидких углеводородов) происходит самоизлив жидкой грязи, имеется и подводный вулкан Голубицкий (рис. 11).

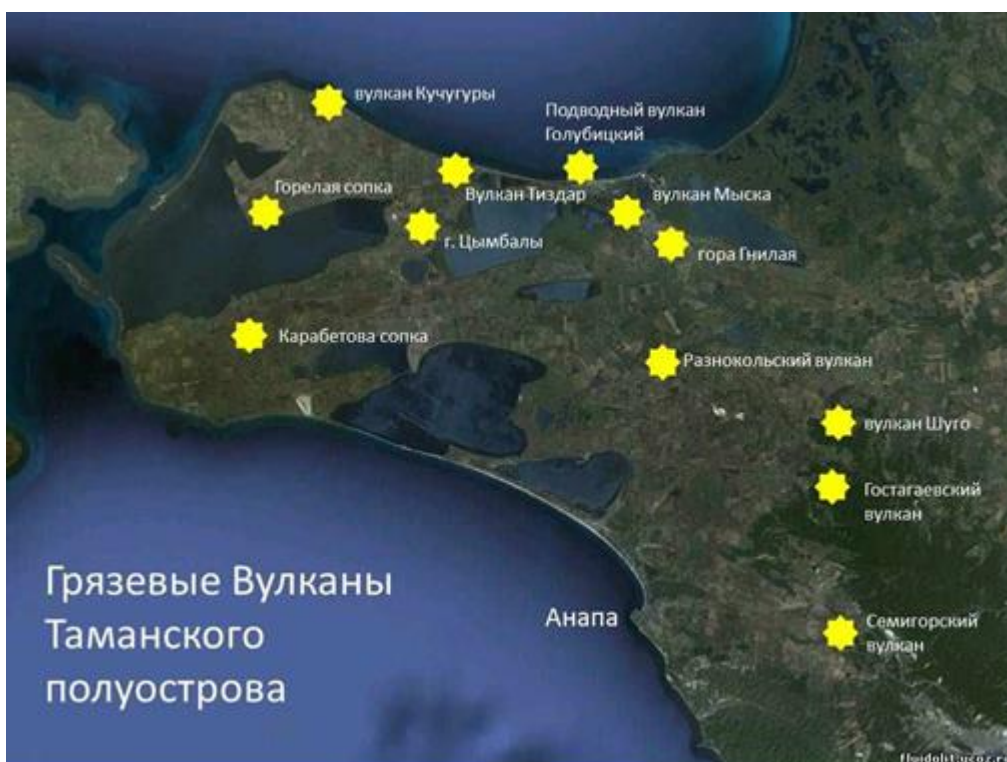


Рис. 11. Таманский полуостров. Грязевые вулканы. Открытый источник

Грязевые вулканы в большинстве случаев следует называть газовой-грязевыми вулканами, поскольку из-под поверхности земли на побережье и (или) со дна водоемов нередко под большим давлением выбрасываются газы и грязевые массы, а порой и нефть с водой. Описанные выше вулканы, по мнению ученых и исследователей, являются маркирующими для углеводородных месторождений [3, 5, 13, 37], причем при бурении Кольской сверхглубокой скважины ниже осадочных пород был выявлен метан, как указывается «в огромных концентрациях» [9].

Также крупный грязевой вулкан был обнаружен сотрудниками Иркутского государственного университета на дне озера Байкал, вернее в подводной части дельты реки Селенга, который был назван Тельным по ближайшей железнодорожной станции [22]. Обычно грязевые вулканы описываются как круглые отверстия в земной поверхности или конусы, из которых извергаются (выдавливаются) грязь и газы, а нередко – вода и

нефть. На Байкале же это вытянутый узкий полуостров, который вдаётся от берега вглубь озера на 2,5 км, при этом «подводный полуостров поднимается над дном на километр, а его склоны такие крутые, что в некоторых местах почти вертикальны» [22]. Изучение углеводородных газов Байкала начато сравнительно недавно сотрудниками кафедры геологии нефти и газа ИГУ – в конце прошлого века [24]. Первая публикация о наличии на байкальском дне газово-грязевых вулканоидов появилась в журнале «Геология нефти и газа» в 2001 г. [25].

О том, что газовые вулканы на Байкале существуют, свидетельствует название озера, поскольку в переводе с бурятского Байкал означает «стоящий огонь» (Бай Гал). Видимо, древние буряты видели факелы горящих газов, самовозгорающихся при катастрофических извержениях [17].

Здесь уместно сделать предположение: а не провоцируются ли землетрясения выбросами под большим давлением газов и их самовозгорания, когда образуются гигантские полости, а затем, в результате обрушения пластов горных пород (купола вулканоида) происходят подвижки и сотрясения земной тверди? Тем более что выходы (выбросы) газов вулканоида вполне возможны, поскольку они приурочены к зонам разломов. Мнение близкое к нашему, выразили Измайлов Я.А. и Гусаков И.Н.: «Возможно, вспучивание массивов с образованием систем радиальных и концентрических трещин предвещает сильные извержения и его следует рассматривать в качестве универсального предвестника катастрофических событий» [21]. При этом приводится в качестве примера участок аномального воздымания грунта, наблюдающегося в последнее время в береговой зоне Азовского моря у мыса Каменный. Здесь нельзя исключить газово-грязевых извержений в ближайшее время.

Одними из мощнейших были извержения вулкана Западные Цимбалы в 1977 и 2002 гг. Причем авторами [21] в первом случае за несколько месяцев до события удалось описать систему радиальных и концентрических трещин, появившихся на склонах сопки и имевших протяженность в несколько сот метров, которые свидетельствовали о начале вспучивания купола вулканоида. В 2002 г. произошло взрывное извержение газово-грязевого вулкана, в результате которого образовалась гигантская воронка (кратер) диаметром 225 м! При этом образовался грязевой поток на северном склоне «...с крупными (до 15-20 м) блоками более древних и плотных грязевулканических пород» [21]. Последняя фраза свидетельствует о том, что здесь в доголоценовое время происходили извержения вулканоидов с выбросом огромного количества газово-грязевых масс. Учеными и исследователями предоставляются материалы по газобиогеохимическим аномалиям в придонной среде северо-западной части Черного моря, а также связь аномалий с глубинными потоками газообразных флюидов. По утверждению авторов: «...как в рассеянной форме, так и в виде локальных флюидопроявлений (подводных грязевых вулканов, струйных газовойделений, газовых факелов, газогидратов)» [2]. То есть существует неразрывная связь между вулканоидами и углеводородными месторождениями. На рисунке 12 представлен газово-грязевой вулкан на Таманском полуострове, на рисунке 13 – вулканоид на дне Черного моря.



Рис. 12. Газово-грязевой вулкан. Тамань [14]



Рис. 13. Подводный вулкан [2]

Возникает резонный вопрос: почему только в Черном море имеется столь мощный анаэробный слой? По нашему мнению, ответ лежит на поверхности, как в прямом, так и в переносном смысле. Азовское, Каспийское море и др., на берегах и дне, которых имеются описанные вулканойды – мелководные водоемы и их воды перемешиваются на всю глубину, и идет активная дегазация, а в Черном море тяжелые газы не могут подниматься к поверхности и там дегазации вод глубинного горизонта не происходит.

Также возникает вопрос, почему не образуется анаэробный слой в озере Байкал, имеющем глубину 1642 (имеются и другие данные с разницей в 15–20 м.). Объяснением этого может служить то, что пресноводные притоки заполнили рифтовую долину, образовавшуюся в результате тектонических подвижек, а объемы выбросов вулканойдов, даже если они имелись в это время, были незначительными по сравнению с объемами пресных вод. Впрочем имеются предположения о существовании под озером мантийного плюма

(англ. plume — факел) – горячего потока, восходящего от основания ядра Земли. Изучив деятельность вулканоидов, ученые пришли к выводу, что глубоководной части Байкала 150 тыс. лет, а современной береговой линии всего лишь около 8 тысяч лет. То есть столько же, сколько и Черному морю.

Космический аспект проблем Черного моря

Как отмечалось выше, концентрация газов анаэробного слоя в Черном море растёт с глубины 150 м, что говорит, по нашему мнению, в пользу гипотезы эндогенного происхождения бескислородного слоя. Здесь следует подчеркнуть, что основная опасность заключается в возможном прорыве высокотемпературной массы и (или) газов в слой, содержащий горючие и взрывоопасные газы – сероводород, метан, пропан, бутан, водород и др. Для более полного раскрытия темы предлагаем рассмотреть некоторые особенности космических объектов, выбрасывающих воду и газы в различных сочетаниях на огромную высоту. Высота космических гейзеров достигает многих десятков километров, а нередко и нескольких сотен километров от их поверхности.

Космическим телескопом Хаббл (Hubble) в декабре 2012 г. выявлены выбросы пара и воды с холодной поверхности спутника Юпитера Европы (радиус 200 км), выбрасываемых, по мнению ученых НАСА (NASA), с глубины через трещины, которые еще называют линиями. Причем гигантские гейзеры выбрасывают воду в космос на высоту в 200 км [2]. Ранее, в 2005 г. подобное событие было зафиксировано аппаратом Кассини (Cassini) на спутнике Сатурна Энцеладе, также выбрасывающего в космическое пространство не только воду, но и метан, сероводород и другие газы, а также сложные органические вещества [30, 39, 49].

Ученые из Калифорнийского и Чикагского университетов построили компьютерную модель, в соответствии с которой гейзеры представляют собой набор параллельных прямоугольных щелей длиной около 130 километров и глубиной около 35 километров [52]. Отличие гейзеров и вулканоидов от описанных спутников заключается в том, что последние покрыты мощным слоем льда.

Если принять аналогию между процессами, происходящими на космических объектах (описанных выше спутниках), и возможных сверхмощных выбросов воды, газов и углеводородов, с учетом теорий расширения Земли и содержания воды и газов в больших количествах и под огромным давлением в литосфере над мантией, то само собой напрашивается предположение о возможных катастрофических извержениях вулканоидов в прошлом и вероятном повторении их в будущем.

Объемы статьи не позволяют осветить все аспекты в полном объеме, поэтому предлагаем познакомиться с теоретическими разработками расширения Земли (как и ее сужения), которые достаточно подробно изложены в многочисленных работах, например [12, 32, 33, 34]. Далее будет изложена возможность образования Черного моря и анаэробного слоя за счет эндогенных процессов.

Гипотеза возникновения Черного моря и анаэробного слоя

Схема образования вод и газов в литосферном слое и выбросов гейзеров и газовой-грязевой вулканоидов, позволяющая обосновать эндогенное происхождение Черного моря, представлена на рисунке 14.

В соответствии с выдвигаемой гипотезой, образование ложа Черного моря произошло в результате катастрофического водно-газово-грязевого выброса спровоцированного (и/или сопровождаемого) мощным основным и повторными землетрясениями (афтершоками), характеризующимися динамическими, тепловыми (термическими) и химическими

процессами, именуемые эксплозивными (взрывными) извержениями. Кроме того, эти явления сопровождаются деформациями земной поверхности, трещинообразованием, активизацией оползневых процессов, выбросом грязевулканической брекчии, радиус разброса которой может достигать нескольких километров. Размеры глыб брекчий достигают 2–10 м.

Для грязевых вулканов характерна мощная толща глинистых пород, которая является своеобразной подушкой, служащей своеобразной мембраной, под которой создаются аномально высокие пластовые давления и через разрывы в которой прорываются вода, газы, нефть [52].

Извержения могли происходить через несколько вулканоидов, находившихся на территории современного Черного моря, возможно, это были и подводные грязевые вулканы (в случае пресноводного или соленого водоема), при этом тяжелые водно-газовые субстанции оседали на дне водоема.

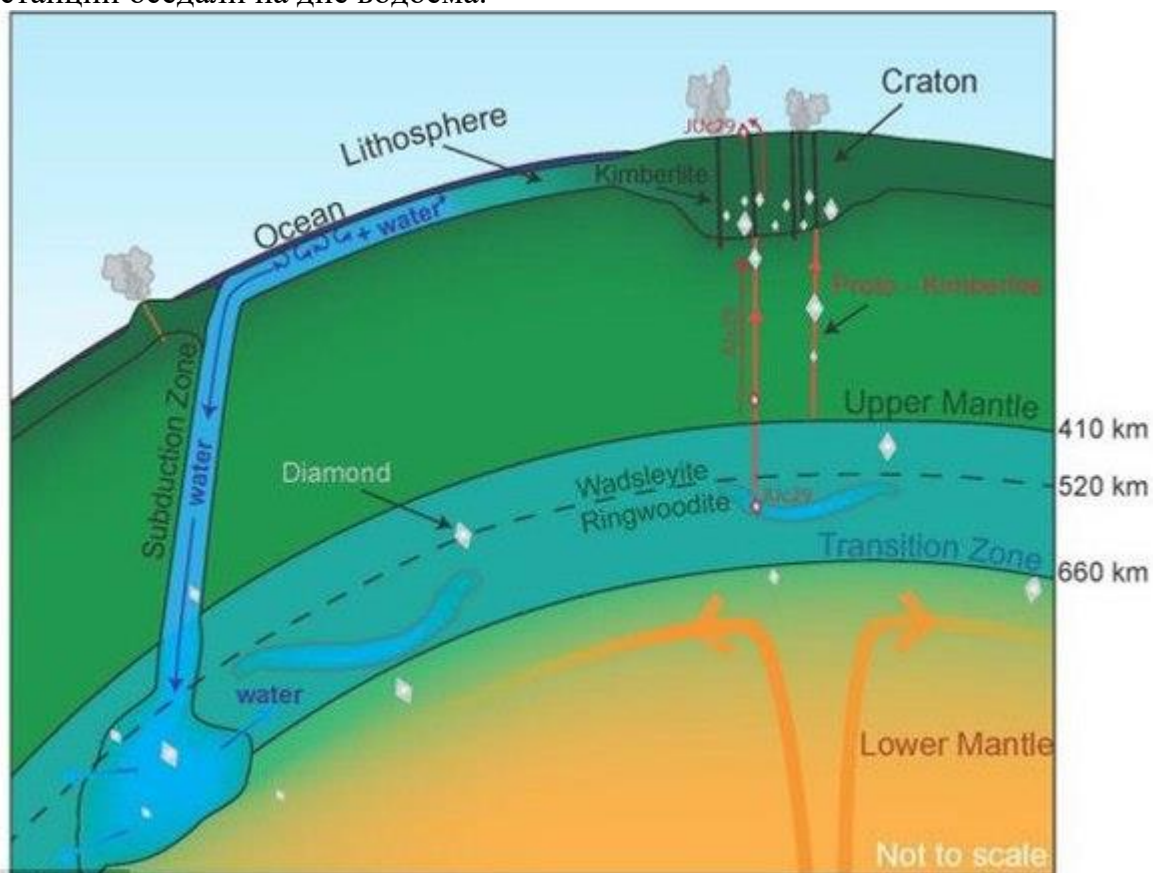


Рис. 14. Схема извержения водно-газово-грязевых вулканоидов [34]

О мощных грязевых извержениях писали древние ученые, как, например, Платон о Гибралтаре и невозможности выхода в Атлантический океан «...цари острова Атлантиды; как мы уже упоминали, это некогда был остров, превышавший величиной Ливию и Азию, ныне же он провалился вследствие землетрясений и превратился в непроходимый ил, заграждающий путь мореходам, которые попытались бы плыть от нас в открытое море, и делающий плавание немислимым» [45].

Ступенчатое строение чаши Черного моря можно объяснить периодическими осадками дна водоема во времени, когда мощные выбросы газов и грязи с большой глубины обусловили огромные полости под дном моря, которое с определенной периодичностью оседало, провоцируя ступенчатый характер строения морского ложа (см. рис.2, 3, 14).

Таким образом, безжизненный (анаэробный) слой изначально образовался за счет эксплозивных (взрывных) извержений вулканов.

В случае потока, хлынувшего из Средиземного моря (Атлантического океана), должно остаться проторусло от Дарданелл и в чаше Черного моря должна остаться промоина в «ступенчатой» части Черного моря со стороны Средиземного моря. Впрочем, это никак не противоречит гипотезе (предположению) образования Черного моря и его составляющей – анаэробного (безжизненного слоя). Никто не может гарантировать, что в будущем не может быть мощных землетрясений и эксплозивных извержений вулканов.

Нередко исследователи сравнивают возможные катастрофические последствия возгорания черноморского газообразного слоя с гипотетической катастрофой Йеллоустонского вулкана (кальдеры) под которым имеется гигантский плюм – вертикальный поток твёрдой мантийной породы раскалённый до 1600 °С и подчеркивают, что катастрофа на Черном море может быть значительно страшней и масштабнее [28].

Экология и охрана природы Чёрного моря

Чаще всего «пузыри» сероводорода, метана в морях носят локальный характер, но в Черном море имеется огромный слой ядовитых газов, занимающих около 90% всего объема моря, а на воду, обогащенную кислородом, в которой возможна жизнь, приходится не более 10%.

По многочисленным сведениям, анаэробные бактерии участвуют в процессах разложения живых организмов и сами являются одним из источников сероводорода, метана, водорода и др. Кроме того, газы могут поступать из трещин в земной коре, подводных вулканов или проникать из Средиземного моря через Босфорский пролив.

Компоненты, формирующие водный баланс Чёрного моря:

- атмосферные осадки (+230 км³ в год);
- материковый сток (+310 км³ в год);
- поступление воды из Азовского моря (+30 км³ в год);
- испарение воды с поверхности моря (–360 км³ в год);
- вынос воды через пролив Босфор (–210 км³ в год) [54].

Объемы вод, поступающих в Чёрное море из Азовского, и величина речного стока превышают величину испарения с поверхности, вследствие чего уровень Чёрного моря превышает уровень Мраморного на 20–30 см. Благодаря этому формируется верхнее течение, направленное из Чёрного моря через пролив Босфор. Нижнее течение, которое наблюдается в более низких слоях воды, выражено менее явно и направлено через Босфор в обратном направлении. Взаимодействие данных течений дополнительно поддерживает вертикальную стратификацию моря, а также используется рыбой для миграций между морями.

Вследствие обмена Чёрного моря водой с Атлантическим океаном величина приливов в море очень мала и наблюдается только приборами. В то же время достаточно хорошо выражены сгонно-нагонные явления под влиянием сильных зимних ветров, которые достигают 2 м в северо-западной части водоёма. При зимних штормах могут образовываться волны высотой до 6–8 м [50].

Как отмечалось выше, Черное море уже однажды горело, когда в сентябре 1927 года в Ялте произошло землетрясение магнитудой 8 и часть горючих газов вырвалась на поверхность и очевидцы наблюдали над морской гладью огромные огненные столбы. На рисунках 15 и 16 представлены возгорания газов в кратере вулкана и на побережье Черного моря.



Рис. 15. Кратер вулкана Карабетова сопка



Рис. 16. Возгорание газов в Черном море

Влияние человеческой деятельности в виде антропо- и техногенеза, особенно в наши дни, являются причиной в целом неблагоприятного экологического состояния моря, так как его побережье и берега рек, впадающих в Чёрное море, являются районами плотно заселёнными человеком ещё с античных времён.

Основными факторами, нарушающими равновесие в экологической системе Черного моря, являются:

- Перенос реками, впадающими в море, с прибрежных полей минеральных удобрений, значительную часть которых составляют фосфор и азот, что приводит к переудобрению (эвтрофикации) вод моря и, соответственно, к бурному росту

фитопланктона («цветению» моря — интенсивному развитию сине-зелёных водорослей), снижению прозрачности воды в Черном море и массовой гибели многоклеточных животных и водорослей в нем.

- Не менее опасным является загрязнение нефтью и нефтепродуктами черноморских вод, а также атмосферы за счёт их испарения с морской поверхности, что нередко приводит к гибели морских животных и птиц.
- Огромный вред Чёрному морю приносит загрязнение сточными водами, которые часто не очищены или очищены в недостаточной степени. 20 стран через реки Днепр, Дунай, Прут и другие и их притоки несут продукты жизнедеятельности в море.
- Массовая застройка черноморского побережья приводит к загрязнению вод остатками бетона, цементной пыли и других строительных материалов и химических соединений.

Таким образом, источником загрязнения Черного моря являются газопо-грязевые вулканоиды в сочетании с антропогенезом и техногенной деятельностью человека.

Заключение

Предлагаемая гипотеза образования современного Черного моря и анаэробного слоя за счёт эндогенных процессов – катастрофических выбросов газопо-грязевых вулканов, воды и нефти из глубинных слоев литосферы. В настоящее время безжизненный слой подпитывается за счёт подводных вулканоидов.

Экологическая обстановка напрямую зависит от описанных выше процессов в сочетании с человеческой деятельностью в виде загрязнения рек, впадающих в Черное море, за счёт плоскостного смыва почв, содержащих азот, фосфор и многие другие элементы таблицы Менделеева,

Основная опасность заключается в возможном прорыве высокотемпературной массы и (или) газов в слой, содержащий горючие и взрывоопасные газы – сероводород, метан, пропан, бутан, водород и др.

Имеющиеся факты возгорания прорывных газов, например, при ялтинском землетрясении 1927 г. являются свидетельством особой опасности безжизненного (анаэробного) слоя, поэтому необходимо соблюдать особую осторожность при всех видах работ, особенно при прокладке и эксплуатации трубопроводов, кабелей различного назначения.

Большую опасность могут представлять военные маневры и учения, как надводные, так и подводные, при которых могут быть спровоцированы возгорания газов анаэробного слоя. Катастрофичными могут быть выбросы, аналогичные выбросам на различных объектах Солнечной системы (Европе, Энцеладе и т.д.).

Современность показывает, что все в нашей жизни очень важно, например, коронавирус размером в 30 раз меньше диаметра человеческого волоса поставил человечество на грань катастрофы, отгородив страны колючей проволокой.

Проведение инженерных изысканий имеет свои особенности, как в акватории, так и на побережье Черного моря, связанные со специфическими видами грунтов и применением специальных приборов и оборудования.

Список литературы и источников

1. 9 интересных фактов о Марианской впадине - самом глубоком месте на Земле. 2 марта 2018. <https://zen.yandex.ru/media/id/5a959a15fd96b1a0c74eb87a/9-interesnyh-faktov-o-marianskoi-vpadine-samom-glubokom-meste-na-zemle-5a993da35713d7d233a72bf4>

2. Авилов В.И., Авилова С.Д. Оценка генезиса углеводородов подводных вулканов, газогидратов, газовых факелов Черного моря по газобиогеохимическим показателям. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-genezisa-uglevodorodov-podvodnyh-vulkanov-gazogidratov-gazovyh-fakelov-chernogo-morya-po-gazobiogeohimicheskim-pokazatelyam>
3. Алиев Ад.А. Грязевые вулканы Черного моря
4. Андреев В.М. Грязевые вулканы и нефтепроявления в Туапсинском прогибе и на валу Шатского (Черное море) // Докл. АН, 2005, 402, №3. С. 362-365.
5. Андреев В.М., Туголесов Л.Д., Хренов С.Н. Грязевые вулканы и нефтегазопроявления российского Черного моря. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. НАН Украины. Киев, 2006, № 2. С. 50-59
6. Бухарин М.Д.. Возникновение понятия «Черное море» в средневековых географических традициях. // Monumentum Gregorianum. Сборник статей памяти академика Г.М. Бонгард-Левина. М.: Клио, 2013. С. 466–487.
7. В Черном море бушует подводный вулкан. <https://www.baby.ru/blogs/post/121645909-3059348/>
8. Взрывы газов над водами Черного моря после землетрясения в Крыму 1927 г. Открытый источник
9. Волков А. Кольская сверхглубокая. <https://www.proza.ru/2015/06/24/219>
10. Геологический словарь. – М. : Недра, 1973. – С. 125. – 943 с.
11. Глубины Черного моря. Pontika-inkognita.ru
12. Гордеев А. Земля расширяется – гипотеза расширения Земли – Откуда на Земле взялась вода? - «Как и Почему». [Анималов kipmu.ru](http://Анималов.kipmu.ru), 13 января 2020
13. Грязевой вулкан Локбатан с фото, описанием, картой. https://discoveric.ru/mesta/azerbaydzhan/baku/mud_volcano_lokbatan
14. Грязевые вулканы Тамани картинки. Открытый источник
15. Ж. Грязевые вулканы Таманского полуострова. anapa.ru
16. Грязи из вулканических кратеров. Forum.kerch.com.ru
17. Гурулев С. А. Что в имени твоём, Байкал / С. А. Гурулев. – Иркутск : Оттиск, 2010. – 184 с.
18. Джау-Тепе, грязевой вулкан. Керчь.kerch.krymok.ru
19. Если слить воду: как выглядит дно Чёрного моря <https://sevastopol.su/news/esli-slit-vodu-kak-vyglyadit-dno-chyornogo-morya>
20. Ефремова А.Г., Жижченко Б.П. Об обнаружении кристаллогидратов газов в современных акваториях. - Докл. АН СССР, 1974, т. 214, № 5, с. 1179-1181.
21. Измайлов Я.А. и Гусаков И.Н. Катастрофические извержения грязевых вулканов и их признаки в разрезах плейстоценовых отложений (Таманский полуостров) // Геология и полезные ископаемые мирового океана, 2017, №2, С. 77-80.
22. Иркутские геологи обнаружили на дне Байкала крупный грязевой вулкан.. 05.03.2015 18:39. <https://sib.fm/news/2015/03/05/irkutskie-geologi-obnaruzhili-na-dne-bajkalayj-grjazevoj-vulkan>
23. Исаев В.П. Грязевый вулкан Тельный в озере Байкал. / Известия Иркутского государственного университета. // Серия «Науки о Земле» 2015. Т. 11. С. 30-37
24. Исаев В. П. Нефть и газ Байкала – миф или реальность? / В. П. Исаев, Н. Г. Коновалова, П. В. Михеев // Проблемы геологии и освоения минерально- сырьевых ресурсов Восточной Сибири : материалы юбил. конф. ИГУ и гос. геол. службы Вост. Сибири. – Иркутск, 1998. – С. 88–90.
25. Исаев В. П. О газовом палеовулканизме на Байкале / В. П. Исаев // Геология нефти и газа. – 2001.– № 5. – С. 45–50.

26. История Чёрного моря/ <http://mirznanii.com/a/306565/istoriya-chernogo-morya>
27. История Чёрного моря в схемах. <https://yandex.ru/images/search?text>
28. Йеллоустонская кальдера – Википедия.
29. Как выглядит дно Черного моря без воды. <https://forpostsevastopol.ru/entertainment/kak-vygljadit-dno-chernogo-morja-bez-vody/>
30. Королев В. «Хаббл» сфотографировал гейзеры Европы на фоне Юпитера. <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fplus1.ru%2Fnews%2F2016%2F09%2F26%2Feuropa-ocean-hubble>
31. Короновский Н. Земля. Метеориты, вулканы, землетрясения. – 2014, 176 стр.
32. Ларин В.Н. Гидридная Земля. Часть 1. Минерально-сырьевые ресурсы изначально гидридной Земли. Смирновские чтения 28 января 2010 г. на Геологическом факультете МГУ. Опубликовано: 30 янв. 2010 г. <https://www.youtube.com/watch?v=jKolxRWihKc>
33. Ларин В.Н. Гидридная Земля. Часть 2. Минерально-сырьевые ресурсы изначально гидридной Земли. Смирновские чтения 28 января 2010 г. на Геологическом факультете МГУ. Опубликовано: 30 янв. 2010 г. <https://www.youtube.com/watch?v=0cFx2YzgGBY>
34. Ларин В.Н. Наша земля . (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М. «Агар» 2005, - 248 с.
35. Леин А. Ю. Метан сипов, грязевых вулканов и газогидратов в Черном море. https://www.ocean.ru/images/phocadownload/Black_sea/Black_sea_8.pdf.
36. Ломоносов М. В. Слово о рождении металлов от трясения земли // Избранные философские произведения Москва: Госполитиздат, 1950. С. 306-328.
37. Локбатан. <https://www.wikiwand.com/ru/%D0%9B%D0%BE%D0%BA%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BD>
38. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений mironyuk.sg@gmail.co
39. НАСА обнаружило гейзеры на Европе, спутнике Юпитера. 21:42 26.09.2016 ria.ru
40. Население Китая – Википедия). <https://ru.wikipedia.org/>
41. Очки Книповича. http://krymology.info/index.php/%D0%9E%D1%87%D0%BA%D0%B8_%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0
42. О возможности использования сероводорода Черного моря. <https://aftershock.news/?q=node/326474>
43. Очки Книповича. Два круговорота течений в Черном море. Crimeanblog.blogspot.ru
44. Перлова Е.В. Коммерчески значимые нетрадиционные источники газа — мировой опыт освоения и перспективы для России // Территория Нефтегаз. 2010. -№11. –С. 14-19.
45. Платон. Критий. Платон. Собрание сочинений в 4 т. Т. 3 // Философское наследие, т. 117. РАН, Институт философии. М.: Мысль, 1994. Греческий текст: Ed. C. F. Hermann. Lipsiae, Teubner, 1866_
46. Путешествия Страбона по южному побережью Черного моря. http://www.blacksea365.ru/public_card/3/puteshestviya_strabona_po_yuzhnomu_poberezhyu_chernogo_morya/
47. Рост населения от 10 000 лет до н.э. до 2 100 года <https://zozhnik.ru/rost-naseleniya-mir-zamedlyaetsya/>
48. Смерть, пришедшая из озера Ниос. <https://history.wikireading.ru/126135>
49. Спутник Европа выбрасывает в космос струи воды. <https://www.theuniversetimes.ru/sputnik-evropa-vybrasyvaet-v-kosmos-strui-vody.html>
50. Суховей В.Ф. Моря мирового океана. – Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.

51. Теория черноморского потопа. https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_черноморского_потопа
52. Уласевич К. Ученые объяснили природу гейзеров Энцелада 17:25 29 Март 2016. <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fplus1.ru%2Fnews%2F2016%2F03%2F29%2Fencladus-tiger-stripes>
53. Ученые обнаружили неожиданную опасность в Красном море. Яндекс-Дзен.
54. Черное море//. Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.
55. Черное море. Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Черное_море.
56. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Русаков О.М., Маслаков М.А. Метан в осадках и водной толще Черного моря: формирование, пути переноса и роль в углеродном цикле (Обзор материалов международного семинара). <https://cyberleninka.ru/article/n/metan-v-osadkah-i-vodnoy-tolsche-chernogo-morya-formirovanie-puti-perenosa-i-rol-v-uglerodnom-tsikle/viewer>
57. Митин Л.И. Цемко В.П. Катастрофы в Черном море 1994. <https://www.e-reading.by/book.php?book=1034603>
58. Шнюков Е.Ф. Грязевые вулканы. <https://document.wikireading.ru/72371>
59. Hunt Y.M. Hydrocarbon geochemistry of the Black Sea // The Black Sea – geology, chemistry and biology / Eds E.T.Degens, D.A.Ross. Amer. Ass. Petrol. Geology. Tulsa, 1974. V.26. P.499—504
60. Yanchilina, Anastasia G.; Ryan, William B. F.; McManus, Jerry F.; Dimitrov, Petko; Dimitrov, Dimitar; Slavova, Krasimira; Filipova-Marinova, Mariana (2017-01-01). Compilation of geophysical, geochronological, and geochemical evidence indicates a rapid Mediterranean-derived submergence of the Black Sea's shelf and subsequent substantial salinification in the early Holocene. Marine Geology. 383: 14-34. doi:10.1016/j.margeo.2016.11.001