

УДК 553.98

Е.Ф. Шнюков¹, Е.Я. Нетребская²

¹ Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, Киев

² ПричерноморГРПП, Одесса

КОРНИ ЧЕРНОМОРСКИХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Зафиксированы корни грязевых вулканов Черного моря в докембрийском фундаменте, что позволяет более определенно говорить об участии глубинных флюидов в формировании грязевых вулканов.

Природа грязевых вулканов издавна привлекает внимание геологов (Г.В. Абих, 1873; С.А. Ковалевский, 1935; И.М. Губкин, 1940 и др.). Одним из важнейших моментов понимания природы грязевых вулканов является глубина их заложения, фактически определяющая ответы на многие вопросы их генезиса.

По мере изучения грязевых вулканов ученые фиксировали их корни на все большей глубине. Так, в конце пятидесятых годов прошлого столетия корни грязевых вулканов были отбиты в Туркмении на глубине 5—7 км (А.М. Сунгуров, 1958). М.К. Калинин (1960) допускал, что корни грязевых вулканов лежат на глубинах до 8 км. Это казалось в то время достаточно необычным. Небезынтересен редкий случай, когда на одной из скважин Туркмении буровой инструмент с глубины 873 свободно опускался до глубины 1963 метра без промывки и вращения и был легко поднят на поверхность. Предполагается, что скважина попала в кратер вулкана и снаряд проходил одну из камер, заполненных жидкой грязью.

Весьма интересные данные были получены в последние годы азербайджанскими геологами (Б.Н. Голубов, Д.Ф. Исмагилов, 2003; П.З. Мамедов, И.С. Гулиев, 2003; И.С. Гулиев, 2008). В Южном Каспии было закартировано более 100 субвертикальных геологических тел, пронизывающих весь осадочный чехол от поверхности до фундамента и, вероятно, еще глубже. Часть из них совпадает с грязевыми вулканами. Они являются зонами выхода на поверхность флюидов и разуплотненного осадочного материала. Диаметр тел изменяется от 3—4 до 10 км, протяженность — от 8—10 до 20 км. Наиболее крупные тела приурочены к зонам глубинных разломов (В.В. Хаустов, 2011).

© Е.Ф. ШНЮКОВ, Е.Я. НЕТРЕБСКАЯ, 2013

Обломочный материал выбрасывается с глубины нескольких километров.

Данных о корнях черноморских и азовских грязевых вулканов пока немного. Если исходить из обломочных материалов выбросов по керченско-таманскому региону, то необходимо допускать, что корни керченских грязевых вулканов опущены большей частью до майкопских отложений, а таманских — до верхнего мела. Спорные обломки меловых пород иногда находятся и в керченских вулканах.

Чрезвычайно важны фундаментальные исследования грязевого вулкана горы Карabetова (А.Л. Собисевич и др., 2008). Эта гора непосредственно примыкает к Черному морю, есть все основания сопоставлять морские грязевые вулканы с этим объектом. При исследовании использовалась новая технология микросейсмического зондирования приповерхностных (0—0,5 км) и глубинных (до 50 км) структур земной коры. Под грязевым вулканом была выделена вертикальная низкоскоростная зона, которую авторы ассоциируют с насыщенными флюидами подводящим каналом и областью питания на глубине 4,5—9 км. При этом на глубине 800—1500 м выделяется изометричная низкоскоростная зона — приповерхностный резервуар. Ниже 9 км сейсмическая картина не так контрастна, однако аномалия, ассоциируемая с областью питания, продолжается до глубины 15 км. Иными словами, корни вулкана достигают глубины 15 км (рис. 1, см. вклейку).

Сейсмические исследования МОВ и глубокое бурение позволяют А.Л. Собисевичу с соавторами представить в разрезе Таманского п-ова интервал глубин 4,5—9 км как меловую терригенно-карбонатную толщу. Доказано, что эта толща нефтегазоносна во многих точках. Глубже залегает терригенная юра и подстилающий ее переходный терригенно-карбонатный комплекс пермь-триаса. В восточной части Предкавказья нижний триас тоже нефтегазоносен. В этой связи допускается генерация флюидов и на этих глубинах. Кристаллический фундамент на Кубани — на глубине 13—15 км. Возможность существования источников газов в фундаменте авторы не рассматривают.

Вопросу о времени заложения грязевых вулканов в Азово-Черноморском бассейне и их глубинном строении в геологических исследованиях уделялось недостаточно внимания. Так, в работе Е.Н. Басова, М.К. Иванова (1994) акцентируется внимание на позднечетвертичной деятельности грязевых вулканов МГУ, Корнева, Тредмар, Малышева, Южморгеология. Наиболее древней фазой извержений этой группы вулканов считается поздний плейстоцен (вулканы МГУ, Малышева). На вулкане Корнева извержение датируется концом раннего или началом позднего плейстоцена. Зафиксировано перекрытие вершин грязевых вулканов МГУ, Вассоевича, Страхова голоценовыми и плейстоценовыми осадками (А.М. Конюхов, М.К. Иванов, А.М. Кульницкий 1990). Геологический возраст вулканов в условиях морской специфики определить достаточно трудно.

Информацию можно получить разве что путем изучения обломочного материала, часто скрытого донными осадками. В литературе упоминаются находки обломков песчаников и известняка в брекчии подводных вулканов.

Гораздо информативнее в этом плане геофизические материалы. К сожалению, в публикациях о сейсмических исследованиях с борта судов, работавших по программе ЮНЕСКО, данные о глубинности заложения вулканов не приведены (М. Вагнер-Фридрикс, С. Кристель, В. Шписе, М. Иванов, Г. Борман, М. Цильмер, Р.Е. Иванова).

А.Ф. Лимонов и др. (1997, 2004) на основании материалов сейсмоки приходят к выводу, что грязевые вулканы могут ассоциироваться с майкопской толщей и что майкопская формация является источником образования диапировых структур и грязевых вулканов. В то же время он допускает и отдельное развитие диапиризма и грязевых вулканов.

Проведенный авторами анализ региональных сейсмических материалов по Черному и Азовскому морям позволяет в подавляющем большинстве случаев подтвердить связь грязевого вулканизма со структурами майкопских отложений и фиксировать корни грязевых вулканов не только в майкопских, но и в мезозойских слоях. Такая глубина заложения характерна, например, почти для всех грязевых вулканов, развитых в Западночерноморской впадине к югу от Крыма — Казакова, Тбилиси, Стамбул и других.

Особенно показателен в этом отношении грязевой вулкан в точке с координатами $43^{\circ}39'56.5''$ и $33^{\circ}9'17.5''$. Он обозначен на сейсмическом профиле Л.Б. Мейснера и Д.А. Туголесова (2003) как погребенный грязевой вулкан и пока не описан по своим выходам на дне. Углубленный анализ регионального сейсмического разреза в варианте стратификации волнового поля М.С. Победаш (ГПП Укргеофизика, 2011) показал следующее.

На региональном временном сейсмическом разрезе (рис. 2, см. вклейку) геоморфологической аномалии рельефа дна кратеру грязевого вулкана соответствует аномальная зона всего разреза осадочной толщи и верхней части фундамента. В интервале среднего и верхнего неогена структурные осложнения отражающих горизонтов имеют видимую амплитуду не более 50 м, но грязевому вулкану в данном стратиграфическом интервале сопутствует субвертикальная зона аномалий волнового поля, резко выделяющая этот участок по сравнению с латеральными. Усиление динамики волн, сопровождающееся экранированием энергии в последующих интервалах, четкие смены полярности волн — все свидетельствует об изменении акустической жесткости отражающих границ на данном участке, что в свою очередь может быть обусловлено: а) сменой флюида (за контуром — вода, в контуре — газ); б) разуплотнением пород, т.е. разрушением их сплошности и, соответственно, ослаблением отражающих свойств границ разреза. На наш взгляд вероятнее первое.

Для майкопской части разреза выразителен структурный фактор: в интервале разреза Ia—IIa отмечается перегиб амплитудой 100 м по кровле майкопа (Ia), 800 м — по кровле олигоцена (горизонт Ib). Далее вниз по разрезу структура выполаживается: по горизонту Ib перегиб составляет 600 м, а в подошве майкопа, горизонт IIa, видим отрицательную структуру. «Провисание» горизонтов соответствует сводовой части и выделяется на фоне более крупной положительной формы. По всей видимости мы наблюдаем «лжесинклиналь» — эффект резкого снижения скорости распространения упругих волн. Обычно, при скоростной аномалии, локализованной в небольшом по вертикали интервале временного разреза, «лжесинклиналь» перестает наблюдаться с увеличением времени (глубины) за счёт рефракции волн. В нашем случае аномальный эффект низкой скорости усиливается с возрастом до самого мела, а это значит, что весь палеоцен, эоцен и майкоп в зоне грязевого вулкана и контролирующей его структуры загазированы. Относительно второй причины аномалии — разрушения сплошности — свиде-

тельствуют четкая динамика и когерентность волны Iб и других волн в аномальной зоне (рис. 2).

О том же пишут А.Б. Мейснер и Д.А. Туголесов (2003), по данным которых повышенное содержание газа в осадочной толще приводит к замедленному прохождению упругих волн в этих поднятиях, в связи с чем сейсмические горизонты Па и Пб над ними дают обратные записи, называемые «скоростные синклинали». Эту картину мы и наблюдаем.

В верхнем майкопе на времени 5с (глубина 4,5 км) в сводовой части видим четкую локальную аномалию низкочастотной динамической записи, которая при детальном анализе позволяет прогнозировать залежь УВ, сформированную благодаря хорошим покрышкам (горизонт в интервале Ia–Iб).

Глубинное сейсмическое зондирование в зоне развития грязевого вулканизма Западночерноморской впадины прогнозирует маломощный субокеанический тип земной коры с редуцированным до полного выклинивания гранитным слоем. Глубина границы раздела Мохо фиксировалась на профилях ГСЗ на глубинах 19 км, что фрагментарно наблюдаем и на региональных профилях ОГТ при достаточной длине регистрации сигнала (М.С. Победаш, 2011).

Грязевой вулкан чрезвычайно интересен как своего рода флюидный плюм, пронизывающий почти 10-километровый осадочный покров — четвертично-миоценовую толщу (3 км), майкопские (5 км), эоценовые (2 км), палеоценовые (1, 2 км) отложения, маломощные мезозойские отложения (0,25–0,75 км) и далее углубляющийся в верхи фундамента, предположительно до поверхности Мохо (рис. 2) (В.И. Старостенко и др., 2010). Весьма возможно, что этот грязевой вулкан, равно как и другие аналогичные структуры, является, по выражению А.Н. Дмитриевского и Б.И. Валяева (2010), «каналом вторжения углеводородов, ассоциирующихся с глубинными разломами или инъекционными зонами».

Мысль о связи грязевых вулканов с мантией, глубокими горизонтами недр иногда высказывается специалистами, занимающимися геохимией, но, к сожалению, обычно это только предположения или общие положения.

Небезынтересным для Черного моря представляется повышение концентрации ртути в воде вблизи выходов газов метана в 2,5 раза, при этом 64 % содержания — растворенная форма ртути. Вблизи грязевых вулканов (43°37,5' с. ш. — 31°42' в.д.) на глубине 1868 м концентрация ртути в придонном слое достигла 2676 нг · л⁻¹, что на порядок выше фоновых содержаний. Точно так же на грязевом вулкане Двуреченский содержание ртути в придонном слое было в 7 раз выше, чем фоновое на удалении от вулкана. Повышены и концентрации ртути близ сипов, но в меньшей мере. Специалисты считают, что поступление ртути в придонную водную толщу имеет литосферный генезис и не связано непосредственно с деструкцией органического вещества (С.К. Костова, В.Н. Поповичев, В.Н. Егоров и др., 2006; В.Н. Егоров, Ю.Г. Артемов, С.Б. Гулиев, 2011).

Было бы желательным найти и иные геохимические показатели глубинности грязевых вулканов. С этой целью нам представляется целесообразным проведение детальных минералогических исследований брекчии и других выбросов грязевых вулканов с задачей поисков экзотических минералов, позволяющих проследить связь брекчии с фундаментом, или другие геохимические и минералогические признаки глубинности.

Выводы

По данным геофизических исследований весьма вероятны глубинные корни грязевых вулканов Черного моря. Многие грязевые вулканы фиксируются в разрезе меловых и юрских отложений. Данные о домезозойском фундаменте в этих разрезах не показаны.

Корни погребенного грязевого вулкана с координатами 33°9'17,5" и 43°39'56,5" удалось проследить даже в домезозойском фундаменте. Это вероятно и в других случаях.

Данные такого рода не являются чем-то неожиданным, ибо для грязевого вулкана горы Карabetовой на Тамани корни зафиксированы на глубине до 15 км, что тоже соответствует домезозойскому фундаменту.

Глубины заложения описываемого в [17] черноморского вулкана свидетельствуют о глубинном поступлении флюидов через своего рода «каналы вторжения» углеводородного плюма, прорывающего 19-километровую осадочную толщу мезозоя, палеоцена, эоцена, майкопа, среднего миоцена, квартера. Из этого вытекает очевидное участие глубинного флюида в формировании морфоструктуры вулкана и его деятельности.

Рекомендуется детальное и углубленное изучение аномальных зон сейсмического разреза с углубленной переработкой участков профилей с целью однозначной интерпретации аномалии волнового поля (погоризонтный расчет скоростей волн, параметрический анализ).

В этой связи весьма вероятны специфические минералогические особенности современных осадков, перекрывающих вулкан, что делает актуальным их детальное минералогическое изучение.

Один из заслуживающих внимание факторов, уже установленных в Черном море, — ртутное заражение. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области постоянно выносят в составе сопочной брекчии киноварь, содержание ртути над жерлами вулкана повышено. По данным В.Н. Егорова и др. (2011), ртуть в виде взвеси и растворенных форм постоянно фиксируется в Черном море над газовыми сипами и вулканами, причем над грязевыми вулканами — в максимальных содержаниях. Возможно, в сумме с другими данными это может служить одним из факторов подтверждения глубинности заложения грязевых вулканов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абих Г.В.* Геологический обзор полуостровов Керчи и Тамани. Западный Кавказ. / Г.В. Абих // Отд. рус. географ. об-ва. — Кн. 8, 1873.
2. *Басов Е.И., Иванов Н.К.* Позднечетвертичный грязевой вулканизм в Черном море / Е.И. Басов, Н.К. Иванов // Литология и полезные ископаемые. — 1994. — № 2. — С. 215—222.
3. *Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М. и др.* Геофизические неоднородности Черного моря / В.И. Старостенко, И.Б. Макаренко, О.М. Русаков и [др.] // Геофизический журнал — 2010. — 32. — № 5. — С. 3.—20.
4. *Голубов Б.Н., Исмагилов Д.Ф.* Трубообразные тела под дном Северного Каспия и флюидный режим его недр / Б.Н. Голубов, Д.Ф. Исмагилов // Генезис нефти и газа. — М. : ГЕОС, 2003. — С. 78—80.
5. *Губкин И.М.* Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с генезисом нефтяных месторождений Крымско-Кавказской геологической провинции / И.М. Губкин // Тр. 17 Междунар. геол. конгр., 1940. — Т. 4. — С. 33—66.

6. Гулиев И.С. Субвертикальные геологические тела — новые объекты поисков месторождений углеводородов / И.С. Гулиев // Материалы Всероссийской конф. [Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парогенезы]. — М. : ГЕОС, 2008. — С. 140—145.
7. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.Н. Углеводородная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: развитие идей П.Н. Кропоткина. / А.Н. Дмитриевский, Б.Н. Валяев // Материалы Всероссийской конференции [Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парогенезы.]. — М. : ГЕОС, 2010. — С. 7—10.
8. Егоров В.Н., Артемов Ю.Г., Гулин С.Б. Метановые сипы в Черном море. Среодообразующая и экологическая роль. / В.Н. Егоров, Ю.Г. Артемов, С.Б. Гулин — Севастополь : «Экосагидрофизика», 2011. — 404 с.
9. Калинин М.К. О механизме и условиях образования грязевых вулканов / М.К. Калинин // Проблемы нефтяной геологии. — М. : Гостехиздат, 1960. — С. 83—90.
10. Ковалевский С.А. Газовый вулканизм (вулканы и вулканоиды) / С.А. Ковалевский // Азерб.нефт. хоз-во. — 1935. — № 1. — 40 с.
11. Коныхов А.М., Иванов М.К., Кульницкий А.М. О грязевых вулканах и газогидратах в глубоководных районах Черного моря / А.М. Коныхов, М.К. Иванов, А.М. Кульницкий // Литология и полезные ископаемые. — 1990. — № 3. — С. 12—23.
12. Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы / А.Ф. Лимонов // Соросовский образовательный журнал. — 2004. — Т. 8. — № 1. — С. 63—69.
13. Мамедов П.З., Гулиев И.С. Субвертикальные геологические тела в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины / П.З. Мамедов, И.С. Гулиев // Изв. АЗАН. Науки о Земле. — 2003. — № 3. — С. 10—15
14. Мейснер Л.Б., Туголесов Д.А. Опорные отражающие горизонты в сейсмической записи осадочного выполнения Черноморской впадины / Л.Б. Мейснер, Д.А. Туголесов // Стратиграфия, геол. корреляция. — 2003. — Т. 11, № 6. — С. 83—97.
15. Лимонов А.Ф., Иванов М.К., Мейснер Л.Б. и др. Новые данные о строении осадочного чехла в прогибе Сорокина (Черное море) / А.Ф. Лимонов, М.К. Иванов, Л.Б. Мейснер и [др.] // Вестн. МГУ. — 1997. — Сер. 4, № 3. — С. 22—28.
16. Костова С.К., Попович В.Н., Егоров В.Н. и др. Распределение ртути в воде и донных отложениях в местах локализации струйных метановых газовыделений со дна Черного моря / С.К. Костова, В.Н. Попович, В.Н. Егоров и др. // Морской экологич. журн. — 2006. — Т. V. — № 2. — С. 47—55.
17. Собисевич А.Л., Горбатиков А.В., Овсюченко А.Н. Глубинное строение грязевого вулкана горы Карabetовой / А.Л. Собисевич, А.В. Горбатиков, А.Н. Овсюченко // ДАН РАН. — 2008. — 22, № 4. — С. 542—546.
18. Сунгуров А.М. Особенности строения грязевых вулканов юго-запада Туркмении / А.М. Сунгуров // Новости нефтяной техники и геологии. — 1958. — 9. — С. 50—62.
19. Хаустов В.В. О глубинных водах Южно-Каспийской впадины / В.В. Хаустов // Ученые записки : электронный журнал Курского гос. Университета. — 2011. — № 2 (18).

Статья поступила 31.10.2012

Е.Ф. Шнюков, О.Я. Нетребська

КОРІННЯ ЧОРНОМОРСЬКИХ ГРЯЗЬОВИХ ВУЛКАНІВ

Зафіксовано коріння грязьових вулканів Чорного моря в домезозойському фундаменті, що дозволяє виразніше говорити про участь глибинних флюїдів у формуванні грязьових вулканів.

E.F. Shnyukov, E. Ya. Netrebskaya

ROOTS OF THE BLACK SEA MUD VOLCANOES

Roots of mud volcanoes in the Black Sea are settled into protomesozoic basement. Deep fluids may be assumed to involve in formation of mud volcanoes to a great extent of chance.