

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ

А. Ф. ЛИМОНОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

MUD VOLCANOES

A. F. LIMONOV

Mud volcanoes are widespread in the world. They are encountered both on land and in marine basins. The principal condition of their formation is the presence of a thick (some kilometres) sedimentary cover containing plastic clay members, which represent source formations for mud volcanoes. Mud volcanoes remake enormous masses of sedimentary material and often serve as an indicator for deep-seated hydrocarbon accumulations.

Грязевые вулканы широко распространены в мире. Они встречаются как на суше, так и в морских бассейнах. Главным условием их формирования является наличие осадочного слоя мощностью в первые километры, а в нем пластичных глинистых толщ, которые служат материнскими формациями для грязевых вулканов. Грязевые вулканы перерабатывают огромные массы осадочного материала и часто служат индикатором глубинных залежей углеводородов.

journal.issep.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

Грязевые вулканы распространены на участках с мощным осадочным слоем земной коры, особенно в пределах нефтегазоносных площадей, где в разрезе, как правило, присутствуют глинистые породы, служащие покрывкой залежей. Наличие глин является необходимым фактором развития грязевого вулканизма.

Грязевые вулканы в какой-то мере являются аналогом магматических вулканов, однако в отличие от них на поверхность земли извергается не раскаленная лава, а в разной степени разжиженные осадочные породы, которые носят название грязевулканической или сопочной брекчии. Сопочная брекчия, как и лавовые потоки, радиально распространяется из кратера. В целом продукты грязевого вулканизма аналогично продуктам магматического вулканизма состоят из твердых, жидких и газообразных компонентов.

Широко известна методика изучения геологического разреза по шламу при бурении скважин. Шлам сложен мелкими обломками пород, которые выносятся на поверхность буровым раствором. В этом отношении каждый грязевой вулкан представляет собой природную буровую скважину, которая доставляет на поверхность обломки пород практически со всего столба питающего его канала. Такого рода буровые особенно важны в глубоководных участках Мирового океана, где бурение встречает массу затруднений. В то же время отбор проб сопочных брекчий, вынесенных глубоководными грязевыми вулканами, обходится на несколько порядков дешевле, чем бурение скважин, и не вызывает технических проблем.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Грязевые вулканы можно встретить практически повсеместно, где мощность осадочных пород достигает первых километров. В число таких участков входят как наземные области, так и акватории морей и океанов — начиная от шельфовых областей и кончая глубоководными (более 2–3 км) зонами. Число обнаруженных к настоящему времени действующих (или временно неактивных) грязевых вулканов уже превышает несколько

тысяч. Ежегодные исследования, особенно морские, приносят все новые и новые открытия. Учитывая такую тенденцию, мы можем уверенно сказать, что количество грязевых вулканов на Земле вполне сопоставимо с таковым для магматических вулканов.

В распределении грязевых вулканов наблюдается та же закономерность, что и для магматических вулканов – подавляющая их часть приурочена к Альпийско-Гималайскому и Тихоокеанскому подвижным поясам (рис. 1). Грязевые вулканы выявлены в зал. Кадиз Восточной Атлантики, на побережьях и акваториях Средиземного, Черного и Каспийского морей, в Закаспии, Индии и Бирме, на многочисленных островах Тихого океана, в северо-восточной Мексике, Венесуэле, Колумбии, а также в других районах подвижных поясов [3]. Найдены грязевые вулканы и в тектонически пассивных условиях, в частности в районе Мексиканского залива, на плато Воринг (северо-восточная Атлантика) и на континентальной окраине Норвегии. Таким образом, грязевой вулканизм можно считать глобальным геологическим явлением.



Рис. 1. Схема распределения грязевых вулканов на земном шаре. Подавляющее большинство вулканов связано с тектонически активными поясами – Альпийско-Гималайским и Тихоокеанским

ХАРАКТЕР ИЗВЕРЖЕНИЙ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Извержения грязевых вулканов могут носить катастрофический характер с довольно регулярной периодичностью. При наземных эксплозивных (взрывных) извержениях в воздух выбрасываются огромные массы обломочного материала, растворов и газов. Извержения часто сопровождаются сильным гулом. Газообразные продукты извержения нередко воспламеняются. Воспламенение газов иногда происходит и при извержении подводных грязевых вулканов. Например, в Черном море неоднократно наблюдались факелы горящих

газов на поверхности воды. В данном случае метан, выделившийся при извержении, проходил через весь водный столб и попадал под влияние электрического поля в атмосфере.

Активность грязевулканических структур может проявляться также в виде постепенных и непрерывных выходов газов и растворов в виде глинистой пульпы. Часто после бурных извержений грязевой вулкан переходит к спокойной стадии развития, сопровождающейся регулярным выделением небольшого количества газов, или вообще прекращает свою деятельность. В этом тоже состоит полное сходство с поведением магматических вулканов, у которых стадии активности чередуются с длительными периодами покоя.

СТРОЕНИЕ И МОРФОЛОГИЯ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Принципиальная схема строения грязевого вулкана показана на рис. 2. В вертикальном сечении грязевого вулкана выделяются три главных его элемента:

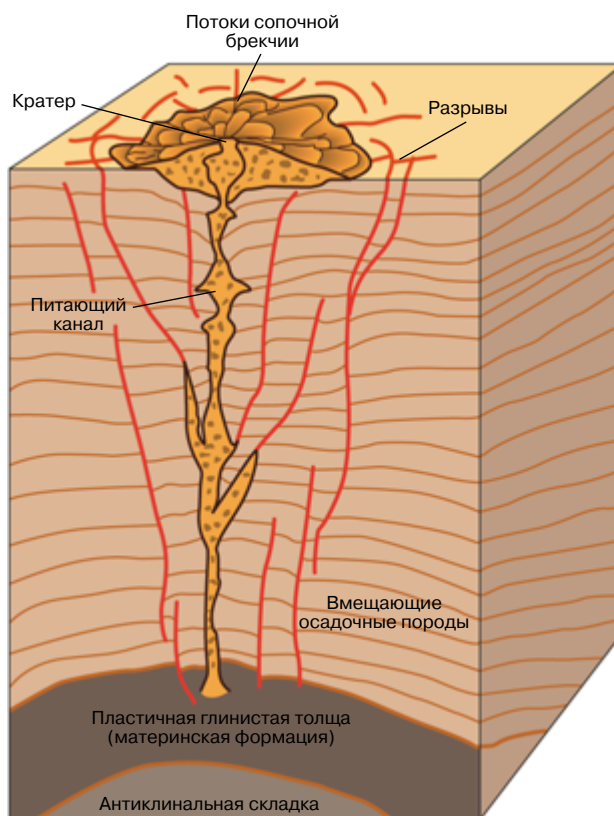


Рис. 2. Схематический разрез грязевого вулкана. Диаметр основания вулкана на поверхности составляет от нескольких сот метров до 10 км, длина питающего канала варьирует в пределах 3–8 км

грязевулканическая постройка – тело грязевого вулкана, которое мы наблюдаем на поверхности земли или дне моря (или то, что обычно и обозначается термином “грязевой вулкан”); питающий или подводный канал; область корней вулкана.

Грязевулканическая постройка в разрезе обычно имеет вид пологого, часто усеченного конуса. Конус сложен сопочной брекчией, потоки которой могут иметь несколько генераций. В плане описываемые структуры более или менее изометричные, округлой формы. Поперечные размеры грязевых вулканов (диаметр их основания) изменяются в широких пределах – от первых сотен метров до почти 10 км. Так, средний поперечный размер грязевых вулканов Керченского полуострова составляет несколько менее 1 км. В центре Черного моря их размер достигает 1,5–2,5 км. В Азербайджане диаметр основания грязевых вулканов часто превышает 3 км, а в восточной части Средиземного моря нередко встречаются гиганты диаметром 5–7 км и более. Высота грязевых вулканов по сравнению с их диаметром относительно небольшая: даже у самых крупных из них она редко превышает 300 м, поэтому крутизна склонов грязевых вулканов не более первых градусов. Такое соотношение диаметра и высоты объясняется низкой плотностью сопочной брекчии, способной растекаться на расстояние в несколько километров, и ее подверженностью эрозии. Обычно наземные грязевые вулканы имеют большую высоту по сравнению с подводными. Например, вулканы Тоурагай и Кянизадаг в Кобыстане, Боздаг-Гюздек, Отман-Боздаг и некоторые другие на Апшеронском полуострове достигают высоты в 400–500 м. У таких грязевых вулканов центрального типа обычно наблюдается хорошо оформленный кратер поперечником от нескольких десятков до первых сотен метров (рис. 3). Помимо основного кратера на склонах грязевых вулканов часто встречаются мелкие вторичные выходы жидких и газовых компонентов, которые называют сользами и грифонами.

Однако описанный пример морфологии тела грязевых вулканов отнюдь не единственный. Достаточно часто извержения грязевых вулканов сопровождаются обрушением их конусов, что создает сложный рельеф (рис. 4). Обрушение конуса, а также проседание поверхности вокруг жерла вулкана являются реакцией на вынос с глубины большого объема осадочного материала. Структуры проседания такого рода, носящие название вдавленных синклиналей, характерны для Керченского полуострова.

Компенсация выноса материала в виде проседания происходит не только на поверхности, но и на глубине вокруг подводного канала, где геофизическими методами (главным образом сейсмическим) регистрируется чашеобразный изгиб слоев пород (рис. 5).

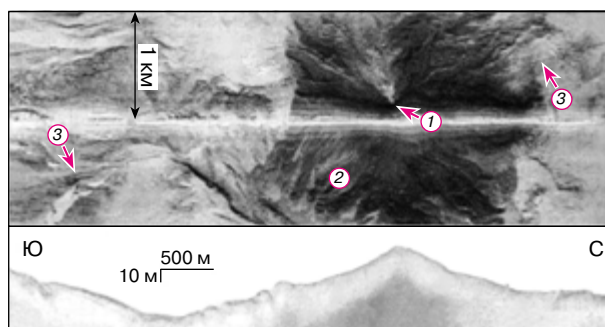


Рис. 3. Типичный пример конусовидного грязевого вулкана, имеющего центральный кратер. Показан вулкан “Новороссийск” – один из многочисленной группы подводных вулканов на Средиземноморском валу. Вверху – сонограмма (запись локатора бокового обзора); внизу – запись донного профилографа. Светлая линия, слева направо пересекающая сонограмму по центру, соответствует траектории движения буксируемого локатора бокового обзора. Профиль дна (внизу) приведен для этой линии. Глубина воды превышает 2,5 км. Хорошо видны потоки сопочной брекчии, распространяющейся из кратера: 1 – кратер, 2 – потоки сопочной брекчии, 3 – телефонный кабель, проложенный через кратер активного грязевого вулкана. Материалы международной экспедиции ТТР-4 (1994 г., судно “Геленджик”).

Примечание. Здесь и далее приводятся примеры подводных грязевых вулканов. Современные морские акустические исследования позволяют дать изображения подводных грязевых вулканов, не менее наглядные, чем их фотоснимки на поверхности земли. Учтите искажения горизонтального и вертикального масштабов на поперечных сечениях вулканов

На континентальном склоне у берегов Крыма российскими учеными с помощью глубоководного буксируемого локатора бокового обзора были обнаружены обширные потоки сопочной брекчии, изливающиеся из системы параллельных тектонических трещин. Данный пример уникален и больше нигде в мире не встречен.

Строение питающих каналов грязевых вулканов известно в основном по материалам сейсмических исследований и в меньшей степени бурения. В центральной части Черного моря, где осадочный разрез в целом очень слабо нарушен тектоническими дислокациями, морфология питающих каналов выявляется с высокой степенью детальности сейсмическими исследованиями (см. рис. 2, 5). Эти каналы состоят из серии чередующихся сужений и расширений, происхождение которых не совсем ясно. Возможно, что при извержении вулканов происходит латеральное меж- или внутрисловое внедрение сопочной брекчии, которое и образует эти расширения. Альтернативным объяснением служит периодичность активности вулканов. При такой трактовке каждое расширение является аналогом

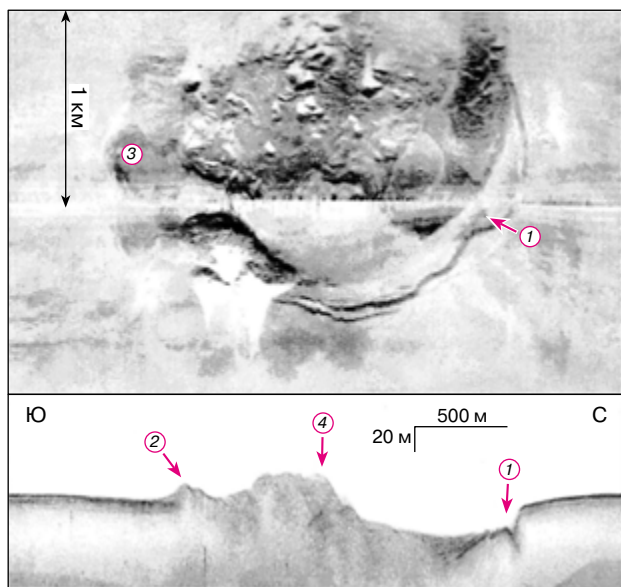


Рис. 4. Сонограмма и донный профиль грязевого вулкана “Тредмар” (центральная часть Черного моря). Вулкан имеет резко асимметричное сечение из-за частичного обрушения кратера после извержения: 1 – просевшая часть грязевого вулкана, 2 – остатки края кратера; 3 – одна из генераций потоков сопочной брекчии; 4 – точка отбора донных проб, содержащих обильные газовые гидраты (ТТР-1991, судно “Геленджик”)

поверхностного конуса, который был погребен осадками в период покоя, а затем вновь прорван при возобновлении активности.

Насколько корни грязевых вулканов проникают в глубь осадочного чехла? Глубина корней определяется глубиной залегания материнских, или питающих, формаций, содержащих мощные пласты глин. Она может достигать значительной величины. Глубинные сейсмические разрезы в центре Черного моря позволяют проследить питающие каналы грязевых вулканов до 6–8 км ниже поверхности дна. Согласно выводам немецких ученых, древнейшие породы грязевулканической брекчии, отобранной со Средиземноморского вала к югу от о-ва Крит, находились на глубине не менее 5 км ниже дна моря. На Керченском полуострове в составе сопочной брекчии кроме прочих пород обнаруживаются верхнеюрские и нижнемеловые, которые залегают там также на глубинах порядка 6 км. Отсюда следует, что обломки пород в сопочной брекчии могут быть очень разнообразными по возрасту, характеризуя почти весь стратиграфический диапазон отложений, перекрывающих (и включающих) материнскую формацию. Сохранность этих обломков зависит лишь от их состава и соответственно устойчивости к разрушению. Обломки

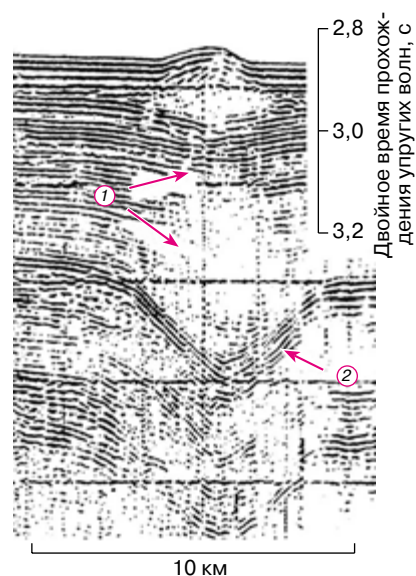


Рис. 5. Сейсмический разрез, иллюстрирующий строение питающего канала грязевого вулкана. Центральная часть Черного моря. Хорошо заметны расширения и сужения канала. Диаметр основания вулкана на дне моря составляет более 2 км. Вертикальный масштаб, как принято в сейсмических исследованиях, приведен в секундах двойного времени прохождения упругих волн. В данном случае 0,2 с приблизительно соответствует 190 м: 1 – расширения и сужения питающего канала; 2 – изгиб слоев в сторону питающего канала

на пути к поверхности испытывают существенные физические воздействия и постепенно разрушаются. Недавние исследования М.К. Иванова показали, что существенную роль в разрушении обломков кроме их чистого истирания может играть также давление заключенных внутри них флюидов, которое по мере подъема обломков к поверхности начинает превышать окружающее гидростатическое. Поверхности достигают или самые устойчивые обломки, или те из них, которые преодолели наименьший путь. Значительная часть обломков превращается в песок и глину.

СОСТАВ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Продукты извержений грязевых вулканов включают твердые, жидкие и газообразные составляющие. Твердые компоненты разделяются на основную массу (матрикс) и включенные в него обломки. Матрикс представляет собой наиболее тонкую фракцию обломочной составляющей сопочной брекчии. Чаще всего он имеет песчано-алеврито-глинистый состав. Под обломками пород подразумевают включения размером от гравия до крупных блоков в несколько метров в попечнике. Количество обломков пород среди твердых

продуктов извержений, как правило, не превышает 25–30%.

Среди жидких продуктов (сопочных вод) грязевых вулканов наибольшим распространением пользуются воды гидрокарбонатно-хлоридного и хлоридно-натриевого типов, в которых наблюдаются повышенные содержания бора, брома, иода, натрия, лития и некоторых других элементов. В нефтегазоносных областях жидкие компоненты почти всегда включают некоторое количество нефти.

Состав газов отличается в разных районах грязевого вулканизма, однако главные газообразные компоненты фиксируются стабильно. Среди сопочных газов преобладает метан (CH_4) — его содержание иногда достигает 99%. В других местах почти в таком же количестве может присутствовать двуокись углерода (CO_2). Азот (N) способен составлять до половины количества газообразных компонентов. Другим важным газом является сероводород (H_2S), содержание которого доходит до нескольких процентов. Десятые доли процента приходятся на благородные газы — аргон и гелий. Геохимический состав газов свидетельствует, что он поступает с глубины в несколько километров. Такой же вывод подтверждается результатами изотопного изучения углерода метана.

УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА

Как уже отмечалось, для развития грязевого вулканизма необходимы наличие осадочного слоя мощностью не менее 3–4 км и присутствие в нем пластичных глинистых толщ. В то же время статистика распространения грязевых вулканов в мире показывает, что боковое (латеральное) тектоническое сжатие способствует росту грязевых вулканов. В типичной обстановке латерального тектонического сжатия находятся аккреционные призмы, возникающие в зонах субдукции, там, где тяжелая океанская кора погружается (субдуцирует) под более легкую континентальную. Эти зоны распространены по периферии Тихого океана, имеются они также в Карибском регионе, на севере и северо-востоке Индийского океана, в Восточном Средиземноморье. В этих регионах край материка, перекрывающий субдуцирующую океанскую плиту, подобно ножу бульдозера срезает с ее поверхности большую часть осадочного слоя. Эти срезанные осадки наращивают край перекрывающей плиты. Данный процесс носит название “аккреция”, а причленившиеся к краю континентальной плиты осадки — “аккреционная призма”. Размеры аккреционных призм достигают величины до многих сотен километров длиной и первых сотен километров шириной, а их толщина — до 7–8 км. Например, упоминавшийся выше Средиземноморский вал, типичная

аккреционная призма, имеет длину свыше 1300 км и ширину до 300 км. Изучение современных аккреционных призм, все из которых располагаются ниже уровня моря, показало, что явление грязевого вулканизма для них универсально.

Грязевые вулканы, исчисляемые многими десятками и даже сотнями, выявлены на таких аккреционных призмах, как Средиземноморский вал, Макранская, Барбадосская, Каскадия, Нанкайская, Индонезийская, Чилийская, Перуанская. Помимо современных примеров аккреционных призм мы знаем также их древние, ископаемые аналоги, отражающие этапы развития древних океанов. Породы в аккреционных призмах интенсивно дислоцированы, причем разрывы сплошности пород сопровождаются тектоническим меланжем — скоплениями перетертых обломочных масс пород вдоль плоскостей тектонических разрывов. По виду тектонический меланж близко напоминает сопочную брекчию. В последние годы в литературе неоднократно высказывалось мнение, что значительная часть отложений ископаемых аккреционных призм, относимых к тектоническому меланжу, на самом деле принадлежит продуктам деятельности грязевых вулканов.

За пределами аккреционных призм в Альпийско-Гималайском и Тихоокеанском подвижных поясах подавляющая часть грязевых вулканов также приурочена к областям латерального тектонического сжатия.

Однако в некоторых районах мира грязевые вулканы встречаются в тектонически пассивных условиях. В частности, в Норвежском море обнаружен довольно крупный грязевой вулкан Хаакон Мосби, много грязевых вулканов в районе Мексиканского залива. Помимо этого в центре Черного моря, где фиксируется латеральное тектоническое растяжение, имеется около десятка крупных грязевых вулканов. Отсюда следует, что боковое тектоническое сжатие способствует развитию грязевого вулканизма, но не является решающим фактором в описываемом природном явлении.

Грязевые вулканы обычно приурочены к глубоким разрывным нарушениям в осадочном чехле, особенно к местам пересечений разрывов разного простирания. Наконец, там, где сейсмическим методом удается охарактеризовать корни грязевых вулканов, обнаруживается, что вулканы растут над антиклинальными складками в отложениях, подстилающих материнские формации.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Неоднократные попытки моделировать развитие грязевого вулкана заканчивались неудачей. Теоретические же предпосылки говорят о том, что в процессе осадконакопления вместе с минеральными компонентами

захоранивается большое количество органического вещества растительного и животного происхождения. Это органическое вещество по мере погружения испытывает созревание, то есть глубокие биогеохимические преобразования, в конце концов приводящие к возникновению скоплений газа и нефти. Глинистые толщи наиболее обогащены органическим веществом. Среди других осадочных пород глины характеризуются самой высокой пористостью, которая может достигать 60%, но при этом глины служат водоупором и почти непроницаемой крышкой для глубинных скоплений углеводородов. Причина заключается в том, что поры в глинах мелкие и замкнутые — они не сообщаются между собой.

По мере созревания органического вещества в глинах начинается процесс выделения газа. На первых стадиях это метан, в дальнейшем образуются его более тяжелые гомологи. Объем возникающих углеводородных компонентов в несколько раз превышает объем исходного органического вещества. По мере роста геостатического давления (давления вышележащих отложений) и температуры в процессе захоронения глин последние испытывают существенную трансформацию, а в первую очередь теряют воду, которая уходит в поры. Аккумуляция газа и жидкости (то есть флюидов) в порах приводит к тому, что в глинистой толще возникает аномально высокое пластовое давление (АВПД). Когда оно превышает некую критическую величину, происходит гидроразрыв пород и флюиды устремляются вверх, в область меньших давлений. АВПД возникает гораздо быстрее и чаще, когда к вертикальному геостатическому давлению добавляются горизонтальные сжимающие напряжения. Гидроразрыв в породах происходит в первую очередь вдоль ослабленных зон, которыми служат тектонические разрывы. Роль антиклинальных складок в основании грязевых вулканов сводится к тому, что флюиды на глубине имеют тенденцию скапливаться в их сводовых частях, и именно здесь концентрация флюидов и их давление достигают максимальной величины.

Периодичность или непрерывность действия грязевых вулканов зависит от того, насколько перекрыт доступ глубинных флюидов к поверхности. Грязевые вулканы подпитываются газами и растворами в области своих корней. Если питающий канал вулкана полностью закупорен продуктами предшествующих извержений, вулкан ждет, пока давление флюидов в недрах не станет достаточным для нового прорыва сопочной брекчии. Если имеется относительно свободная связь корней вулкана с поверхностью, то происходят спокойные и непрерывные излияния материала из глубины.

ЯВЛЕНИЯ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ГРЯЗЕВОМУ ВУЛКАНИЗМУ

Наиболее частым явлением, сопровождающим грязевой вулканизм, служит глиняный диапиризм. Хотя образование и грязевых вулканов, и глиняных диапиров объясняется одной и той же изначальной причиной, а именно наличием АВПД в глубинах недр, диапиры постепенно внедряются в толщу осадочных пород, изгибая и продавливая пласты перекрывающих пород. Дополнительным механизмом образования глиняных диапиров служит инверсия плотностей в осадочном разрезе. Плотность осадочных пород обычно увеличивается с глубиной за счет их уплотнения. Но иногда менее плотные глинистые отложения перекрываются более плотными, например известняками или песчаниками. В этом случае возникает инверсия плотностей, и глины как менее плотные стремятся всплыть. Конечный результат внедрения диапиров — куполообразные структуры, сложенные пластичной глинистой массой, которые могут прекратить свой рост на каком-либо уровне, не достигнув земной поверхности, а могут и выйти на поверхность в виде холма. Но и в этом случае глиняные диапиры не сопровождаются потоками грязевулканической брекчии. Тесная связь между глиняными диапирами и грязевыми вулканами видна на примере прогиба Сорокина в северной части Черного моря, где отдельные крупные диапиры венчаются грязевыми вулканами [2].

Приуроченность грязевых вулканов к нефтегазоносным областям известна уже более ста лет. Геологи-нефтяники рассматривают грязевой вулканизм в качестве одного из важнейших критериев перспективности того или иного региона на нефть и газ. Такая связь вполне закономерна: преобразование органического вещества на глубине одновременно продуцирует скопления углеводородов и порождает грязевые вулканы.

Как уже отмечалось, одним из главных газообразных компонентов продуктов извержений является метан. При определенных термобарических условиях (низкие температуры и высокие давления) метан способен соединиться с водой, образуя кристаллические газовые гидраты. Такие условия создаются на дне моря на глубинах 500 м и более. По виду газовые гидраты схожи со льдом. В поверхностных условиях они быстро распадаются с выделением метана. Донные отложения множества глубоководных грязевых вулканов буквально насыщены газовыми гидратами. Если учесть, что газовые гидраты рассматриваются как потенциальное углеводородное сырье, то подводные грязевые вулканы являются первоочередными объектами для его разработки.

Сероводород также является важной составляющей газовой фазы. Воды Черного моря насыщены

сероводородом глубже 150–200 м до самого дна. Органическая жизнь ниже уровня 150–200 м в Черном море почти отсутствует. До сих пор причина появления такого огромного количества сероводорода в толще черноморской воды полностью неясна. Учитывая, что в глубоководной части моря располагается не менее трех десятков крупных грязевых вулканов, не исключено, что сероводородное заражение черноморских вод связано с их активностью.

Из-за эманаций газов на грязевых вулканах образуется специфическая биологическая обстановка. Выше было сказано, что в Черном море органическая жизнь почти отсутствует ниже глубин 150–200 м. Но при этом в прогибе Сорокина с некоторых грязевых вулканов были подняты экземпляры бактериальных матов, покрывающих обломки пород сопочной брекчии. Бактерии принадлежат к новому виду метанотрофов, то есть организмов, потребляющих метан. Еще более разнообразные хемосинтетические сообщества были обнаружены на некоторых грязевых вулканах северо-востока Средиземного моря (подводные горы Анаксимандра). В их состав кроме специфических микроорганизмов входили особые виды моллюсков-двустворок и черви-вестиментиферы, живущие в известковых трубках. Между собой эти организмы образуют замкнутые трофические цепи.

РОЛЬ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА В НАКОПЛЕНИИ ОСАДКОВ

Даже грубые оценки дают поразительные цифры объемов пород, перерабатываемых грязевым вулканизмом. Согласно подсчетам П.И. Науменко, общая масса сопочной брекчии в Керченско-Таманской области достигает 40 млрд м³. В Азербайджане нередко грязевые вулканы, у которых объем сопочной брекчии превышает 1 млрд м³ [4]. При этом в приведенных цифрах учитываются площадь сопочных полей и мощность брекчий, но не принимается во внимание, что питающие каналы вулканов также заполнены этими отложениями. С учетом же объема питающего канала лишь для одного вулкана “Южморгеология” в центре Черного моря общий объем брекчий оценивается в 17,8 млрд м³ [1]. По самым минимальным подсчетам, общий объем твердых грязевулканических продуктов на Средиземноморском валу может достигать 250 млрд м³. Таким образом, процесс грязевого вулканизма является суще-

ственным фактором осадконакопления и общего круговорота веществ в природе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Явление грязевого вулканизма известно еще с XVIII в., но в течение многих лет ему уделялось удивительно мало внимания. Заслуженный интерес к нему начали проявлять лишь в последние десятилетия.

В настоящее время феномен грязевого вулканизма оценивается с точки зрения рельефообразования, осадко- и рудонакопления, как критерий нефтегазонасности, а также как фактор, влияющий на геоэкологическое и техногенное состояние среды. Сейчас грязевой вулканизм входит в перечень опасных природных явлений, которые должны учитываться при проектировании инженерных сооружений. При изысканиях под газопровод “Голубой поток” (Россия–Турция), который проходит по дну глубоководной котловины Черного моря, наличие грязевых вулканов принималось во внимание в качестве одного из опаснейших природных факторов, потенциально влияющих на стабильность конструкции. Таким образом, данное природное явление постепенно приобретает должную оценку как в научном, так и практическом аспекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманов Г.Г., Лимонов А.Ф. Грязевулканические отложения: Генетические признаки и роль в осадконакоплении // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 1999. № 5. С. 22–28.
2. Лимонов А.Ф., Иванов М.К., Мейснер Л.Б. и др. Новые данные о строении осадочного чехла в прогибе Сорокина (Черное море) // Там же. 1997. № 3. С. 22–28.
3. Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А., Гнатенко О.В. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наук. думка, 1992. 200 с.
4. Якубов А.А., Ализаде А.А., Зейналов М.М. Грязевые вулканы Азербайджанской ССР: Атлас. Баку, 1971. 257 с.

Рецензент статьи В.С. Попов

* * *

Анатолий Федорович Лимонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ. Область научных интересов – морская геология, структурная геология, геотектоника. Член ряда зарубежных научных обществ. Автор и соавтор около 130 научных публикаций, включая восемь монографий.