

<https://doi.org/10.15407/gpimo2020.02.049>

**Е.Ф. Шнюков**, академик НАН Украины,  
доктор геол.-мин. наук, профессор, советник при дирекции  
ГНУ "МорГеоЕкоЦентр НАН України"  
01054, Киев, ул. Олеся Гончара, 55б  
E-mail: eshnyukov@gmail.com  
ORCID 0000-0003-1173-2576

**В.П. Коболев**, доктор геологических наук, профессор, главный научный сотрудник  
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев  
03142, Киев, пр-т Академика Палладина, 32  
E-mail: kobot@igph.kiev.ua  
ORCID 0000-0001-5625-5473

## СЛЕПЫЕ ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

---

*Рассмотрен новый тип подводных грязевых вулканов, в которых каналы движения грязевулканического материала не достигают дна и затухают в прорываемой осадочной толще. Анализ временных сейсмических разрезов свидетельствует, что в пределах глубоководной части Черного моря, в силу определенных термодинамических условий, либо структурно-тектонических особенностей залегания, некоторые грязевулканические диапиры не переходят в стадию извержения, а располагаются вблизи дна, остаются активными источниками газофлюидных потоков, мигрирующих по различным тектоническим нарушениям вышележащего осадочного слоя. Авторами предложено новое название подобным глубинным вулканическим структурам — слепые грязевые вулканы.*

*Природа грязевого вулканизма анализируется на основе взаимообусловленных генетических факторов: литологического, реологического, флюидо-динамического, тектонического и геодинамического. Показана ведущая роль флюидо-динамического фактора в их формировании под действием тектонических напряжений сверхвысоких давлений, достаточных для прорыва на поверхность концентрированных глубинных газофлюидных потоков по разломным зонам в условиях относительного растяжения земной коры.*

**Ключевые слова:** Черное море, грязевые вулканы, диапиры, сейсмические разрезы, флюиды.

---

Цитування: Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. Слепые грязевые вулканы Черного моря. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. 16, № 2: 49—65. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.02.049>

## Введение

Подводные грязевые вулканы (ГВ) довольно широко распространены на шельфах океанов и морей, в частности на шельфе Атлантического океана, в пределах западной и восточной Тихоокеанских окраин и др. Значимой нам представляется недавно опубликованная в престижном журнале *Geochemical Perspectives Letters* информация об обнаружении с помощью обитаемого глубоководного батискафа на глубине 5,4—6,7 км склона Марианской впадины подводных ГВ и газовых сипов, которые являются глубочайшими из подобных геологических образований на нашей планете [28].

В настоящее время в мире насчитывается более 2000 надводных и подводных ГВ. Закономерности их размещения в различных регионах земного шара были подробно описаны в ряде публикаций В.Н. Холодова (2002, 2012, 2019). Почти треть из них расположена в Азово-Черноморском и Южно-Каспийском регионах, охватывающих территорию Восточного Азербайджана, юго-западного Туркменистана, Крыма, Кавказа, Тамани, Черного, Азовского, Каспийского морей.

По количеству ГВ, разнообразию и активной деятельности Каспийский регион занимает первое место в мире. Следует подчеркнуть, что из обнаруженных здесь более 400 ГВ, 230 грязевулканических построек выявлено на дне Южно-Каспийской впадины с помощью эхолотирования, геоакустического профилирования и аэромагнитной съемки [1].

Азово-Черноморский регион несколько уступает в части развития грязевого вулканизма. Здесь зафиксировано свыше 179 грязевулканических проявлений, из которых более 70-ти были открыты в результате многолетних геолого-геофизических отечественных и международных экспедиционных исследований прошлого и начала нынешнего века в акватории Черного моря [9, 19, 21, 25, 32]. Их число постоянно увеличивается, о чем свидетельствует обнаружение в результате проведенных целенаправленных сейсмоакустических исследований 9 ГВ в юго-западной части турецкой акватории [27].

Около 200 газо-флюидных глубоководных проявлений и 11 установленных ГВ зафиксированы многочисленными батиметрическими и сейсмоакустическими исследованиями в пределах акватории Средиземного моря. Западнее Гибралтарского пролива (в Кадисском заливе) были также выявлены десятки морфоструктур, интерпретируемых как ГВ, многие из которых получили подтверждение с помощью пробоотбора [31].

Подводные ГВ представляют собой места выбросов газо-грязе-флюидных смесей из глубоких недр, которые при движении наверх увлекают воду, глинистый материал, обломки пород и, как правило, образуют положительные формы рельефа. Чаще всего фонтанное выделение газов сопровождается спокойной грязевулканической деятельностью. Иногда происходят огромные выбросы грязевулканического материала и больших количеств газов, которые могут воспламеняться и взрываться, образуя острова, отмели на мелководьях или положительные формы рельефа в глубоководной части моря.

Мониторинговые наблюдения позволяют условно по степени активности подразделять подводные ГВ на действующие (дискретно или потенциально активные) и потухшие. Последние, выраженные в рельефе дна, относятся к откры-

тому типу. А ГВ, постройки которых были эродированы и перекрыты последующими осадочными отложениями, относятся к погребенным.

В настоящей статье рассмотрен новый тип подводных ГВ, в которых каналы движения грязевулканического материала не достигают дна и затухают в прорываемой осадочной толще. На сейсмических временных разрезах четко фиксируются затухающие в осадочной толще каналы и зоны движения флюидов, полностью подобные жерловым каналам действующих ГВ. Этот тип подводных ГВ мы предлагаем называть "слепыми".

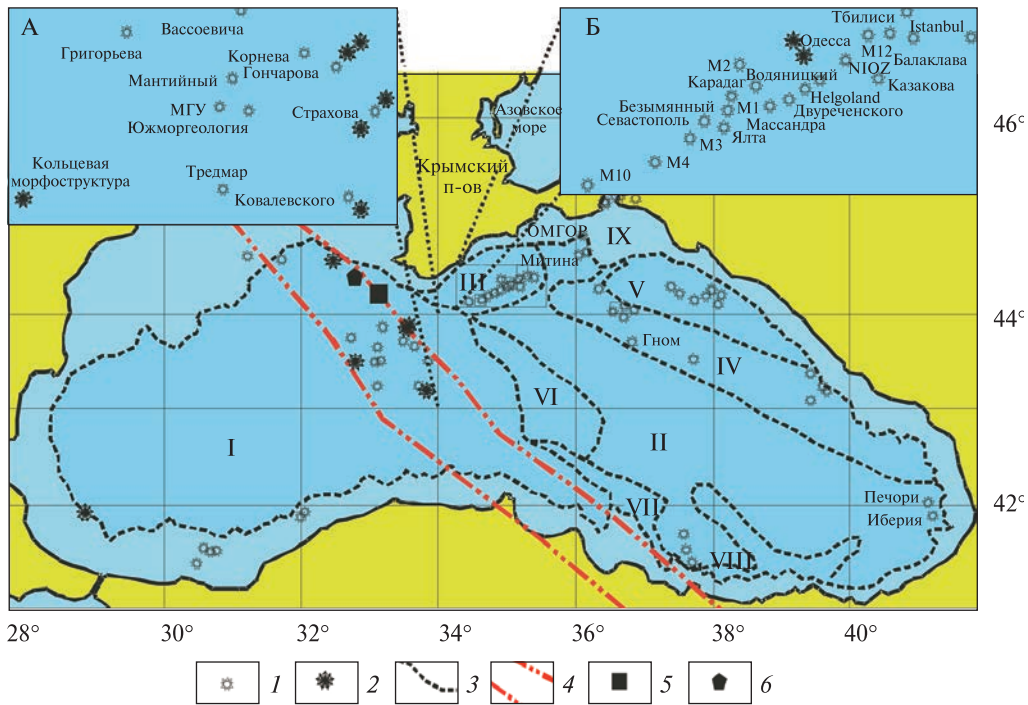
## Природа грязевого вулканизма в Черном море

В акватории Черного моря найдены многочисленные проявления грязевого вулканизма. По данным гидрографических работ предыдущего столетия в Черном море на дне были обнаружены десятки небольших, часто конусовидных возвышений. Они не отражены на морских картах, ибо по своей высоте не превышают десятую часть глубины моря в соответствующем районе. При геологическом опробовании в морских экспедиционных исследованиях в Черном море часть этих возвышений оказалась потухшими ГВ. Детальная информация по грязевым вулканам Азово-Черноморского бассейна, основанная на огромном фактическом материале, приведена в каталоге "Грязевые вулканы Черного моря" [25].

ГВ встречаются во многих крупных геологических структурах Черного моря (рис. 1). В большом количестве они представлены в прогибе Сорокина — 20, Западно-Черноморской впадине (ЗЧВ) — 20, в пределах Туапсинской и Гиресунской впадин — соответственно 8 и 5, на Валу Шатского — 7, в морской части Керченско-Таманского прогиба — 3 и др.

Природа грязевого вулканизма определяется рядом генетических факторов: литологическим, реологическим, флюидо-динамическим, тектоническим и геодинамическим [12]. Литологический и реологический факторы взаимосвязаны широким развитием в разрезах Азово-Черноморского региона мощной майкопской толщи глинистых пород, являющихся исходным материалом сопочной брекчии — диагностического признака подводных ГВ. Следует отметить, что проявления грязевого вулканизма в пределах майкопской толщи сосредоточены только в относительно локализованных зонах Черного моря, на чем мы остановимся ниже.

Принято считать, что при относительно невысоких давлениях и температурах глины приобретают высокую пластичность ввиду перехода связанной воды в свободную. Очаги грязевулканической деятельности В.Н. Холодов рассматривает как разжиженные линзовидные слои-волноводы, в местах пересечения которых с тектоническими нарушениями и разломами, образуются "собственно корни грязевых вулканов, выше сменяющиеся жерловыми грязебрекчиями, а уже на поверхности — полями кратерных и сопочных туфобрекчий" [15, с. 57]. В целом все выглядит логично. В частности, обосновано преобразование глин на уровне смектитовой фазы в иллитовые образования и выделение кристаллизационной воды в условиях критических температур и давлений. Последнее приводит к уменьшению объема глинистых отложений и возрастанию их пористости. Под действием геостатического давления иллитовый материал уплотняется, поровая вода отжимается вверх, в зону начального разуплотнения, в которой возникают аномально высокие пластовые давления (АВПД), создающие активную движу-



**Рис. 1.** Проявления грязевого вулканизма в акватории Черного моря [20]: 1 — обнаруженные грязевулканические постройки по [25]; 2 — слепые грязевые вулканы; 3 — границы тектонических структур по [13]: I — Западно-Черноморская впадина, II — Восточно-Черноморская впадина, III — прогиб Сорокина, IV — поднятие Шатского, V — Туапсинский прогиб, VI — хребет Андрусова, VII — хребет Архангельского, VIII — Гиресунская впадина, IX — Керченско-Таманский прогиб; 4 — границы Одесско-Синопской разломной зоны по [11]; 5 — сульфидная минерализация в конглобрекциях над Ломоносовским подводным массивом; 6 — сульфидные новообразования в донных осадках. На вставках расположение грязевых вулканов в Западно-Черноморской впадине (А) и в прогибе Сорокина (Б)

щую силу для выхода на поверхность газированных грязебрекчий. К сожалению, объемы и состав глубинных вод, участвующих в грязевулканических процессах, остаются к настоящему времени не исследованными [17]. Однако рассмотренный механизм образования АВПД в результате дегидратации глин представляется несколько идеализированным. АВПД редко превышают в 1,5–2 раза величины геостатического давления на глубинах предполагаемого расположения очагов грязевых вулканов в майкопской глинистой толще, которые приблизительно могут достигать двух тысяч атмосфер [18]. Таким образом для выдавливания и выбросов сопочного материала с больших глубин на дно акваторий необходимы сверхвысокие пластовые давления (СВПД).

В этой связи большое значение приобретает флюидодинамический фактор, обусловленный формированием под действием тектонических напряжений сверхвысоких давлений, достаточных для прорыва на поверхность через ослабленные разломные зоны мощных потоков флюидов. Последние могут быть результатом внедрения концентрированных глубинных газофлюидных потоков по разломным зонам в условиях относительного растяжения земной коры. Поступая по отдельным каналам в глинистую толщу майкопа, газофлюидные потоки соз-

дают очаги объемного расширения пород с образованием необходимых СВПД для извержения ГВ.

Об этом свидетельствуют сейсмические временные разрезы, на которых корни ГВ фиксируются не только в майкопском структурном ярусе, но и наблюдаются ниже мезозойских отложений, а иногда даже достигают поверхности Мохо и уходят в мантию в разломных зонах глубокого заложения [22, 23, 24]. Движения флюидов в осадочной мезо-кайнозойской толще, формирующие ГВ, хорошо прослеживаются по своеобразным каналам, заполненным сопочной брекчией (перематыми брекчиевидными глинами с примесью обломочного материала). Прорываясь через каналы на поверхность, флюиды выносят значительные массы брекчией, формирующие в точках выхода иногда довольно крупные возвышения высотой до 100, редко до 200 м. В Азербайджане наблюдались и более крупные холмы.

Нам представляется, что газифлюидные потоки, вырываясь из мантии, как бы ослабляют в своем прохождении всю осадочную толщу и способствуют возникновению диапировых структур в майкопских отложениях. Другими словами, не диапиры в майкопских глинах создают ГВ, а, наоборот, глубинный флюидный локализованный поток способствует их возникновению. Об этом свидетельствует существование положительных структур в разновозрастной осадочной толще на всем пути флюидного потока. В этом случае становится понятной роль мощной майкопской толщи глинистых пород, которая как бы одеялом покрывает и удерживает флюиды, поступающие из недр [20]. И только прорывы этой толщи мощными глубинными потоками, локализованными в ГВ, дают возможность вырваться газогрязевому материалу на дно, создавая морфоструктуры dna глубоководной части Черного моря.

Наиболее характерной особенностью акваторий Черного и Азовского морей является соответствие современного, относительно расчленённого рельефа структуре неогенового комплекса, что свидетельствует о существенной роли молодых неотектонических движений. Таким образом, тектонический фактор определяет основные закономерности структурно-тектонической приуроченности ГВ.

Помимо анализа литолого-реологических, флюидо-динамических и тектонических характеристик, более надёжно решать задачи приуроченности грязевого вулканизма к региональным и локальным разломам позволяет геодинамический фактор. Последний определяется взаимодействием Скифской плиты и непосредственно мегавпадины Черного моря, граница между которыми, согласно проведённым исследованиям, проходит по Циркумчерноморскому глубинному разлому [6], при этом большинство ГВ расположено в прогибе Сорокина (см. рис. 1).

Вероятным фактором, активизирующим грязевулканические процессы, являются тектонические нарушения глубокого заложения. ГВ приурочены к глубинным разломным зонам, которые имеют определяющее значение в процессе возникновения и развития деформаций земной коры. На представленной тектонической схеме (см. рис. 1) обнаруженные ГВ ЗЧВ расположены довольно кучно, и локализованы преимущественно в пределах Одесско-Синопской разломной зоны мантийного заложения [20], которая оказала существенное влияние на формирование Черноморской мегавпадины в целом. Эта разломная зона, разделяющая крупные тектонические блоки земной коры, прослеживается параллельно оси Центрально-Черноморского поднятия от Восточно-Европейской



платформы до Понтид на основании повышенных градиентов мантийной составляющей гравитационного поля [11].

Таким образом, значительная масса ГВ находится в эпицентре активного геодинамического развития Западно-Черноморского рифта над Одесско-Синопской глубинной разломной зоной, где непроницаемые слои больше всего подвергались разрушению. Восходящие потоки флюидов, обогащенные углеводородами, могут попадать в условия образования их месторождений, при наличии на их пути достаточно прочных непроницаемых пород. В случае их тектонического разрушения флюиды устремляются к поверхности, образуя газовые выбросы или ГВ.

### **Признаки выделения слепых подводных вулканов**

В последние годы, за счет использования современных графов обработки и миграционных преобразований [2], значительно повысилась информативность геологической интерпретации сейсмических данных, позволяющая более обоснованно судить о строении диапировых грязевулканических структур на временных разрезах. Рассмотрение этих образований, выраженных аномалиями сейсмической записи на временных разрезах, указывает на то, что большинство ГВ имеет в основании грязевой резервуар и столбообразный подводный канал без каких-либо осложнений его формы. Отдельные ГВ отличаются некоторыми раздувами подводного канала, которые связаны либо с разными этапами активизации их деятельности, либо с латеральным внедрением продуктов извержения во вмещающую толщу осадков. Часть ГВ имеет столбообразные каналы без каких-либо раздувов.

ГВ Черного моря — разнообразны по своему строению глубинные структуры. Сейсмические исследования в пределах локализации ГВ обнаружили неоднородную картину распространения упругих волн через жерловую зону. На временных разрезах наблюдается затухание их энергии, практически исчезают отраженные волны, а качество записи существенно ухудшается. Это может свидетельствовать о том, что брекчия погребенной части жерла ГВ не отражает и не преломляет сейсмические волны.

Большое значение для слепых ГВ имеет величина суммарного давления, равно как и компонентный состав флюидов, которые в значительной степени зависят от седиментационно-диагенетических, фациальных и структурно-тектонических условий залегания вмещающих пород. В целом, первичное формирование грязевулканической структуры, как процесс интеграции и гомогенизации твердых, жидких и газообразных компонентов в условиях закрытой физико-химической системы, может являться основанием для выделения потенциально активной и подвижной среды — слоя-волновода [15].

Как правило, каналы слепых ГВ прерываются в глубине осадочной толщи без явных причин, не достигая поверхности. Часто субвертикальные каналы слепых грязевых вулканов прорывают куполовидные поднятия, что фиксируется на сейсмических временных разрезах МОГТ, рядом с активными ГВ [23]. Так, на северо-востоке Западно-Черноморской впадины, возле ГВ Страхова выделяется три слепых ГВ: два к северу-северо-западу и один к юго-востоку. При этом удаление слепых каналов от ГВ Страхова — до 16 км к северу-северо-западу и 5 км к юго-востоку (рис. 2).

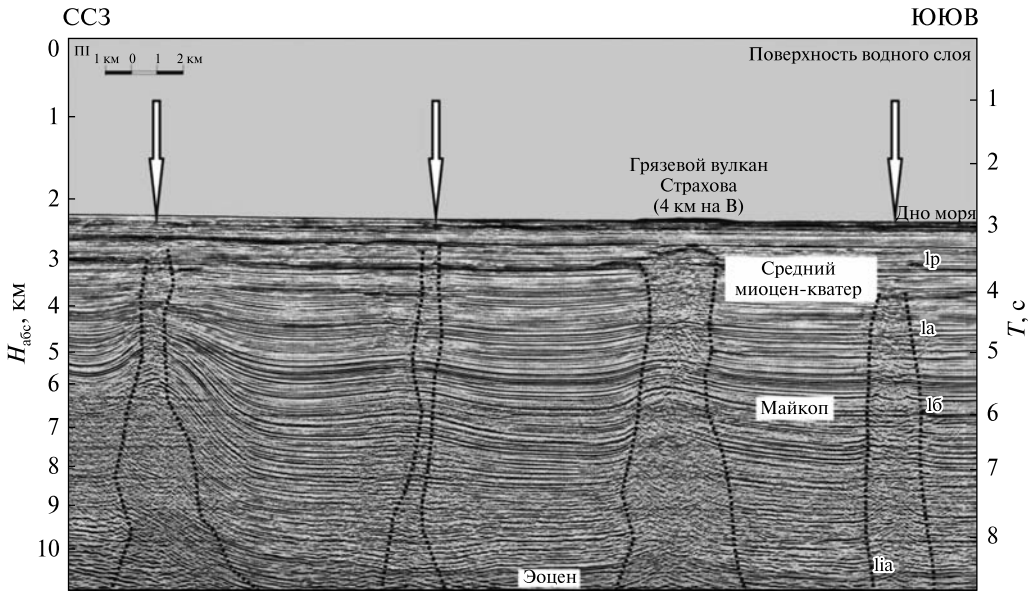


Рис. 2. Геологическая интерпретация сейсмического временного разреза в районе грязевого вулкана Страхова [23]

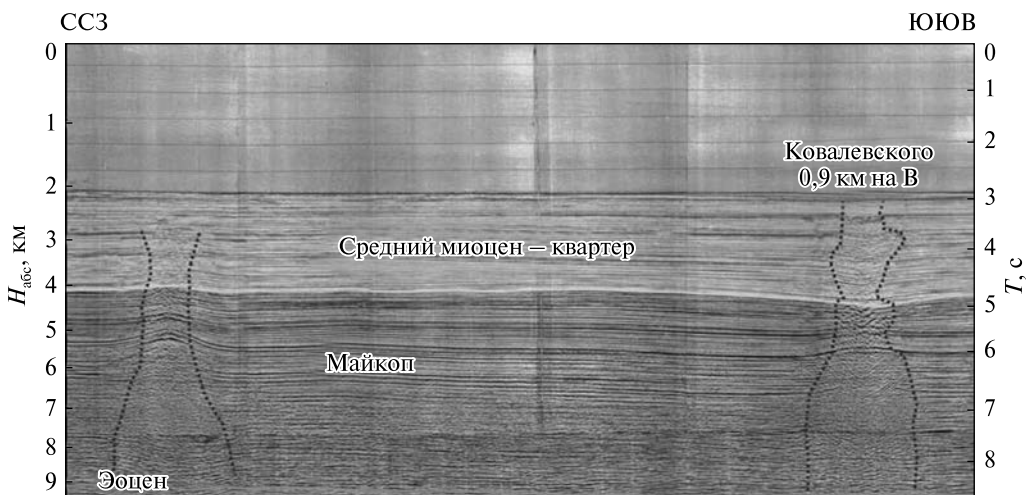


Рис. 3. Геологическая интерпретация сейсмического временного разреза в районе грязевого вулкана Ковалевского [23]

Возле ГВ Ковалевского слепой канал наблюдался к северу-северо-западу в 27 км (рис. 3), возле вулкана Гончарова (рис. 4) в 9 км к северу-северо-западу и в 12 км к юго-востоку и т. д. Последний канал достигает поверхности.

В целом для временных разрезов рассмотренных ГВ характерно субгоризонтальное положение кровли майкопской толщи, в средней части которой фиксируется слабая складчатость, изометричность, локальность куполовидных складок и максимальная амплитуда пликативных дислокаций. Как следует из приведенных временных разрезов, мощные субвертикальные нарушенные зоны прорывают эоцен, формируют ядро в отложениях майкопа, среднего миоцена-квартера и проявляются в виде грязевулканических построек [23].

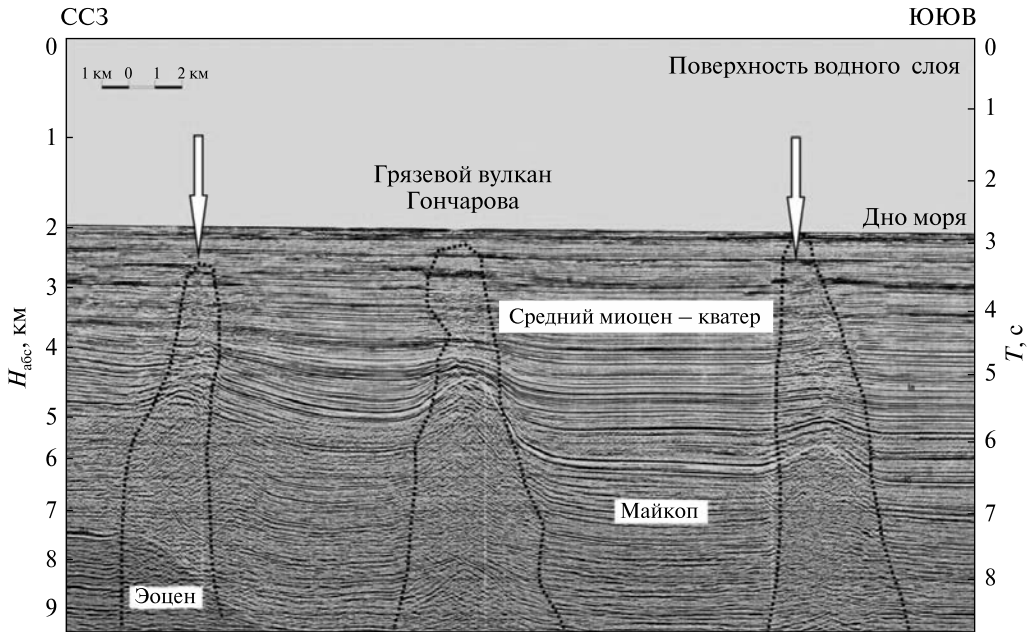


Рис. 4. Геологическая интерпретация сейсмического временного разреза в районе грязевого вулкана Гончарова [23]

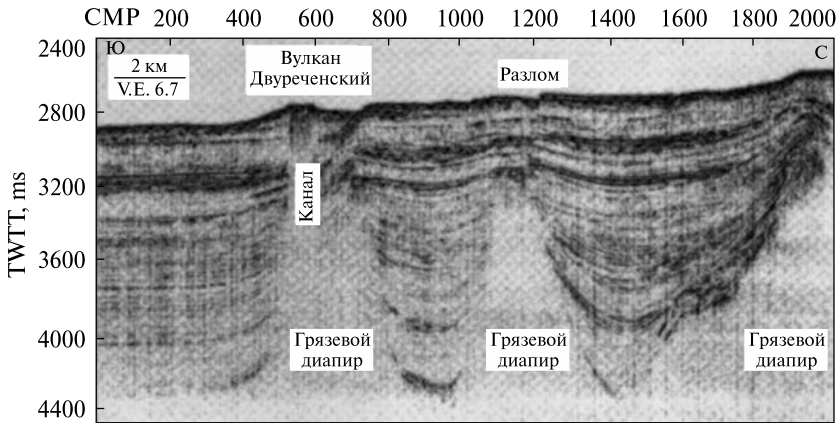
Общее число ныне обнаруженных слепых ГВ — 11. Их каналы имеют протяженность — до 9 км. Видно, что они прорывают эоценовые, майкопские, четвертичные отложения. Расстояния от слепого канала ГВ до поверхности в разных случаях составляют 1—3 км. Канал восточнее ГВ Гончарова достигает поверхности, но типичной для ГВ сопки не создает. Возможно, это еще не изученный настоящий ГВ или полный аналог с субвертикальными телами Южного Каспия, описанными И.С. Гулиевым (2010). Диаметр каналов сопки ГВ меняется, достигая первых километров, причем в нижней части канал обычно расширяется. Канал к востоку от ГВ Гончарова, напоминающий субвертикальные тела на Каспии, имеет диаметр сверху 2 км, увеличиваясь внизу до 3 км.

Слепые ГВ — не самые крупные грязевые постройки. Их флюидной мощности недостаточно для прорыва всей осадочной толщи. Но они могли развиваться постепенно, неоднократно подпитываясь газами. Однако на поверхность эти газы в своей массе не вышли и, очевидно, остались в недрах. По системам нарушений газовые массы могли мигрировать, создавая газовые месторождения в термодинамически благоприятных пунктах миграции, могли диффундировать к поверхности, создавая залежи газогидратов, иногда прорываясь на поверхность в виде факелов.

Все исследователи констатируют наличие газовых факелов в глубоководной части моря. Как один из возможных вариантов, их происхождение связано именно с утилизацией газовых плюмов слепых ГВ. Возможно, в ходе миграции они до сих пор подпитывали газовые факелы каких-то районов северо-запада Черного моря. Наконец, установлено явное поступление глубинного метана в воду Черного моря. Описанные проявления — один из источников такого рода.

Надо иметь в виду; что ГВ выбрасывают огромные массы флюидов. Они грандиозны в азербайджанских ГВ, на берегах Черного моря — Керченском и Та-





**Рис. 5.** Сейсмический временной разрез в районе грязевого вулкана Двуреченского по [29]

манском полуостровах — более скромны, но и здесь достигают миллионов кубических метров за одно извержение.

Миграция газов облегчается, очевидно, и в силу того, что почти весь рой слепых ГВ, как было указано выше, расположен в пределах Одесско-Синопской разломной зоны (см. рис. 1). Следует отметить, что у обрыва континентального склона Крыма зафиксированы находки крупнейших глыб вулканитов, сульфидизированных конгломератов. Непосредственно в Одесско-Синопской разломной зоне зафиксированы повышенные содержания сероводорода, поле сульфидных новообразований, залежи газогидратов в палеодельте Днепра [7], еще севернее несколько газовых месторождений. Этим подтверждается, скорее всего, важная роль Одесско-Синопской разломной зоны в формировании геохимического поля в недрах рассматриваемой акватории [21].

Слепые грязевулканические тела установлены и во впадине Сорокина. Рядом с одной из крупнейших грязевых построек — ГВ Двуреченского — зафиксированы две крупные подобные структуры, не имеющие выхода на поверхность дна. По всем признакам их также можно отнести к слепым ГВ. На рис. 5 приведен фрагмент сейсмического временного разреза через впадину Сорокина [29]. Как видно на рисунке, к востоку от ГВ Двуреченского достаточно отчетливо по затуханию энергии распространения упругих волн и существенному ухудшению качества записи наблюдаются два видимых подводящих канала, в эпицентрах которых на дне были зафиксированы газовые проявления. Аналогичную картину двух слепых ГВ над грязевым диапиром к северо-востоку от грязевого вулкана Казакова иллюстрирует сейсмический профиль на рис. 6 [26].

Нельзя не сопоставить наблюдаемые слепые ГВ с описанными И.С. Гулиевым (2010) субвертикальными геологическими телами в Южном Каспии и с трубообразными телами, под дном Северного Каспия. Б.И. Голубов, Д.Ф. Исмагилов (2003) и В.В. Хаустов (2011) констатируют, что в Южно-Каспийской впадине свыше 70 % всех месторождений нефти и газа связаны с субвертикальными геологическими телами, в зонах развития которых выделяется огромное количество воды. В Южно-Каспийской впадине закартировано около 100 подобных субвертикальных тел, часть из них совпала с ранее обнаруженными ГВ. Наиболее крупные субвертикальные тела имеют диаметр от 3—4 до 10 км, их фиксируемая вер-

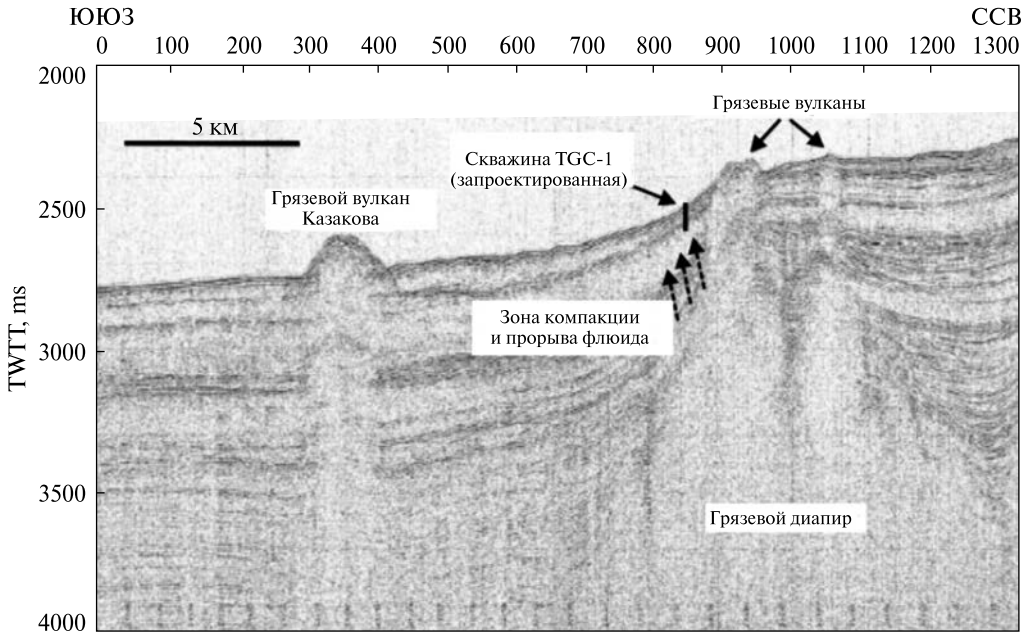
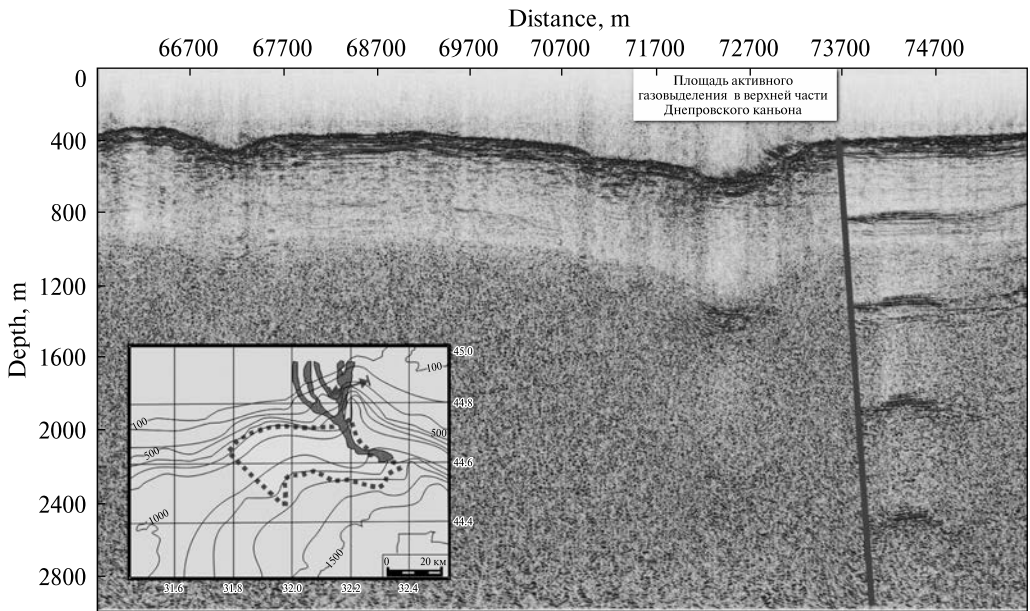


Рис. 6. Сейсмический временной разрез в районе грязевого вулкана Казакова по [26]

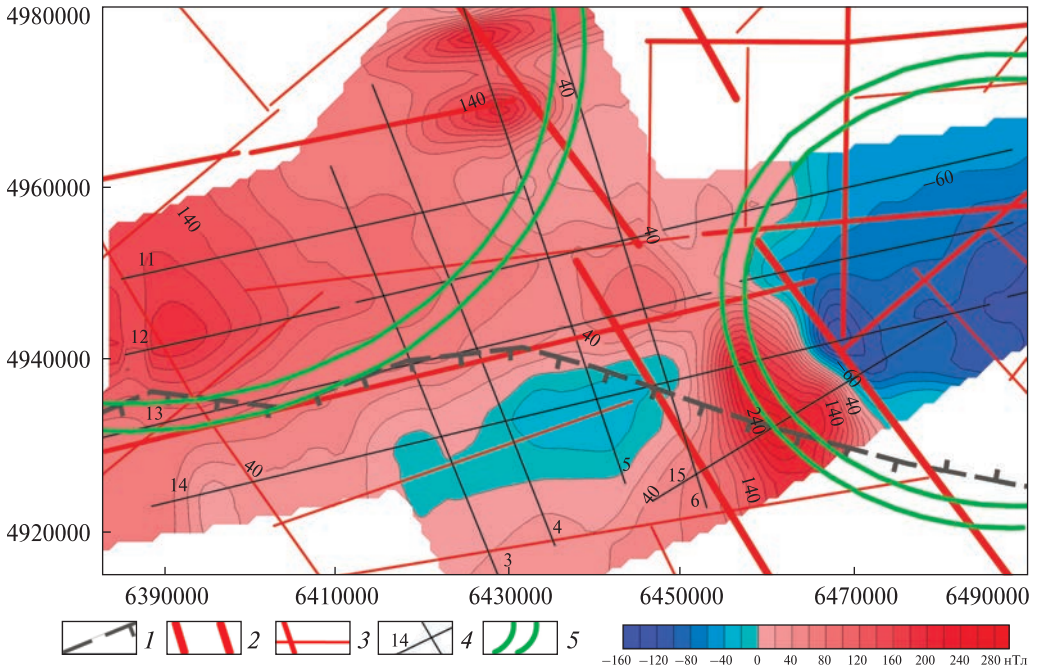


Профиль VII\_2 часть 8 (галс 7)

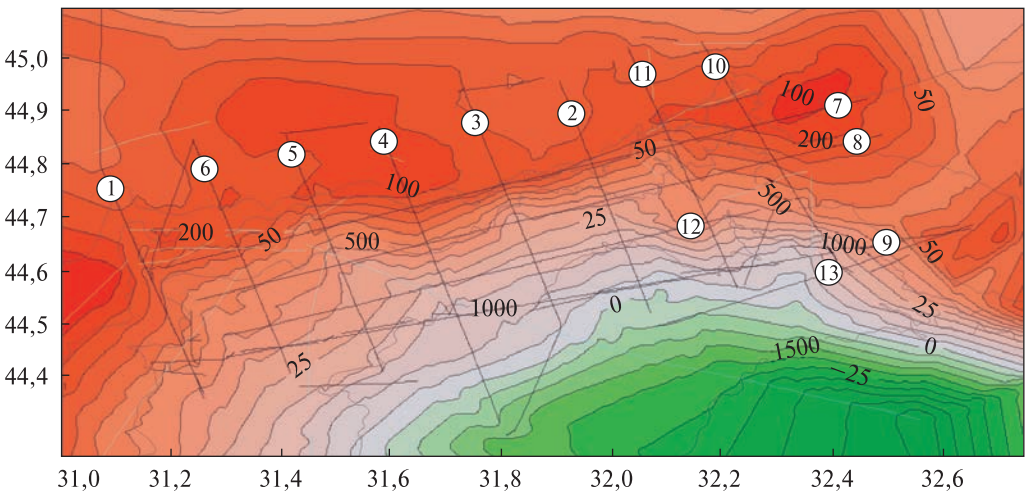
Рис. 7. Фрагмент временного сейсмического разреза по профилю, который пересекает Днепровский Палео-Каланчакский каньон в субширотном направлении

тикальная протяженность от 8—10 до 20 км. Они пронизывают весь осадочный чехол до фундамента и, вероятно, еще глубже.

Как видим, черноморские и каспийские структуры во многом подобны. Черное море еще предстоит изучить с задачей выявления сложных ГВ и субвертикаль-



**Рис. 8.** Аномальное магнитное поле акватории палеodelьты Днепра: 1 — мезозойская сutura; 2 — зона Одесско-Синопского разлома; 3 — разломы разных рангов; 4 — профили наблюдений; 5 — кольцевые структуры



**Рис. 9.** Карта поля силы тяжести в свободном воздухе акватории палеodelьты Днепра, изолинии в мГал

ных геологических тел и оценить их роль в миграции газов. Наиболее благоприятна для их поисков ЗЧВ, особенно ее северная часть, где ожидаются, по нашим прогнозам, новые находки ГВ. В этом отношении интерес представляют результаты комплексных исследований в зоне перехода северо-западного шельфа к континентальному склону и глубоководной части Черного моря, которая является наиболее богатой по распространению газовых сипов в Черном море. На этой аквато-



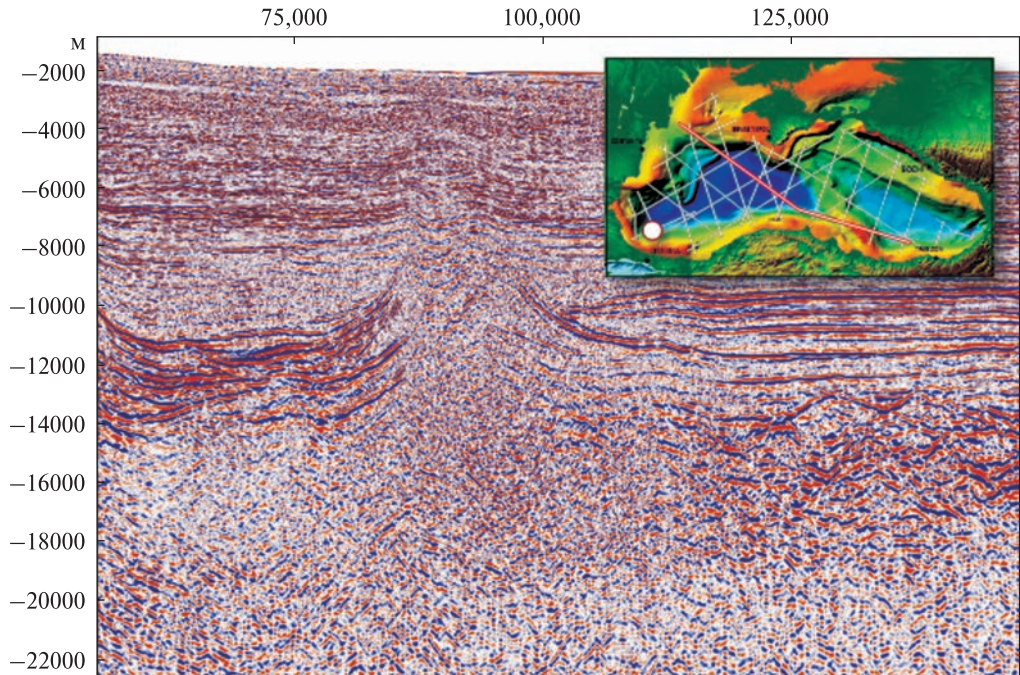


Рис. 10. Фрагмент временного сейсмического разреза по профилю, пересекающему слепой грязевой вулкан в юго-западной части Черного моря [10]

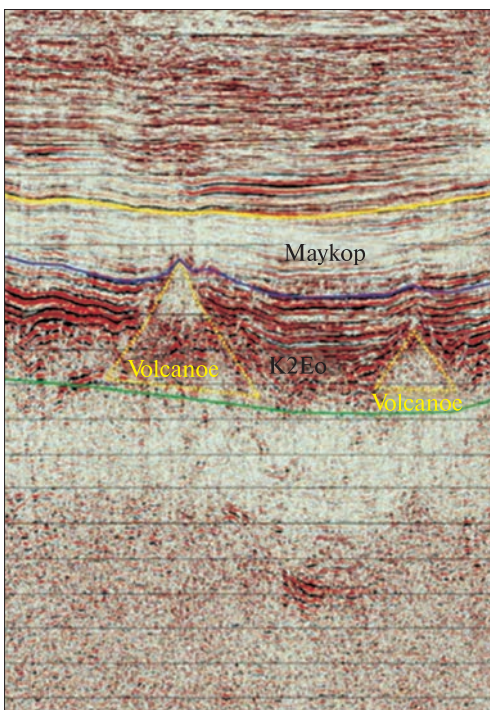
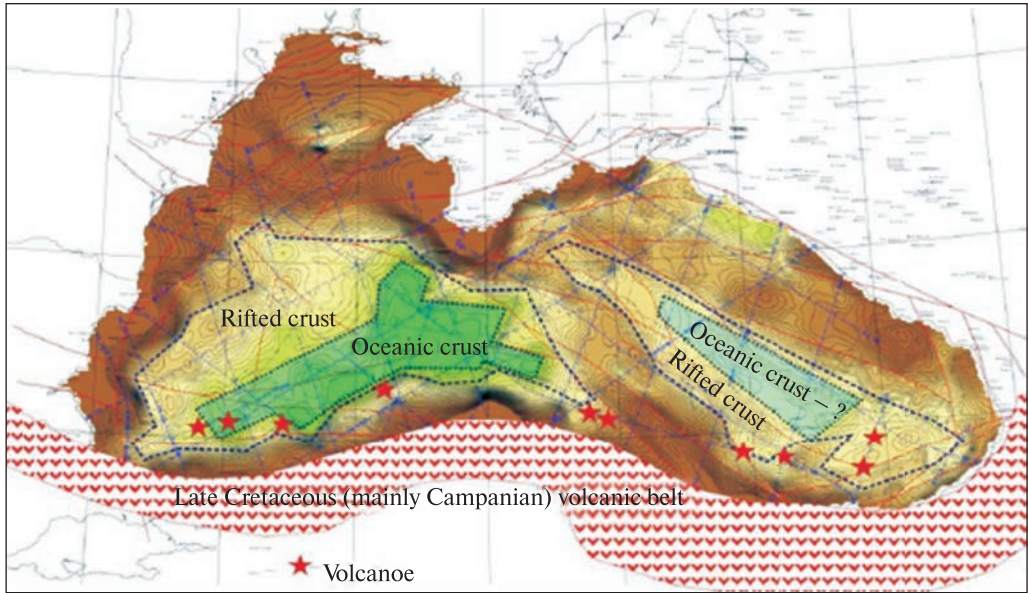


Рис. 11. Схематический фрагмент временного разреза, на котором выделяются поднятия конической формы и без эродированных вершин [10]

рии в пределах Днепровского каньона в результате выполненных многоканальных и широкоугольных сейсмических наблюдений с использованием донных океанических сейсмометров был обнаружен грязевой диапир [30]. На северо-западе Черного моря прослеживается несколько рукавов палео-Днепра. В данном случае речь идет о крайнем восточном рукаве — Палео-Каланчаке. В 2011—2013 гг. на этом полигоне Институтом геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины были выполнены комплексные геофизические исследования на НИС "Профессор Водяницкий". Комплекс геофизических исследований включал сейсмическое профилирование, гравиметрические, магнитометрические и геотермические исследования [8].

На приведенном временном разрезе по профилю, который пересекает Днепровский каньон в субширотном направлении (рис. 7), наблюдается уменьшение количества отраженных границ и беспорядочное их распрост-



**Рис. 12.** Расположение открытых вулканов на стратиграфическом уровне меловых или верхнемеловых отложений [10]

ранение к западу от разлома, над которым фиксируется облако активного газовыделения [7]. Надо думать, что сконцентрированные здесь потоки флюидов грязевого диапира превышают вмещающий объем порового пространства, в результате чего метан просачивается по разлому через донные осадки в толщу воды.

Немаловажным обстоятельством является тот факт, что непосредственно над выявленным грязевым диапиром была зафиксирована отрицательная изометричная локальная магнитная аномалия (рис. 8) и снижение уровня гравитационного поля в центральной части полигона (рис. 9). Это может свидетельствовать о том, что в кратерном поле и в подводящем канале, заполненном брекчией, за счёт разуплотнения материала уменьшается индуцированная намагниченность.

Следует согласиться с высказанным предположением в [1], что суммарный отрицательный гравитационный и магнитный эффекты от ГВ больше, чем от зон дробления разрывных нарушений и других факторов. При этом разломные зоны сопровождаются аномалиями протяженной формы, в то время как над обнаруженным в Днепровском каньоне грязевым диапиром зафиксирована изометрическая локальная магнитная аномалия. Приведенные материалы позволяют выявленный нами грязевой диапир диагностировать в качестве слепого ГВ. Следует отметить, что Днепровский каньон пространственно совпадает с Николаевским глубинным разломом субмеридионального простирания, который в пределах континентального склона примыкает к Одесско-Синопской разломной зоне глубинного заложения.

Слепые ГВ встречены не только на севере ЗЧВ, но и на ее крайнем юго-западе. В отношении изучения слепых ГВ представляют интерес результаты широкомасштабных региональных сейсмических исследований методом общей глубинной точки (МОГТ) по редкой сети со средним расстоянием между профилями 100 км, выполненных в 2011 г. Международной ассоциацией “Геология без границ” [10, 33]. На рис. 10 приведен фрагмент временного разреза по профилю, пе-



ресекающему слепой ГВ в юго-западной части Черного моря. На разрезе отчетливо наблюдается резкое падение отражающих границ в камере грязевого диапира ниже 10 км и практически их отсутствие в жерле вулкана, прорывающего майкопскую и вышележащие осадочные толщи. На ряде профилей близ Турции выделяются изометричные поднятия высотой 500—2500 мсек и диаметром 10—15 км, конической формы и без эродированных вершин (рис. 11). Как утверждают авторы [10], вероятно, что если не все, то большинство этих поднятий являлись подводными вулканами. Их основания находятся примерно на стратиграфическом уровне меловых или верхнемеловых отложений. Поскольку эти гипотетические палеовулканы не имеют явных признаков эрозии, вероятно, они формировались под водой с глубинами моря не менее 1 км. Из этого следует, что в конце мела Западно- и Восточно-Черноморский бассейны уже были глубоководными впадинами. Как видим, в акватории Черного моря развиты также и своеобразные слепые грязевые палеовулканы, расположение которых показано на рис. 12. Небезынтересным является тот факт, что глиняные диапировые тела были также зафиксированы в виде аномалий сейсмической записи на временных разрезах в нижнемеловых отложениях Индоло-Кубанского прогиба [3].

В заключение следует отметить, что представленную структурно-тектоническую интерпретацию слепых ГВ следует рассматривать как основу для дальнейшего углубленного анализа геолого-геофизической информации. Многие вопросы требуют дополнительных исследований и осмысления всего объема накопленной информации с предложенных авторами позиций.

## Выводы

1. В акватории Черного моря обнаружены слепые ГВ, под которыми мы понимаем каналы движения флюидов, не достигших поверхности осадочной толщи. Они как бы сопровождают действующие ГВ.

2. Многие слепые ГВ локализованы на северо-востоке Западно-Черноморской впадины в зоне ее пересечения Одесско-Синопской разломной зоной и в ряде других районов.

3. Слепые ГВ могут явиться зонами поступления газов в осадочную толщу с последующим возникновением газовых месторождений, залежей газогидратов, газо-флюидных проявлений. Их наличие является положительным критерием для поисков углеводородных залежей.

4. В южной части Западно-Черноморской впадины, близ берегов Турции установлены подводные ГВ на стратиграфическом уровне нижнемеловых (кампанские отложения), свидетельствующие о том, что в акватории Черного моря грязевулканическая деятельность проявилась уже в верхнем мелу.

Авторы пользуются случаем поблагодарить Е.Я. Нетребскую за помощь в работе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Ад.А. Грязевые вулканы Каспийского моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2014. № 1. С. 33—44.
2. Верпаховская А.О., Пилипенко В.Н., Кобелев В.П. Особенности обработки морских сейсмических наблюдений с использованием конечно-разностной миграции. *Геофиз. журн.* 2013. 35, № 5. С. 187—195.

3. Герасимов М.Е. Надвиговые дислокации и глиняный диапиризм в нижнемеловых отложениях Индоло-Кубанского прогиба. *Геофиз. журн.* 1991. № 4. С. 89—95.
4. Голубов Б.Н., Исагилов Д.Ф. Трубообразные тела под дном Северного Каспия и флюидный режим его недр. Генезис нефти и газа. Москва: ГЕОС, 2003. С. 78—80.
5. Гулиев И.С. Субвертикальные геологические тела — новые объекты поисков месторождений углеводородов. Всероссийская конф. “Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парогенезы”. Москва: ГЕОС, 2010. С. 140—145.
6. Коболев В.П. Структурно-тектонические и флюидо-динамические аспекты глубинной дегазации мегавпадины Черного моря. *Mining of Mineral Deposits.* 2017. 11, № 1. С. 31—49.
7. Коболев В.П., Верпаховская А.О. Скопления газовых гидратов в палеодельте Днепра как объект сейсмических исследований на склоне северо-западного шельфа Черного моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2014. № 1. С. 81—93.
8. Коболев В.П., Верпаховская А.О., Захаров И.Г., Козленко Ю.В., Кутас Р.И., Любицкий А.А., Марченко А.В., Орлюк М.И., Яцюта Д.А. Комплексные геофизические исследования на склоне северо-западного шельфа Черного моря. Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа. Сборник докладов XI международной конференции “Крым - 2013”. Симферополь, 2014. С. 52—78.
9. Мейснер Л.Б., Туголесов Д.А., Хахалев Е.М. Западно-Черноморская грязевулканическая провинция. *Океанология.* 1996. Т. 35, № 1. С. 19—127.
10. Сенин Б.В., Никишин А.М., Амелин Н.В. и др. Отчет по программе морских научных работ “Изучение геологического строения докайнозойских отложений и глубинной структуры бассейна Черного моря”, 139 л. текста, 65 рис., табл. 6/12 л, граф. прил. 38, библиогр. 78. ОАО “Союзморгео”. Геленджик, 2012.
11. Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Пашкевич И.К., Кутас Р.И., Легостаева О.В. Геофизические неоднородности мегавпадины литосферы Черного моря. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32, № 5. С. 3—20.
12. Стогний В.В., Стогний Г.А., Погорелов А.В., Гришко О.А. Тектоническая позиция грязевых вулканов Краснодарского края. IX Всероссийская научная конференция с международным участием “Вулканизм, биосфера и экологические проблемы”. Сб. мат.-лов. Майкоп: Изд-во “Магарин О.Г.”, 2018. С. 61—64.
13. Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б. и др. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. Москва: Недра, 1985. 215 с.
14. Хаустов В.В. О глубинных водах Южно-Каспийской впадины. *Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета.* 2011. № 2 (18).
15. Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов. *Природа.* 2002. № 11. С. 47—58.
16. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: распространение и генезис. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2012. № 4 (30). С. 5—28.
17. Холодов В.Н. Типы элизионных систем и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2013. № 3. С. 3—41.
18. Холодов В.Н. О происхождении грязевых вулканов. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2019. 15, № 4. С. 57—80.
19. Шнюков Е.Ф. Грязевой вулканизм в Черном море. *Геол. журн.* 1999. № 2. С. 38—42.
20. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. О глубинной природе дегазации дна Черного моря. *Геотехнологии.* 2018. № 1. С. 1—11.
21. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев: Логос, 2013. 384 с.
22. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. Корни Черноморских грязевых вулканов. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2013. № 1. С. 87—92.
23. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. Глубинное геологическое строение грязевых вулканов Черного моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2014. № 2. С. 66—79.
24. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. О глубинном строении эруптивного канала грязевых вулканов. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана.* 2016. № 4. С. 54—66.
25. Шнюков Е.Ф., Ступина Л.В., Рыбак Е.Н. и др. Грязевые вулканы Черного моря. Каталог. Киев: Логос, 2015. 258 с.

26. Aloisi G., Drews M., Wallmann K., Bohrmann G. Fluid expulsion from Dvurechenskii mud volcano (Black Sea) Part I: fluid sources and relevance to Li, B, Sr and dissolved inorganic nitrogen cycles. *Earth and Planetary Science Letters*. 2004. P. 347–363.
27. Dondurur D., Mutařılilar M., Çiři G., Karsli H., Güngör T. ve Kizildag N. Morphological and Seismo-acoustic Structure of the Western Black Sea Continental Shelf, Offshore Kefken, TÜBİTAK Project. 2018. P. 115–218.
28. Du M., Peng X., Seyfried Jr. W.E., Ta K., Guo Z., Chen S., Chou I.-M., Li J., Xu H. Fluid discharge linked to bending of the incoming plate at the Mariana subduction zone. *Geochem*. 2019. 11. P. 1–5.
29. Krastel S., Spiess V., Ivanov M., Weinrebe W., Bohrmann G., Shashkin P., Heidersdorf F. Acoustic investigations of mud volcanoes in the Sorokin Trough, Black Sea. *Geo Mar. Lett.* 2003. 23. P. 230–238.
30. Ludman T., Wang H.K., Konerding P. et al. Heat flow and quantity of methane deduced from a gas field in the vicinity of the Dnepr Canyon, north-western Black Sea. *Geo-Mar. Lett.* 2004. 24. P. 182–193.
31. Mascle J., Mary F., Praeg D., Brosolo L., Camera L., Ceramicola S., Dupré S. Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean Sea and nearby Gulf of Cadiz. *An International Journal of Marine Geology*. 2014. 21 p. DOI 10.1007/s00367-014-0356-4
32. Shnyukov E., Yanko V. *Mud Volcanoes of The Black Sea Region and Their Environmental Significance*. Springer. Switzerland. 2020. 494 p.
33. Whaley J. *Geology Without Limits! Cross border co-operation leads to better geological understanding*. GEOEx Pro. 2012. P. 12.

Статья поступила 15.04.2020

Е.Ф. Шнюков, академік НАН України  
доктор геол.-мін. наук, професор, радник при дирекції  
ДНУ “МорГеоЕкоЦентр НАН України”, Київ  
01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 55-б  
E-mail: eshnyukov@gmail.com  
ORCID 0000-0003-1173-2576

В.П. Коболев, доктор геол. наук, професор,  
головний науковий співробітник,  
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ  
03142, Київ, просп. Академіка Палладіна, 32.  
E-mail: kobol@igph.kiev.ua  
ORCID 0000-0001-5625-5473

## СЛІПІ ГРЯЗЬОВІ ВУЛКАНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Розглянуто новий тип підводних грязьових вулканів, в яких канали руху грязевулканічного матеріалу не досягають дна моря і згасають в осадовій товщі. Аналіз часових сейсмічних розрізів свідчить, що в межах глибоководної частини Чорного моря, в силу певних термодинамічних умов або структурно-тектонічних особливостей залягання, частина грязевулканічних діапірів не переходить в стадію виверження, а розташовуючись поблизу дна, залишаються активними джерелами газофлюїдних потоків, що мігрують з різних тектонічних порушень залягаючого вище осадового шару. Авторами запропоновано нову назву подібним вулканічним утворенням — “сліпі” грязьові вулкани.

Природа грязьового вулканізму аналізується на основі взаємообумовлених генетичних факторів: літологічного, реологічного, флюїдодинамічного, тектонічного і геодинамічного. Показано провідну роль флюїдодинамічного фактору в їх формуванні під дією тектонічних напружень надвисоких тисків, достатніх для прориву на поверхню концентрованих глибинних газофлюїдних потоків по розломних зонах в умовах відносного розтягнення земної кори.

**Ключові слова:** Чорне море, грязьові вулкани, діапіри, сейсмічні розрізи, флюїди.

*Ye.F. Shnyukov*, Acad. of NAS of Ukraine, Dr. Sci.  
(Geol. & Mineral.), Prof., Advisor to the Directorate  
SSI “MorGeoEkoCenter” of NAS of Ukraine, Kyiv  
55-b, O. Honchara str., Kyiv, Ukraine, 01054  
E-mail: eshnyukov@gmail.com  
ORCID 0000-0003-1173-2576

*V.P. Kobolev*, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Principal Research Scientist  
S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, Kyiv  
32, Palladin ave., Kyiv, Ukraine, 03142  
E-mail: kobol@igph.kiev.ua  
ORCID 0000-0001-5625-5473

#### BLIND MUD VOLCANOES OF BLACK SEA

A new type of submarine mud volcanoes in which the channels of mud volcanic material do not reach the seabed and attenuate in the sedimentary thickness is considered. The analysis of time seismic sections shows that within the deep-water part of the Black Sea, due to certain thermodynamic conditions or structural and tectonic features of occurrence, part of mud volcanic diapirs do not go to the stage of eruption, and being located near the seabed, remain active sources of gas-fluid flows, migrating on various tectonic faults of the overlying sedimentary layer. The authors propose a new name for such volcanic structures as “blind mud volcanoes”.

The nature of mud volcanism is analyzed based on mutually conditioned genetic factors: lithological, rheological, fluid-dynamic, tectonic and geodynamic. The leading role of the fluid-dynamic factor in their formation under the action of tectonic stresses of ultra-high pressures, sufficient for the breakthrough to the surface of the concentrated deep gas-fluid flows along the fracture zones in the conditions of relative stretching of the Earth's crust is shown.

**Keywords:** *Black Sea, mud volcanoes, diapirs, seismic time section, fluids.*