

УДК 551.35:550.832.44 (262.5)

Е. Ф. Шнюков, Л. И. Митин, С. А. Клещенко, А. В. Григорьев

## Зона акустических аномалий в Черном море близ Севастополя

На дне Черного моря в 25 милях от Севастополя на материковом склоне обнаружены и частично изучены аномальные явления, которые проявляются на эхолотных профилях в виде крупных куполов. В плане купола имеют овальную форму, длинная ось которых ориентирована с юго-запада на северо-восток. Всего обнаружено семь куполов, сгруппированных в три поля. Максимальная длина отдельных куполов достигает 3 км, высота — 400 м. По предварительным данным, в районе аномалий установлены высокие — в 2—3 раза выше фоновых — значения тепловых потоков, а также относительно повышенное содержание в придонных слоях  $H_2S$ . Однако природа аномалий пока не выяснена. Аномальные объекты требуют дополнительного изучения.

Впервые акустические аномалии встречены в 1989 г., когда во время 51-го рейса НИС «Михаил Ломоносов» по Черному морю (ноябрь — декабрь 1989 г.) авторами по результатам эхолотного промера в 25 милях к юго-западу от Севастополя был обнаружен необычный купол над коренным дном. Он имеет овальную форму с наибольшей осью свыше 1 мили. Опущенная в центр купола тяжелая грунтовая трубка донные осадки не подняла, а ударились о что-то твердое и была деформирована. Это послужило поводом для самых разных предположений, в частности даже допускали существование на дне своего рода лакколита [6]. В этой связи по просьбе авторов в сентябре 1990 г. район был обследован гидрографическим судном «Створ». Эхолотным промером, выполненным под руководством М. Б. Третьякова на площади 4×4 мили, подтверждено наличие упомянутого аномального объекта, а также выявлено еще два подобных объекта к востоку и западу от него на расстоянии 1,5—2,8 км. Эти объекты были предварительно схематически закартированы, однако природа их осталась не выяснена.

В мае 1992 г. обследование района было продолжено на НИС «Академик Вернадский». В результате этих исследований удалось обнаружить целую зону подобных аномалий, сгруппированных в три поля (рис. 1). Первое и наиболее изученное поле было локализовано вокруг обнаруженной нами в 1989 г. аномалии и включало в себя не три, а четыре купола (рис. 2). Два других расположены к западу от первого поля и менее изучены (рис. 1).

Все отмеченные аномалии на эхограммах располагаются у основания материкового склона на глубинах 1200—1800 м (в основном 1600—1800 м). Проведено картирование этих аномальных объектов. Они отрисовываются на схемах в виде овалов, достигающих по длинной оси протяженности до 1,5 мили. Чаще встречаются более мелкие образования, особенно в западном поле. Были выполнены десятки пересечений этих куполов. Высота их довольно значительна — до 150, 300 м и более. При пересечении аномальных объектов на ходу судна на эхограммах отрисовываются хорошо выраженные конусы на четко отделяющемся коренном дне (рис. 3), при пересечении во время дрейфа — относительно пологие купола также на фоне отчетливо выраженного контура

© Е. Ф. ШНЮКОВ, Л. И. МИТИН, С. А. КЛЕЩЕНКО, А. В. ГРИГОРЬЕВ, 1993

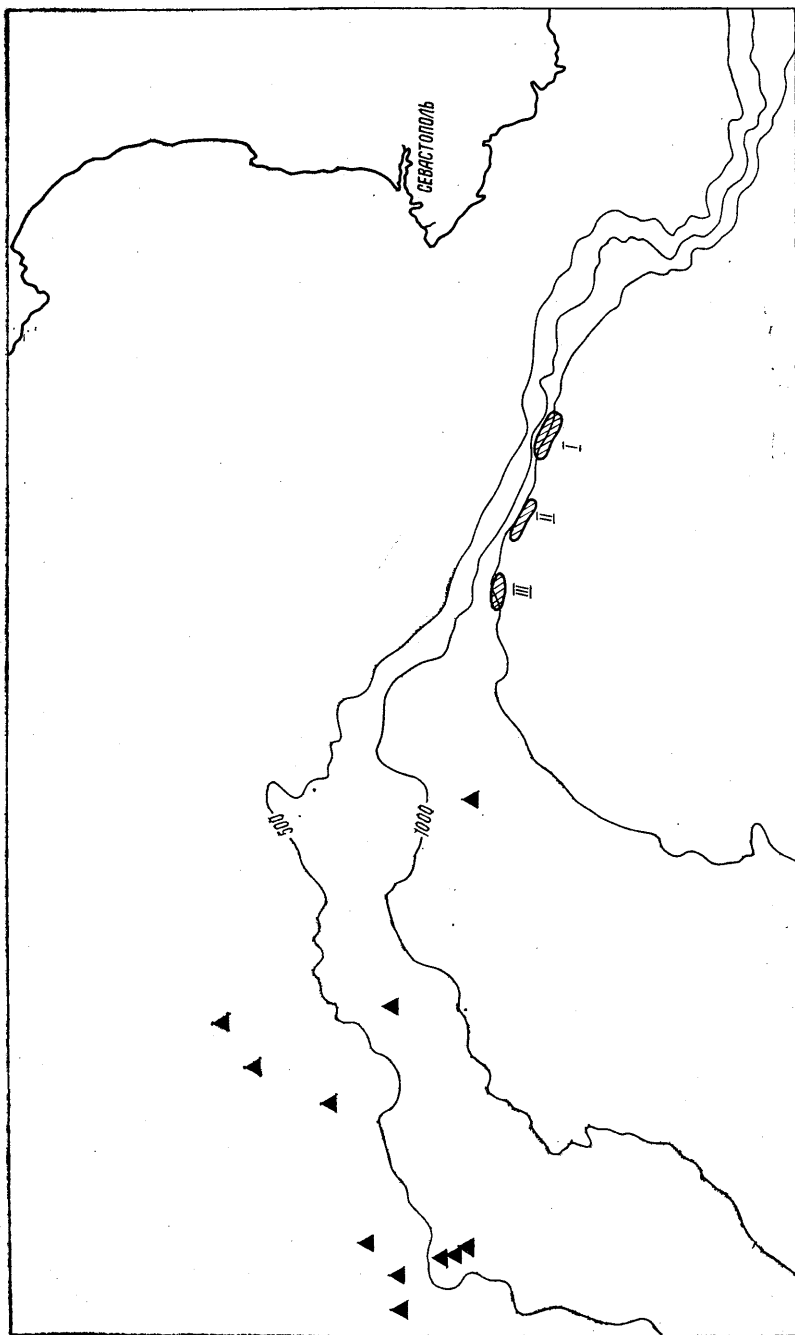


Рис. 1. Расположение полей аномальных подземных объектов  
 поля подземных объектов; I — 1—4, II — 5, III — 6—7. Залитый треугольник — место обнаружения газопроявления

дна (рис. 4). Почти всегда в центре купола отрисовывается в коренном дне своего рода эруптивный канал или зона отсутствия отражающей границы, что характерно для подводных грязевых вулканов [9]. В аномальные объекты неоднократно опускались драги и тяжелые грунто-вые трубки. Практически только один раз драгой с мелкоячеистой сеткой были подняты полужидкие илы, содержащие брекчию глин. В составе илов Н. В. Маслун определены единичные формы эоценовой, майкопской и неогеновой микрофауны. На других станциях в пределах аномальной зоны трубки и драги ничего не подняли. Исследование теплового потока, выполненное сотрудниками Института геофизики АН

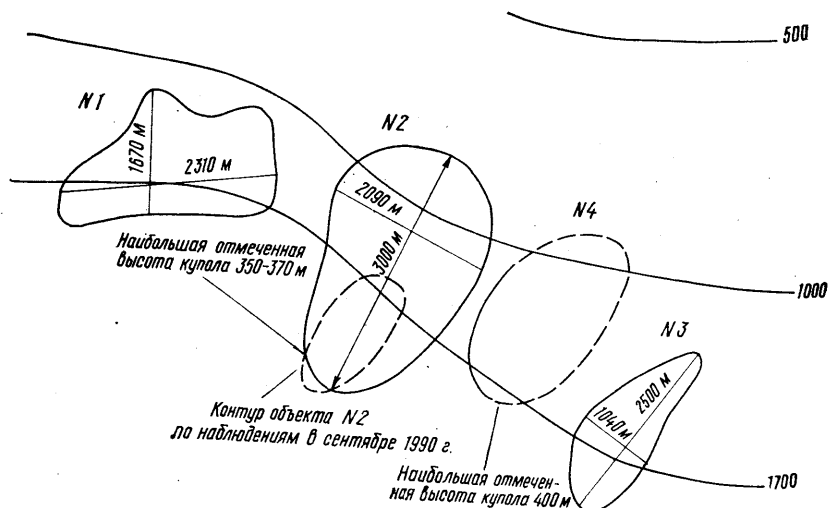


Рис. 2. Расположение и размеры подводных объектов № 1—4 поля I

Объект № 1 обнаружен в сентябре 1990 г. Объект № 2 выявлен в декабре 1989 г., подтвержден в мае 1992 г. Объект № 3 обнаружен в сентябре 1990 г. Объект № 4 выявлен в мае 1992 г.

Украины под руководством В. П. Коболева, показало двух- и трехкратное (до 100—133 мВт/м<sup>2</sup>) его увеличение в пределах аномальных зон по сравнению с фоном (25—47 мВт/м<sup>2</sup>). Повышенными на 0,15—0,20 °С по сравнению с фоном оказались здесь и температуры донных осадков.

По предварительным данным, придонные воды в исследуемом районе характеризуются повышенными содержаниями H<sub>2</sub>S. Так, по данным многолетних исследований (1960—1986 гг.), в западной части Черного моря конфигурация изобаты 1500 м близка к конфигурации изосульфиды 6,0 мл/л, а зоны повышенных концентраций H<sub>2</sub>S на горизонте 1500 м ограничены изосульфиды 6,5 мл/л. При этом среднегодовое содержание H<sub>2</sub>S на горизонте 1500 м для всей акватории Черного моря за указанный период составило 6,1 мл/л, а максимальная концентрация его в районе, граничащем с исследуемыми, не превышала 7,5 мл/л [4]. В то же время в изучаемом районе нами уже на горизонте 1200 м установлены содержания H<sub>2</sub>S, равные 7,2—7,5 мл/л, а в интервале глубин 1400—1600 м они повышаются до 7,8—8,1 мл/л. Данные эти заслуживают дополнительной проверки.

Анализ накопленных за 1960—1986 гг. материалов по распределению концентраций H<sub>2</sub>S в водной толще Черного моря [4] показал, что максимальные его концентрации обнаруживаются над крупными разломами. По мнению авторов работы [4], это обусловлено активно протекающими на больших глубинах (2,5—3 км) при температурах 80—150 °С абиогенными процессами восстановления сульфатов углеводородами, приводящими к образованию H<sub>2</sub>S, и последующей миграцией его совместно с углеводородами и глубинными водами по трещинам и разломам в залегающие выше горизонты, вплоть до морского дна. Наличие разломных зон в исследуемом районе известно по данным геофизических исследований. Нами в районе работ на материковом склоне

установлено широкое распространение кристаллических пород, преимущественно кислого состава, несущих следы наложенных гидротермальных процессов. Обнаруженные в глубинных водах Сочи-Мацестинского района повышенные концентрации  $H_2S$  К. К. Зеленев [1] объясняет поллюцией ювенильных вод.

К настоящему времени четко установлено, что верхняя граница куполов проницаема для геологических снарядов и зондирующих приборов, т. е. предположение о наличии лакколлитов не подтвердилось. Таким образом, купола могут быть интерпретированы либо как результат акустического эффекта, обусловленного побочным отражением звукового сигнала от положительных форм рельефа на соседних участках подножия материкового склона, либо как следствие газовыделений со дна моря. Первому предположению противоречат такие факты, как от-

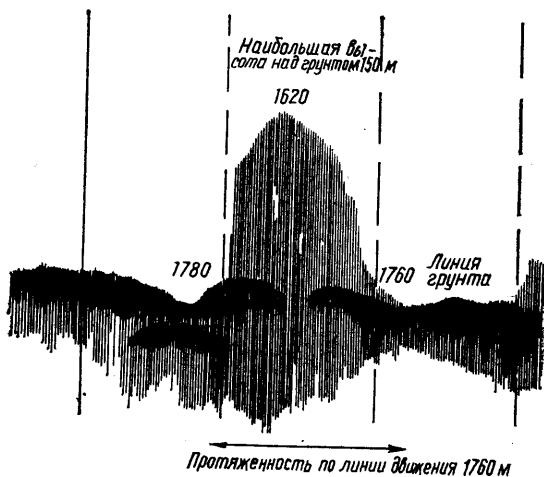


Рис. 3. Эхограмма подводного объекта № 2 поля I при пересечении его с востока на запад на ходу судна

сутствие отражающей границы в коренном дне в центрах куполов (рис. 3, 4), а также отсутствие подобных акустических аномалий на других участках подножия материкового склона, имеющих аналогичный рельеф. Можно допустить существование на дне моря газовыделе-

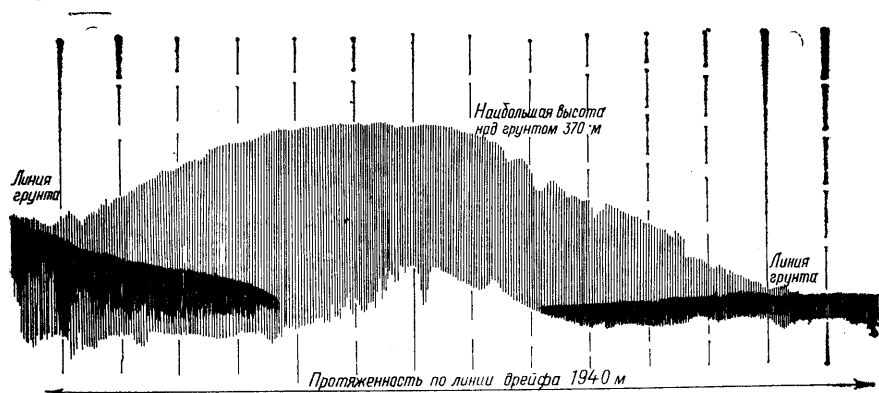


Рис. 4. Эхограмма подводного объекта № 2 поля I при пересечении его с запада на восток в дрейфе судна

ний. Такого рода находки на дне Черного моря известны и неоднократно описаны [1, 2 и др.]. Однако в данном случае это явление проявляется более масштабно, о чем можно судить хотя бы по высоте куполов на эхограммах, достигающей до 400 м. Одной из форм проявления этих возможных газовыделений могут быть подводные грязевые вулканы. Наличие грязевых вулканов на дне Черного моря и даже в его самой глубоководной зоне установлено несколько лет назад. Обобщение имеющихся данных по этому вопросу приведено в книге Е. Ф. Шнюкова с соавторами [5]. На последних съемках дна, выполненных объединением «Южморгеология» с помощью гидролокатора бокового обзора, хорошо виден овал с небольшим валиком вокруг и даже вытекаю-

щим потоком жидкой грязи. Грязевые вулканы известны не только в Черноморском регионе. Плоские постройки грязевых вулканов размером до 1 км в диаметре и небольшие конусообразные холмы описаны в Барбадосской котловине [9]. Они приурочены к зоне диапировых структур площадью 30 км<sup>2</sup> и обнаружены сейсмоакустическими методами. Высачивание природных газов, связанное с диапирами, установлено на внешнем шельфе и материковом склоне Норвегии [10]. Диапировые купола, заполненные брекчированными глинами, выявлены на Средиземноморском хребте [8].

Наземным прототипом подводных грязевых вулканов является Булганакское грязевулканическое поле близ Керчи, которое состоит из нескольких озер полужидкой грязи, частично засохшей по периферии. Как правило, грязевые вулканы возникают в зонах аномальновысоких пластовых давлений и локализованы вдоль тектонических нарушений. Именно по разломным зонам и зонам трещиноватости происходит транспортировка к поверхности газодонных смесей, влекущих за собой массы разуплотненных и брекчированных глин, песчаников и обеспечивающих повышенный тепловой поток. Выявленные нами акустические аномалии как раз расположены над зоной нарушений, вытянутой вдоль материкового склона. Проведенные нами в этом районе на судне гидрографической службы «Гидролог» специальные исследования с помощью новой модели гидролокатора бокового обзора показали наличие на дне округлых пятен, напоминающих кратеры грязевых вулканов, которые по размерам соответствуют описанным выше подводным объектам (рис. 2). Несколько подобных подводных аномалий были обнаружены М. Б. Третьяковым в 25 милях к юго-западу от Анапы по результатам эхолотной съемки на гидрографическом судне «Створ». Если описанные аномалии являются результатом газодыделений из грязевых вулканов, то интенсивность выброса газов здесь намного выше, чем в наземных грязевых вулканах. Что касается химического состава газов, то по аналогии с наземными грязевыми вулканами можно предполагать преобладание  $\text{CH}_4$ , а в качестве примесей могут присутствовать другие углеводороды,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ , азот. Надо полагать, что тектонические нарушения как-то дренируют и толщи газогидратов, пропитывающих чехол глубоководной части Черного моря. Зафиксированные нами предположительно газовые фонтаны, отраженные на эхограммах в виде куполов, являющиеся, вероятно, продуктами не только глубинной дегазации, но и разрушения газогидратов, возникающими вследствие изменения термобарических параметров в толще осадков. Кстати, примерно в 20 милях к западу от района аномальных объектов нами была поднята колонка донных осадков, насыщенная газогидратами. В химическом составе газов, образовавшихся при разложении газогидратов, на долю  $\text{CH}_4$  и других углеводородов приходится 68,1,  $\text{CO}_2$  — 24,1,  $\text{N}_2$  — 7,7 %.  $\text{H}_2\text{S}$  и He не определяли. В иловом же растворе из гидратоносного слоя осадков содержание  $\text{H}_2\text{S}$  превысило 150 мл/л, что на два порядка превышает таковое в иловом растворе перекрывающего слоя осадков.

Грязевым вулканам свойственны выбросы крупных обломков коренных пород, а также глиняной брекчии, напоминающей поднятую на одной из станций драгой.

Возрастные определения брекчированных глин близки к тем, которые устанавливаются в грязевых вулканах на суше.

И еще один факт. В 1927 г. во время Крымского землетрясения недалеко от зоны, где обнаружены аномальные явления, с трех крымских маяков — от Херсонеса до Евпатории — наблюдались гигантские вспышки пламени. Возможно, найденные на дне купола имеют к ним самое прямое отношение. Тогда же, в 1928 г., С. П. Попов [3], описавший это явление, высказал предположение о существовании на дне моря грязевых вулканов. Можно ожидать, что зоной проявления газового вулканизма на дне моря могут оказаться примыкающие к материковому склону районы, расположенные на востоке и особенно на запа-

де от обследованного участка, ибо грязевые вулканы известны и в Румынии. Не исключено, что в результате дальнейших исследований эти районы сольются в единое целое.

1. Зеленов К. К. Причины сероводородного заражения вод Черного моря // Новое в современной литологии: Материалы заседаний секции осадоч. пород Моск. о-ва испытателей природы.— М.: Наука, 1981.— С. 160.
2. Поликарпов Г. Г., Егоров В. М. Выявлено активні газовиділення з дна Чорного моря // Вісн. АН УРСР.—1989.— № 10.— С. 108.
3. Попов С. П. Грязевые вулканы // Природа.—1928.— № 16.— С. 541—546.
4. Рябинин А. И., Кравец В. Н. Современное состояние сероводородной зоны Черного моря (1960—1986 гг.).— М.: Гидрометеиздат, 1989.—230 с.
5. Шнюков Е. Ф., Гнатенко Г. И., Нестеровский В. А. и др. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона.— Киев: Наук. думка, 1992—198 с.
6. Шнюков Е. Ф., Иванников А. В., Безбородов А. А. и др. Стратиграфические, литолого-петрографические и гидрогеохимические исследования 51-го рейса в Черном море НИС «Михаил Ломоносов».— Киев, 1990.—53 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 90—9).
7. Шнюков Е. Ф., Соболевский Ю. В., Гнатенко Г. И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области (атлас).— Киев: Наук. думка, 1986—151 с.
8. Cita M. B., Camerlenghi A., Erba E. a. o. Discovery of mud diapirism on the Mediterranean ridge A preliminary report // Bol. Soc. geol. Port.—1989.— Vol. 108, N 3.— P. 537—543.
9. Henry P., Pichon X. L., Lallemand S. a. o. Mud volcano field seaward of the Barbados accretionary complex: a deep-towed side scan sonar survey // J. Geophys. Res. B.—1990.— Vol. 95, N 6.— P. 8917—8929.
10. Hovland M. Suspected gas-associated clay diapirism on the seabed off Mid Norway // Mar. and Petrol. Geol.—1990.— Vol. 7, N 3.— P. 267—276.

Ин-т геол. наук АН Украины, Киев

Статья поступила  
23.06.92

#### Резюме

На дні Чорного моря у 25 мілях від Севастополя на материковому схилі виявлено і частково вивчено аномальні явища, що проявляються на ехолотних профілях у вигляді великих куполів. У плані куполи мають овальну форму, довга вісь яких орієнтована з південного заходу на північний схід. Усього виявлено сім куполів, які сгруповано у три поля. Максимальна довжина окремих куполів досягає 3 км, висота — 400 м. За попередніми даними, в районі аномалій встановлено високі — у 2—3 рази вищі за фонові — значення теплових потоків, а також відносно підвищений вміст у придонних шарах  $H_2S$ . Проте природу аномалій поки що не встановлено. Аномальні об'єкти потребують додаткового вивчення.

#### Summary

Anomalous phenomena which are observed as large domes on the echolotic profiles have been found and partially studied on the bottom of the Black Sea 25 miles from Sevastopol on the continental slope. In the plan the domes are of the oval shape, their long axis being oriented from the south-west to the north-east. Altogether seven domes grouped in three field have been found. The maximum length of certain domes reaches 3 km and the height — 400 m. According to the preliminary data the region of anomalies is characterized by high (2-3 times as high as the background ones) values of thermal fluxes, by relatively high content of hydrogen sulphide in the near-bottom layers. However, the nature of anomalies has not been determined yet.