

*Г.Д. ГИНСБУРГ, А.Н. КРЕМЛЕВ, М.Н. ГРИГОРЬЕВ, Г.В. ЛАРКИН, А.Д. ПАВЛЕНКИН,
Н.А. САЛТЫКОВА*

ФИЛЬТРОГЕННЫЕ ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ (21-й рейс НИС «Евпатория»)

Излагаются методика и результаты поиска газовых гидратов, образовавшихся в зонах разгрузки на морском дне газов или газонасыщенных вод, контролируемых подводным грязевым вулканизмом (Феодосийский полигон) и связанных с истечением пластовых флюидов на участках вскрытия осадочных толщ эрозией в подводном каньоне (Дунайский полигон). Работы включали сейсмоакустическое профилирование в разных частотных диапазонах и пробоотбор грунтовыми трубками. Сообщаются данные исследования обнаруженного проявления подводно-грязевулканических гидратов. На Дунайском полигоне гидраты не были найдены, хотя зафиксированы зоны разгрузки флюидов; дается геолого-структурная характеристика подводного конуса выноса с позиций поиска таких зон. Приводятся рекомендации, касающиеся проведения аналогичных работ в будущем.

С целью поиска газовых гидратов в Черном море Вычислительный центр СО АН СССР при участии ВНИИОкеангеология Мингео СССР провел летом 1988 г. XXI рейс НИС «Евпатория». Объектом поиска были гидраты фильтрационного генезиса, образующиеся в зонах разгрузки на морском дне газов или газонасыщенных вод в ходе их фильтрации через термобарическую зону стабильности гидратов [Гинсбург и др., 1988а]. Имелась в виду возможность обнаружения скоплений гидратов двух разновидностей: контролируемых подводным грязевым вулканизмом (аналогичных ранее выявленному в Южном Каспии [Гинсбург и др., 1988]) и связанных с разгрузкой пластовых флюидов на участках вскрытия осадочных толщ эрозией. Известно, что в Черном море распространены диапировые структуры [Калинин и др., 1976; Туголесов и др., 1985], с которыми могут быть связаны грязевые вулканы, и крупные подводные конусы выноса рек с присущими им каньонами [Литоология..., 1987; Туголесов и др., 1985], по крайней мере - частично эрозионными образованиями. Предпосылкой постановки работ явилось также известное сообщение о находке гидратов газа в Черном море [Ефремова и Жижченко, 1974].

Температура на дне Черного моря за пределами шельфа изменяется от 8,7 до 9,2°C, медленно нарастая с глубиной, а геотермический градиент в среднем составляет (50±20) мК/м [Дучков и Казанцев, 1985]. Основываясь на этих данных, на результатах изучения равновесия гидратосодержащих систем [Бык и др., 1980] и на сведениях о солености морских и иловых вод [Шишкина, 1972], можно заключить, что РТ-условия допускают существование гидратов метанового газа в недрах, начиная с глубин моря около 700 м, а поддонная зона их стабильности может иметь мощность 30-70 м при глубине воды 1000 и 100-300 - при 2000 м.

Поиск грязевулканических гидратов проводился нами на Феодосийском полигоне, гидратов в предполагаемых зонах разгрузки пластовых флюидов - на Дунайском.

Феодосийский полигон расположен на акватории олигоцен-миоценового (майкопского) прогиба Сорокина, рассматриваемого как продолжение Керченско-

Таманского прогиба [Туголесов и др., 1985], к которому приурочена одноименная грязевулканическая область. Он находится в пределах глубин моря 1400-2200 м и имеет площадь около 1200 км². В состав работ входили непрерывные эхолотирование и сейсмическое профилирование - НСП с серийной аппаратурой «Аквамарин» в режиме частот 60-240 Гц и высокочастотное (300-4000 Гц) с комплексом «Тулома», разработанным в ПГО Севморгеология; на заключительном этапе применялся пробоотбор прямоточными грунтовыми трубками с лепестковым клапаном.

Геофизические работы, направленные на поиск диапиров, осуществлены в два этапа. Вначале был изучен рельеф дна всего полигона эхолотированием по профилям субмеридионального направления с шагом 2 мили. В результате в юго-восточной половине полигона было выявлено несколько куполовидных поднятий, явно дисгармоничных с региональным рельефом, объединяющихся в единую зону. На следующем этапе эта зона была исследована сейсмоакустическими профилями с шагом 0,5-1,0 км, со сгущением на аномальных участках. В результате выяснилось, что поднятия рельефа, действительно, представляют собой диапиры: они проявляются в записях НСП как акустически «мутные» тела, лишенные протяженных отражающих поверхностей и прерывающие слоистую толщу (рис. 1). Выходя на дно порознь, на поддонных глубинах 200-500 м все они объединяются в единую структуру с.-в. простирания (вероятно, за исключением одного - крайнего ю.-в.). Почти все диапиры образуют в рельефе дна простые, субизометричные в плане купола, иногда - сдвоенные, высотой 40-180 м с диаметром основания 1-2 км. При этом обычно хорошо наблюдается приконтактная деформация («задириание») диапиром слоистых вмещающих пород (см. рис. 1, Пр. 501); смещения не видно только вблизи наиболее крупного диапира (см. рис. 1, Пр. 302). Один диапир, расположенный ниже остальных по склону, как выяснилось впоследствии газогидратоносный, характеризуется сложными, не до конца понятными строением и выражением в рельефе (рис. 2). На фоне регионального наклона здесь наблюдается депрессия, посередине осложненная возвышением (около 15 м) в.-с.-в. простирания протяженностью около 2 км и поперечным размером около 400 м. Это возвышение, очевидно, представляет собой наиболее молодое грязевулканическое образование, а окружающая его депрессия - кальдеру оседания. Отметим, что еще в 1936 г. В.В. Белоусов и Л.А. Яроцкий, описывая грязевые сопки Керченско-Таманской области, обратили внимание на «сопочные впадины», на дне которых расположены сами сопки [Белоусов и Яроцкий, 1936]. Они рассматривали эти впадины как «кратерные провалы», полагая, что их возникновение связано с грязевулканической деятельностью. Уместно заметить, что на другом диапире нам удалось наблюдать структуру оседания на начальной стадии развития.

Гидраты были найдены на гребневой части возвышения (см. рис. 2), расположенной на глубине 2050 м. В керне четырех грунтовых станций они наблюдались непосредственно, еще в трех случаях гидратоносные породы выпадали из трубы во время ее извлечения из воды, о чем можно было судить по пузырькам газа. Все эти станции расположены внутри окружности радиусом до 100 м с географическими координатами центра 44°17,4' с.ш. и 34°58,4' в.д. В керне одной грунтовой станции гидраты залежали в глиняной брекчии, в других трех - в слоистых алевроито-пелитах.

Глиняная брекчия образована темно-зеленовато-серой оскольчатой карбонатной глинистой основной массой и содержит включения дресвы и хряща уплотненных некарбонатных глин и алевроитов. В ней наблюдалось наиболее эффектное проявление гидратов. В нижней части колонки, поднятой на ст. 57, в интервале 67-75 см почти весь керн оказался сложенным плотным льдоподобным мономинеральным гидратом, имеющим неясные (но явно неровные и несубвертикальные) контакты с вмещающей глиняной брекчией. В свежем сколе обнаруживается снежно-белый цвет и неровный излом гидрата. Выше этого тела на протяжении 27 см глиняная брекчия содержит прожилки гидратов, также белые и плотные, мощностью в миллиметры; еще выше, вплоть до дна, гидраты не наблюдались.

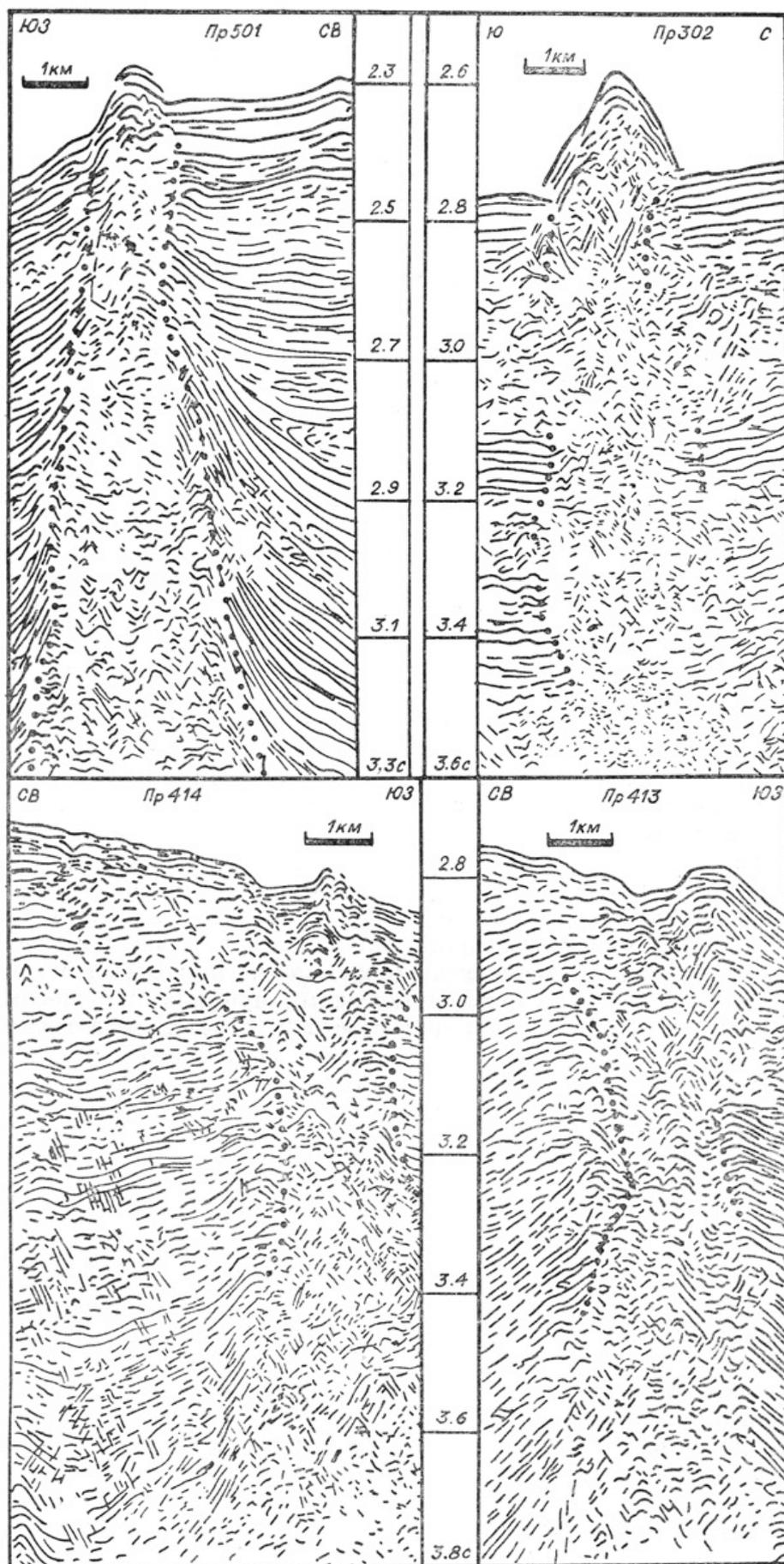


Рис. 1. Фрагменты интерпретационных временных разрезов НСП диапиров на Феодосийском полигоне. По вертикали — двойное время.

Пунктирные линии — границы диапиров

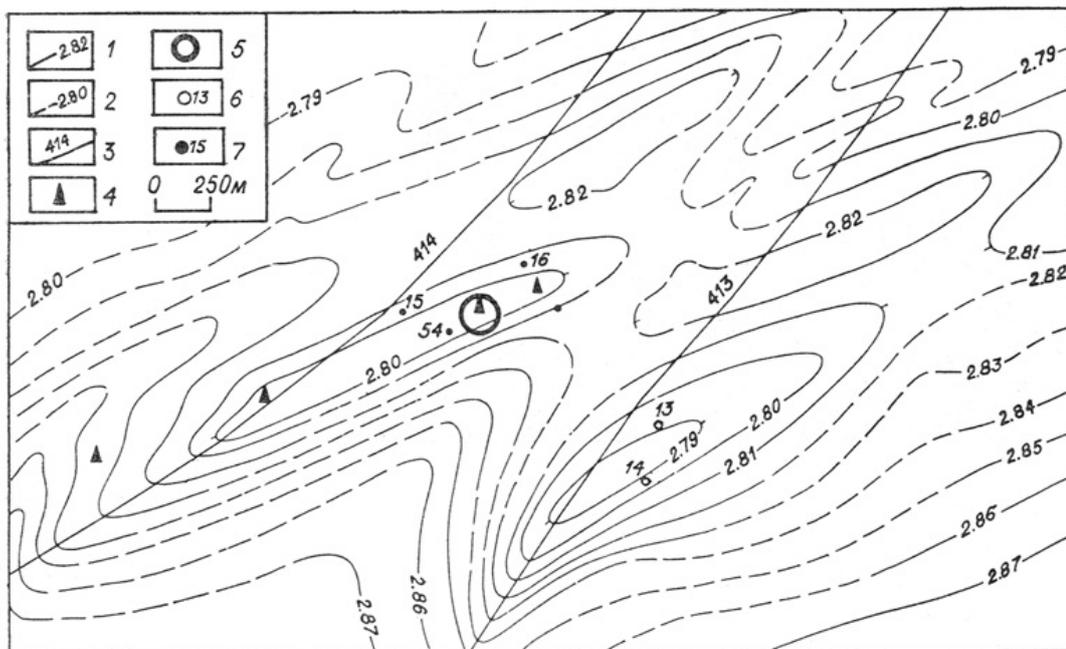


Рис. 2. Схема изохрон отражений от дна района газогидратопроявления. Изохроны отражений от дна: 1 — достоверные, 2 — предполагаемые, 3 — участки профилей НСП, показанные на рис. 1, и номера профилей; 4 — места пересечения профилями возвышения, имеющего, вероятно, грязевулканическую природу; 5 — участок, где грунтовыми трубками подняты гидраты газа; станции грунтового пробобора и их номера: 6 — с керном глиняной брекчии, 7 — с керном стратифицированных отложений.

Толща алевритопелитов, тонкослоистых, карбонатных, темно-зеленовато-серого, зеленовато-серого и оливково-серого цвета, очевидно, широко распространена на полигоне. Исходя из общей геологической ситуации, гранулометрического состава отложений, наличия циклов утоняющегося вверх материала, линейной отдельности алевритовых прослоев, а также учитывая рассеянные по толще створки и обломки раковин сублиторальных моллюсков и хорошо окатанные галечки и гравий литифицированных пород, можно заключить, что толща имеет турбидитовую природу и что алевритопелиты представляют собой элементы Д и Е известной флишевой последовательности Боума [Bouma, 1962]. При анализе керна этой толщи выделяются циклы мощностью в сантиметры и дециметры. Вблизи диапиров толща алевритопелитов обнаруживает явную приконтактовую деформированность. Она выражается в наклонном залегании; в микроскладчатости; во флюидальных текстурах, свидетельствующих о послойно-дифференцированном течении; в наличии светло-серых (алевритовых?) субвертикальных и наклонных нептунических даек длиной более 150 и шириной более 20 мм, в однородном материале которых рассеяны неокатанные и слабо-окатанные обломки более темных глин; в многочисленных разрывных нарушениях с амплитудой более 40 см; в зеркалах скольжения и трещинах отдельности в пелитах, располагающихся часто параллельно прослоям алевритов; в оскольчатой отдельности пород. Наблюдалось, как кластические дайки секут пликативные дислокации и, в свою очередь, смещены по разломам. Гидраты в этих породах (рис. 3) образуют несколько систем часто искривленных белых прожилков мощностью до 3-5 мм, приуроченных к прослоям алевритов и к трещинам в пелитах вблизи них, и составляют неправильный сетчатый рисунок. Отмечена параллельная шестоватость агрегатов в прожилках: тонкие (менее миллиметра) шестики ориентированы перпендикулярно стенкам. Этот факт, вероятно, свидетельствует об отложении гидратов движущимся раствором в условиях стесненной кристаллизации в медленно приоткрывающейся трещине [Жабин, 1979]. Интересно, что гидраты присутствуют в керне начиная только с некоторой глубины ниже дна (от 0,4 до 2,2 м), хотя выше по разрезу состав пород не меняется. Подошва гидратоносной зоны нигде не была пройдена; максимальная вскрытая мощность гидратоносных пород 0,5 м; содержание гидратов в них по визуальной оценке до 10%.

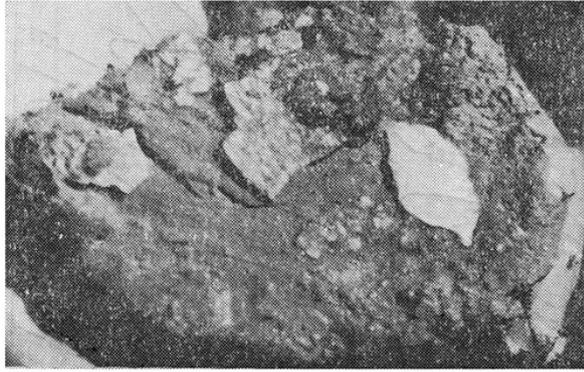


Рис. 3. Прожилковое выделение газового гидрата в турбидитах из керна на грунтовой станции 53.

Данные по составу газа и воды, выделившихся из гидратов и гидратоносных пород (табл. 1, 2), в частности преобладание метана в газе и невысокие соленость и хлорность воды (меньше, чем у воды в Черном море) согласуются с составом грязевулканических флюидов в Керченско-Таманской области [Белоусов и Яроцкий, 1936; Валяев и др., 1985] и составом поровых вод субмаринных четвертичных отложений [Шишкина, 1972]. Несколько более высокое содержание солей в воде из прожилкового гидрата по сравнению с гидратом массивной текстуры, несомненно, связано с «загрязнением» пробы поровой водой, вмещающей гидрат породы. Низкая же соленость воды из чистого гидрата, равно как и малое количество гелия в гидратном газе, очевидно, является результатом фракционирования при газогидратообразовании.

И.Ю. Шабаевой (ГЕОХИ АН СССР) был определен изотопный состав углерода метана, выделившегося из обеих разновидностей агрегатов гидратов. Значения $\delta^{13}\text{C}$ оказались близкими: для гидрата массивной текстуры (ст. 57) - 61,80 и - 61,86‰, для прожилкового (ст. 53) - 63,55 и - 63,22‰ (приводятся результаты параллельных определений). Столь низкие изотопные отношения не характерны для грязевулканических газов Керченско-Таманской области: значение менее -60 ‰ здесь было определено в одном пункте из 28 исследованных [Валяев и др., 1985]. Скорее всего, изотопные данные свидетельствуют о смешанной - биохимической и термокаталитической природе газа, из которого образованы гидраты.

Открытое газогидратопроявление, несомненно, имеет фильтрационную природу. Об этом говорит обособление гидратов в пустотах и трещинах, приближенность прожилков в пелитах к прослоям алевритов, а также выделение в виде параллельно-шестоватых агрегатов. Нет сомнения, что они, как и ранее исследованные в Южном Каспии [Гинсбург и др., 1988], контролируются грязевым вулканом. Отличие заключается в гидратоносности не только глиняной брекчии, но и вмещающих пород, деформированных диапиром, а также в нахождении гидратоносной зоны на некоторой глубине ниже дна.

Обращает на себя внимание очевидное подобие геологии исследованного скопления гидратов газа и геологии эндогенных гидротермальных образований в широком смысле этого понятия. Оно усматривается, прежде всего, в сходстве диапиров и некков субвулканических пород и в особенностях приконтактной тектоники (инъективных дислокаций тех и других). Мы наблюдали в толще деформированных турбидитов отложения в трещинах пирита, гидротроилита и кальцита. Возможно, это продукт минералообразующей деятельности флюидов, генетически близких тем, из которых выпадают гидраты газа.

Небезынтересно отметить, что температура керна гидратоносных станций, измеренная на палубе, оказывалась значительно меньшей, чем температура *in situ* (1,0-1,2°C против 9,0-9,2°C). Это - очевидное следствие энергоемкого разложения гидратов и дополнительный диагностический признак присутствия гидратов в кернах. Температура безгидратных кернов с Феодосийского полигона всегда была выше 9,1°C.

Т а б л и ц а 1. Результаты хроматографического анализа проб газа (лаборатория ВНИГРИ)

Полигон	Станция	Характеристика пробы	Состав газа (об. %)											
			H ₂ S	CO ₂	O ₂	CH ₄	C ₃ H ₆	C ₂ H ₆	C ₄ H ₁₀	H ₂	N ₂	He	C ₂ H ₄	
Феодосийский	48	Прожиловый гидрат газа	Не опр.	0,85	Не обн.	97,3	0,022	2·10 ⁻⁴	Не обн.	1,8	<0,001	Не обн.	He обн.	
То же	53	То же	»	0,85	0,22	97,3	0,021	Не обн.	0,026	1,7	<0,001	0,013	0,013	
»	57	Гидрат газа массивной текстуры	0,25 *	0,90	0,09	99,2	0,045	4·10 ⁻⁴	Не обн.	0,7	<5,2·10 ^{-4*}	0,026	0,026	
Дунайский	34	Диатомовый ил	Не опр.	3,30	0,49	64,1	<0,05	<0,05	Не обн.	32,1	He обн.	0,026	0,026	

* H₂S определен осаждением ацетатом кадмия, He — на приборе ИНГЕМ-1 в судовой лаборатории.

Т а б л и ц а 2. Результаты химического анализа проб воды (лаборатория ВНИИОкеангеология)

Полигон	Станция	Характеристика пробы	pH	Содержание ионов (г/л)						
				Cl'	SO ₄ ''	HCO ₃ '	K'	Na'	Ca''	Mg
Феодосийский	53	Прожиловый гидрат газа	6,7	7,77	0,32	0,25	0,19	4,40	0,27	0,32
То же	57	Гидрат газа массивной текстуры	7,4	1,36	0,17	0,41	0,05	1,04	0,02	0,04
Дунайский	25	Поровая вода, диатомовый ил, инт. 230—240 см	8,0	12,25	0,30	0,85	0,26	6,82	0,11	0,78
То же	29	Поровая вода, текучий алевроит	7,95	7,30	0,32	0,83	0,21	4,26	0,09	0,41
»	36	Поровая вода, газодержащий диатомовый ил	7,7	11,30	1,15	0,91	0,30	6,23	0,11	0,80
»	33	Придонная морская вода	7,4	12,15	1,71	0,40	0,26	6,71	0,32	0,85

Выбор Дунайского полигона для поиска гидратов в предполагаемых зонах разгрузки пластовых флюидов был определен, с одной стороны, наиболее значительными размерами и широкой известностью подводного конуса выноса Дуная и связанного с ним подводного каньона, а с другой - имеющимися указаниями на поступление метана из недр. На основании изучения распределения метана в грунтовых колонках, взятых во время VIII рейса НИС «Витязь» (1984), Ю.М. Берлин с соавторами пришли к выводу о существовании ниже морского дна восходящего углеводородного потока [*Литология...*, 1987]. На ст. 902, расположенной в тальвеге каньона на глубине 770 м, ими был поднят керн сильно обводненных диатомовых илов, из-за высокого содержания газа буквально вываливавшийся через оголовье трубы. Метан этого газа оказался изотопно тяжелым ($\delta^{13}\text{C}$ от -43 до -48%), что может свидетельствовать о его глубинной, термokatалитической природе.

Геолого-геофизический комплекс методов, примененных нами на Дунайском полигоне, был практически тот же, что и на Феодосийском. Он включал сейсмоакустическое профилирование с аппаратурой «Акварин» и «Тулома» и грунтовый проботбор. Сеть геофизических профилей была более редкой; два региональных профиля были пройдены нормально изобатам от шельфа до глубины 1700 м и 15 профилей - перпендикулярно оси каньона.

В результате геофизических работ выяснилось, что устройство подводного конуса выноса Дуная, в частности проявление эрозионных форм рельефа, закономерно изменяется сверху вниз по мере углубления дна. В верхней части конуса до глубины каньона около 800 м ярко проявлен его эрозионный врез в осадочную толщу (рис. 4, А). Осадочные слои погружаются в сторону левого борта каньона, на северо-восток. На бортах не фиксируются «наносы» сколько-нибудь значительной мощности. В средней части конуса, в интервале глубин дна каньона 800-1200 м, также наблюдается эрозионный врез, но слоистость в обоих бортах наклонена к тальвегу каньона (рис. 4, Б). Это, скорее всего, является следствием оползневых процессов, причем поверхности скольжения более или менее уверенно прослеживаются на временных разрезах. Еще ниже по склону эрозионные формы сколько-нибудь уверенно не выявляются; стенками каньона, очевидно, служат аккумулятивные прирусловые валы.

Таким образом, наиболее благоприятные геолого-структурные условия для разгрузки пластовых флюидов имеются в верхней части подводного каньона - до глубины 800 м. Напомним, что именно на этом участке в VIII рейсе НИС «Витязь» был поднят на борт диатомовый ил, характеризующийся высоким содержанием газа. Мы выполнили повторное опробование в районе этой станции и получили аналогичный результат: две колонки (со ст. 34 и 36 в тальвеге каньона при глубине воды 790-800 м) длиной около 4 м каждая оказались полностью сложенными тонким чередованием сильно водонасыщенных органогенно-терригенных и водорослевых илов, горизонтально-слоистых, с характерной листоватой текстурой; из-за выделения газа они разваливались буквально в момент извлечения из трубы. Нам удалось собрать небольшое количество этого газа. Несмотря на значительную контаминацию пробы воздухом, в ее составе преобладающим остался метан (см. табл. 1). О миграционной природе этого газа говорит не только структурно-геологическая позиция грунтовых станций (см. рис. 4, А), но и тот факт, что литологически вполне аналогичные илы, но без газа, были вскрыты в 12 км ниже по каньону при глубине воды 1025 м, также в тальвеге, на ст. 25. Интересно, что норовые воды со ст. 25 и 36 различаются по содержанию хлора (см. табл. 2): первая близка к морской воде, хлорность второй меньше. Пониженная хлорность поровой воды в сравнении с морской в условиях сильно водонасыщенного осадка, залегающего непосредственно на дне моря, скорее всего, является следствием разгрузки сравнительно пресных подземных вод. Подтверждением такой разгрузки служит и проба поровой воды со ст. 29, расположенной в этом же районе вблизи тальвега, при глубине воды 760 м. Здесь был поднят текучий серый алеврит, почти полностью вытекший из трубы при подъеме. Отжатая из него вода содержала почти вдвое меньше хлора, чем морская (см.

табл. 2). Однако найти гидраты газа или хотя бы еще одно проявление разгрузки газодержащих вод ни в этом районе, ни вообще на Дунайском полигоне нам не удалось. Это, конечно, еще не свидетельствует об их отсутствии - слишком мало было сделано поисковых грунтовых станций: всего 10. И все же надо признать, что участок, где на полигоне имеются благоприятные условия для образования гидратов в зонах разгрузки пластовых флюидов, невелик. Верхняя его граница - изобата 700 м; при меньшей глубине моря, как уже упоминалось в начале статьи, вблизи дна отсутствуют необходимые для гидратообразования термобарические условия. Нижняя граница участка - изобата 800 м; еще ниже ухудшается геолого-структурная обстановка для разгрузки пластовых флюидов. Общая площадь перспективной акватории около 7 км², а длина ее (вдоль каньона) - 10 км.

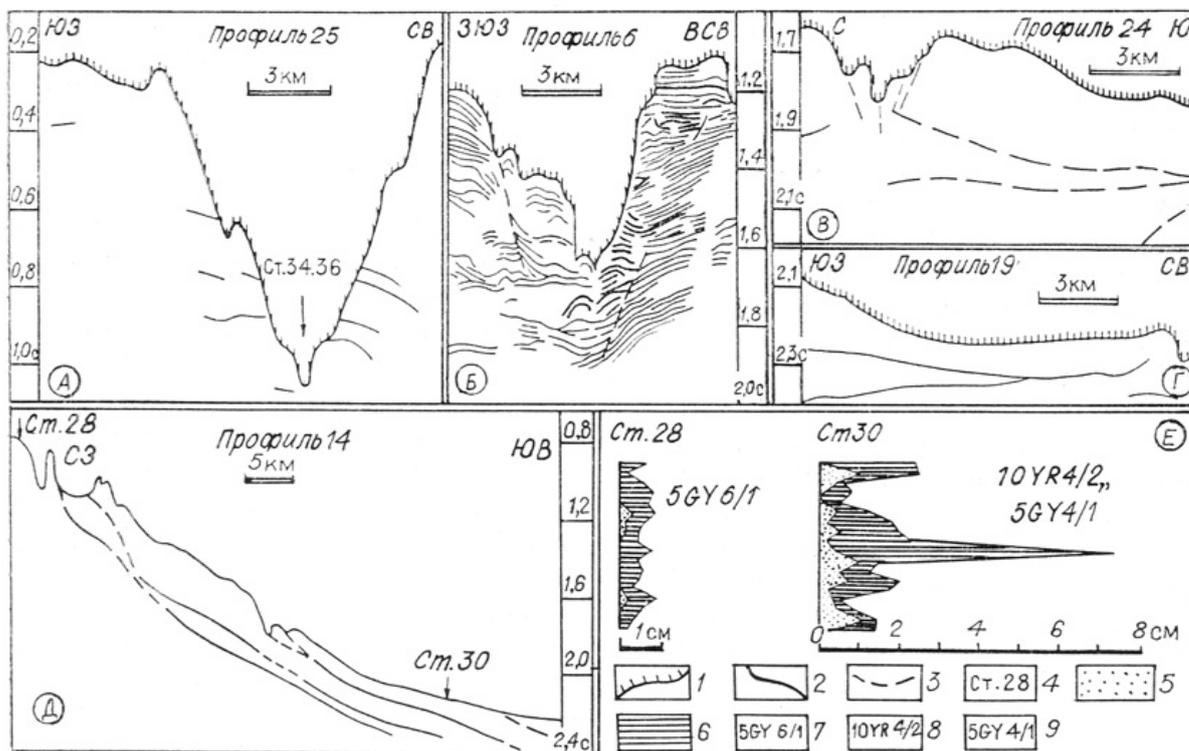


Рис. 4. Схематизированные временные разрезы НСП (А—Д) и типовые фрагменты ритмограммы толщ турбидитов по керну (Е) на Дунайском полигоне.

По вертикали — двойное время, с. 1 — дно; 2 — сейсмические отражающие горизонты; 3 — то же, прослеженные неуверенно; 4 — номера грунтовых станций; 5 — песок; 6 — алеврит и пелит; индексы цвета пелитов [15]: 7 — зеленовато-серого, 8 — темно-желтовато-коричневого, 9 — темно-зеленовато-серого.

Почему же на ст. 34 и 36 и на ст. 902 в VIII рейсе «Витязя», расположенных в пределах перспективной акватории, был получен газодержащий осадок, но не было гидратов? Очевидно, что для образования гидратов количество газа было недостаточным. Возможно, более подходящие условия имеются где-то поблизости, но чтобы это выяснить, необходим большой объем детального опробования.

Помимо эрозионного вскрытия фильтрующих пластов в бортах и днище каньона, места разгрузки флюидов могут быть приурочены к границам разновозрастных клиноформ. Клиноформное строение подводного конуса выноса Дуная установлено по данным сейсморазведки МОВ [Туголесов и др., 1985]. Подтверждено оно и данными нашей сейсмоакустики: так, отражающие горизонты, показанные на рис. 4, В, Г, Д, вероятно, соответствуют поверхностям, разделяющим разновозрастные клиноформы. Это согласуется и с литологическими данными: турбидиты различных клиноформных комплексов отличаются мощностью и строением элементарных седиментационных

циклов и цветом пород (см. рис. 4, Е, сравнить с рис. 4, Д), а также содержанием раковинного детрита.

Основной результат экспедиции - доказательство присутствия в недрах Черного моря фильтрогенных газовых гидратов. Черное море, наряду с Южным Каспием, можно рассматривать как газогидратоносную подводно-грязевулканическую область.

Наличие в Черном море условий для формирования фильтрогенных скоплений гидратов, располагающихся на малых поддонных глубинах, доступных грунтовому пробоотбору (а именно - диапировых складок и подводных конусов выноса - [Туголесов и др., 1985]), позволяет рассматривать его как объект для проведения целенаправленных исследований. В районах аванделъта может быть организован также поиск скоплений седиментогенных газовых гидратов, образованных в ходе лавинной седиментации [Гинсбург и др., 1986; 1988а].

Опыт выполненных работ позволяет также сделать ряд выводов методического характера.

1. Выяснилось, что субмаринные диапиры имеют различное строение. Однако, в какой мере особенности строения диапиров контролируют их флюидоносность (и соответственно газогидратоносность), не вполне ясно. Необходим специальный анализ флюидного режима глиняного диапиризма и грязевого вулканизма. Кроме упоминавшейся работы В.В. Белоусова и Л.А. Яроцкого [1986], мы не встречали исследований, посвященных этой проблеме.

2. Обнаружение гидратов газа во вмещающих глиняный диапир породах заставляет расширить ареал поиска подводно-грязевулканических скоплений за пределы собственно диапира. Но до каких пределов?

3. Поиск газовых гидратов, связанных с подводными конусами выноса, очевидно, будет более эффективным, если ему будет предшествовать выяснение общих черт геолого-геоморфологического строения, особенностей преобразования вещества и миграции флюидов.

4. Строение геологических тел, с которыми могут быть связаны скопления гидратов (диапиры, конуса выноса), характеризуется сложной геометрией. Для их изучения, очевидно, необходимо применять объемные методы сейсмических исследований.

5. Учитывая небольшую поддонную глубину залегания объектов поиска и глубинный характер геологических структур, их контролирующих, совершенно необходимо совмещать сейсмоакустические работы в диапазонах средних и высоких частот.

6. Поскольку объекты поиска имеют небольшие размеры в плане, целесообразно проводить различные поисковые работы при малых скоростях судна (возможно, в дрейфе) и добиваться более высокой разрешенности получаемой геофизической информации.

7. Малые размеры объектов выдвигают особые требования к точности геодезической привязки пунктов наблюдений и методике навигационных работ. Приобретенный опыт показывает, что выполнение этого требования является необходимым условием успешного проведения геолого-геофизических исследований.

8. Ни на одной из грунтовых станций, вскрывших газовые гидраты, гидратоносные породы не были пройдены на полную мощность. Необходимо увеличивать глубинность пробоотбора и отдавать отчет в том, что в конечном итоге решение проблемы геологии газовых гидратов потребует применения бурения.

9. Эффективность поиска и исследования скоплений гидратов газа, залегающих на малых поддонных глубинах, будет значительно более высокой, если будут применяться средства, позволяющие видеть объект исследования: сонар бокового обзора, подводное фотографирование и телевидение, обитаемые спускаемые аппараты.

Авторы благодарны В.А. Соловьеву за участие в постановке исследований; А.В. Егорову, М.К. Иванову и А.Ф. Лимонову - за полезные советы при выборе полигонов; В.Е. Царькову, Г.Л. Базову и экипажу НИС «Евпатория» - за большую помощь при проведении работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.В., Яроцкий Л.А. Грязевые сопки Керченско-Таманской области. Условия их возникновения и деятельности. Л.: М., 1936. 155 с. (Тр. Гелиегазразведки; Вып. 8).
2. Бык С.Ш., Макагон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М.: Химия, 1980. 296 с.
3. Валяев Б.М., Гринченко Ю.И., Ерохин В.Е. и др. Изотопный облик газов грязевых вулканов // Литология и полезные ископаемые. 1985. № 1. С. 72-87.
4. Гинсбург Г.Д., Грамберг И.С., Иванов В.Л. и др. [Особенности литогенеза при газогидратообразовании в недрах Мирового океана](#) // Докл. АН СССР. 1986. Т. 288, № 6. С. 1446-1449.
5. Гинсбург Г.Д., Грамберг И.С., Гулиев И.С. и др. [Подводно-грязевулканический тип скоплений газовых гидратов](#) // Докл. АН СССР. 1988. Т. 300, № 2. С. 416-418.
6. Гинсбург Г.Д., Грамберг И.С., Иванов В.Л. и др. Проблемы газогидратоносности недр Мирового океана // Геология океанов и морей. Л: ПГО Севморгеология, 1988. С. 27-29.
7. Дучков А.Д., Казанцев С.А. Тепловой поток через дно западной части Черного моря // Геология и геофизика. 1985. № 8. С. 113-123.
8. Ефремова А.Г., Жижченко Б.П. Обнаружение кристаллгидратов газов в осадках современных акваторий // Докл. АН СССР. 1974. Т. 214, № 5. С. 1179-1181.
9. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979. 275 с.
10. Калинин В.В., Моргунов Ю.Г., Гайнанов В.Г. и др. Диапировые складки в Черном море к югу от Горного Крыма // Докл. АН СССР. 1976. Т. 228, № 5. С. 1159-1162.
11. Литология и геохимия осадкообразования в приустьевых районах западной части Черного моря/Ред. А.Г. Розанов. М.: ИО АН СССР, 1987. 151 с.
12. Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б. и др. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. М.: Недра, 1985. 215 с.
13. Шишкина О.В. Геохимия морских и океанических иловых вод. М.: Наука, 1972. 228 с.
14. Vouta A.H. Sedimentary of some flysh deposits. A graphic approach to facies interpretation. Amsterdam: Elsevier, 1962. 168 p.
15. Vock-Color chart. N.Y., 1951. 8 p.

ВЦ СО АН СССР, Новосибирск
ВНИИОкеангеология, Ленинград

Поступила в редакцию
11 января 1989 г.

G.D. Ginsburg, A.N. Kremlev, M.N. Grigoriev, G.V. Larkin, A.D. Pavlenkin, N.A. Saltykova
FILTRAGENIC GAS HYDRATES IN THE BLACK SEA
(the 21 trip of the research ship «Yevpatoriya»)

The paper presents methods and results of prospecting gas hydrates from the zones of discharge of gases or gas-saturated waters on the sea bottom. These zones are controlled by submarine mud volcanism (testing ground of the Feodosiya city) and associated with stratum fluids that flow from the sites of sedimentary units eroded in the submarine canyon (testing ground of the Dunai river). The works consisted in seismic profiles recorded in different frequency ranges and core sampling. The results of investigations of the submarine mud volcanic hydrates revealed are given. Although the zones of fluid discharge were registered from the testing ground of the Dunai, hydrates have not been discovered. Geological and structural characteristics of submarine fan are presented in terms of prospecting these zones. Recommendations for carrying out further similar works are given.

Ссылка на статью:



Гинсбург Г.Д., Кремлев А.Н., Григорьев М.Н., Ларкин Г.В., Павленкин А.Д., Салтыкова Н.А. Фильтрогенные газовые гидраты в Черном море (21-й рейс НИС «Евпатория»)
// Геология и геофизика. 1990. № 3. С. 10-20.