

УДК 553.981(26+100)

И.Ф. Глумов¹, А.И. Глумов², Ю.Б. Казмин³, В.М. Юбко⁴

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

Обобщены теоретические положения и практические результаты изучения газогидратных залежей при бурении и геофизических исследованиях дна Мирового океана.

Проблема газогидратных залежей в земной коре была впервые выдвинута и теоретически разработана в 1966–1972 гг. группой советских геологов, основополагающие труды которых открыли новое направление в нефтегазовой геологии — Н.В. Черским, Ю.Ф. Макогоном, А.А. Трофимуком, В.А. Соколовым, В.П. Царевым и др. Ими разработана методика поисков и разведки газогидратных месторождений с подсчетом прогнозных и промышленных запасов газа, что завершилось открытием первого в мире газогидратного месторождения — Мессояхского. Несомненен приоритет этой группы ученых (под руководством А.А. Трофимука) и в теоретическом обосновании широкого развития газогидратных залежей на дне Мирового океана.

Их основные положения заключаются в следующем.

1. Дно Мирового океана характеризуется наиболее благоприятным для газогидратообразования сочетанием температуры и давления, создающим на 90% его площади условия для формирования зон гидратообразования.

2. Основная масса газа, образующегося в зоне диагенеза, не рассеивается в придонных водах в результате всплывания (как раньше предполагалось), а практически полностью сохраняется, переходя в газогидратное состояние, начиная с глубин 100–250 м (в полярных областях) и 400–650 м (в тропиках).

3. После осаждения органического вещества (ОВ) на поверхности осадков и биохимического его превращения в различные газы (в основном метан) при низкой температуре образуется газогидратный “зародыш”, в результате чего упругость газов в поровых водах резко падает, и в образующуюся депрессионную “воронку” мигрируют диффузионным и фильтрационным способом газы из окружающего осадка и воды; все это приводит к разрастанию “зародыша” по пласту и в глубину.

4. Зона гидратообразования мощностью от первых метров до 500 м формируется в результате прогрессивного погружения дна и поступления новых порций осадков ниже зоны гидратообразования, разложения газогидратов и выделения свободного газа, который, всплывая, снова переходит в зоне гидратообразования в газогидратное состояние. Постепенно степень концентрации природных газов и заполнения гидратом всех пор в

© И.Ф. Глумов¹, А.И. Глумов², Ю.Б. Казмин³, В.М. Юбко⁴:

¹ Министерство природных ресурсов РФ.

² Дипломатическая академия МИД России.

³ Федеральное агентство по недропользованию МПР России.

⁴ Государственный научный центр “Южморгеология”.

отложениях зоны гидратообразования увеличивается настолько, что толща осадков превращается в экран, под которым накапливается свободный газ. По степени проницаемости эта региональная покрывка сравнима с плотными водонасыщенными глинами. В случае заполнения пор осадка газогидратами при пористости 20% в 1 м^3 осадка накопится $30\text{--}36 \text{ м}^3$ газа.

5. Зоны гидратообразования занимают в Мировом океане 90% площади дна. Перспективны 100% площади континентального склона и подножия и 10% площади шельфа. При этом рассчитано, что в зоне гидратообразования в пределах континентального склона и подножия только на 60% их площади ($32,2 \cdot 10^6 \text{ км}^2$), происходит достаточно интенсивное накопление газа, в пределах ложа океана — на 30% площади ($56,7 \cdot 10^6 \text{ км}^2$) и шельфе — на 33% площади ($1,1 \cdot 10^6 \text{ км}^2$). На основании этих цифр при значении газового фактора осадков $10\text{--}80 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и плотности от 2 до 5 тыс. м^3 на 1 м^2 морского дна с коэффициентом извлечения газа 0,7 подсчитаны извлекаемые ресурсы газа, составившие для зон материкового склона и подножия $29,7 \cdot 10^3$ трлн м^3 и ложа океана $54,9 \cdot 10^3$ трлн м^3 газа. Суммарные ресурсы метана в зоне гидратообразования Мирового океана оценены в $85 \cdot 10^3$ трлн м^3 газа.

6. Ряд других исследователей — И.Б. Перфильев, Г.Д. Гинсбург, В.А. Краюшкин и др. считают, что крупные скопления газогидратов возможны в основном над газовыми залежами. Большинство таких авторов являются сторонниками абиогенного происхождения газов, поступающих из глубин земли в результате дифференциации ее вещества.

Американские исследователи, занявшиеся проблемой газогидратных залежей несколько позднее (с 1971 г.), достигли существенных успехов по обнаружению их в Мировом океане. Р. Столл, Дж. Юинг, Г. Бриан, Д. Катц, К. Эмери, У. Диллон, Т. Шиплей, В. Тухолка и др. выявили в разных частях Мирового океана аномальные сейсмические горизонты BSR (псевдодонный рефлекс), залегающие обычно на 200–600 м ниже дна. Аномальность этих отражений заключается прежде всего в инверсии сейсмической скорости, увеличивающейся в горизонте BSR до 2–2,6 км/с и резко понижающейся под ним до 1,7–1,8 км/с. Важной особенностью является также то, что горизонты параллельны или субпараллельны поверхности дна и часто повторяют в деталях его рельеф, “срезая” при этом осадочные напластования (рис. 1, 2). Долгое время такие отражения считались “кратными”. В большинстве случаев горизонты BSR обнаружены на поднятиях (чаще на их склонах) типа Внешнего хребта плато Блейк, плато Бауэрс или на континентальном склоне в пределах глубин 3000–3800 м. Вверх и иногда вниз по склону горизонт BSR часто сменяется отражениями типа “яркое пятно”, наблюдаемыми в осадках несколько глубже. В Японском желобе и на материковой окраине Новой Зеландии было отмечено, что прослеживание горизонта BSR вниз по склону прекращается на участках повышения значений теплового потока; здесь газ в осадке находится, по-видимому, в свободном состоянии.

На основании всех материалов был сделан вывод о том, что горизонты BSR маркируют основание газогидратных залежей, под которыми газ находится в свободном состоянии. В процессе выполнения программы

ЮЗ

СВ



Рис. 1. Временной разрез по профилю многоканальной сейсморазведки МОВ вдоль гребня и восточного склона хребта Блейк

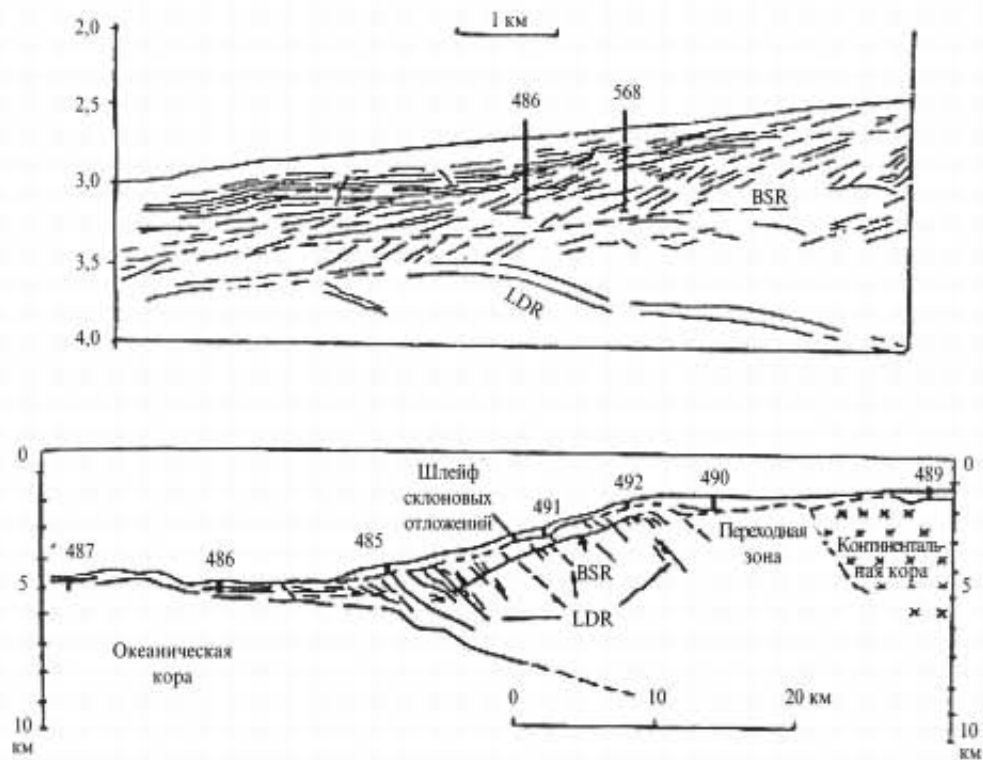


Рис. 2. Отражающие горизонты и площадки на временных разрезах по сейсмическим профилям, пройденным через станции глубоководного бурения в Центральноамериканском желобе

глубоководного бурения эти выводы в основном подтвердились. Почти на всех участках, где выделены BSR, вблизи уровня из залегания были выявлены льдистоподобные кристаллы газогидратов или интенсивные газопроявления. Исключением являются плато Умнак и хребет Бауэрс в Беринговом море, где скв. 185 и 186 не обнаружили каких-либо признаков в газогидратной зоне, хотя в соседней скв. 184 были отмечены интенсивные газопроявления на уровне BSR в 10–15-метровом горизонте. По континентальному склону Гватемалы, где в скв. 496, 497 и 498А обнаружены льдистоподобные кристаллы газогидратов, нет определенных данных по BSR (наличие его отмечается, но без иллюстрации временными разрезами). Наиболее показательные результаты получены на Внешнем хребте плато Блейк и на внутреннем склоне Центрально-Американского желоба у берегов Коста-Рики и Гватемалы в рейсах НИС “Гломар Челленджер” при бурении скважин 67 и 84, в которых были применены специальные герметизированные пробоотборники, позволившие извлечь газогидраты без нарушения их состояния. При этом было отмечено, что газогидрат распадается в воздухе быстро (почти “на глазах”) и сохранение его сложно. Большинство глубоководных скважин на уровне BSR выявлены интенсивные газопроявления преимущественно метанового состава и с небольшой примесью этана. Во всех скважинах процент выхода керна был небольшой, т.к. извлечение его и отбор проб проводился обычным способом без какой-либо герметизации. К сильному разрушению керна приводит бурное выделение газа, что, возможно, вызывается распадом газогидратов и переходом их в газ (при этом объем увеличивается в 180 раз). Некоторым подтверждением тому, что обнаруживаемые при бурении газы прошли через стадию гидратообразования и возникли в результате распада газогидратов, является изотопный состав углерода из метана, в котором с глубиной увеличивается содержание изотопа ^{13}C . Как показали исследования А.А. Трофимука, Н.В. Черского и В.П. Царева, в зоне гидратообразования Мирового океана действует механизм, приводящий к повышению с глубиной содержания в метане тяжелого изотопа. По данным глубоководного бурения, подобное явление наблюдалось во многих скважинах. Газопроявления обнаружены многочисленными скважинами в других рейсах НИС “Гломар Челленджер”. Содержание газа (на 90–99% — метана) составляло 3,2–12,8% и даже 25,6 % объема породы (Аравийское море, Бенгальский и Мексиканский заливы и др.). В некоторых случаях бурение было остановлено из-за интенсивных газопроявлений. Все это свидетельствует о широком распространении газов в осадках на глубинах залегания зоны гидратообразования. Не менее широкое распространение имеют в верхах осадочного чехла субпараллельные дну отражающие горизонты, пока не проинтерпретированные как BSR, которые также могут быть связаны с огромным по масштабам развитием газогидратных залежей в Мировом океане.

В последнее десятилетие в ряде регионов Мирового океана выявлены участки со специфическими амплитудно-скоростными особенностями сейсмической записи VAMP's (Velocity — amplitude features), представленные в виде узких (0,5–4 км) зон с депрессией сейсмической скорости. Считается, что депрессия обусловлена газоносными отложениями и скопления в

них газа экранированы газогидратными горизонтами, перекрывающими VAMP's. В Беринговом море выявлены 12000 таких скоростных аномалий. По расчетам американских специалистов, они могут содержать 31 трлн м³ газа.

Другим типом сейсмических аномалий являются структуры типа “пагода” (Pagoda structures), выявленные К.Эмери, Э. Учупи, К. Боуен и др. вдоль всей материковой окраины Западной Африки. Здесь было выполнено около 60000 км сейсмических профилей на частоте 3,5 кГц, и на 13,1 тыс. км зафиксированы такие структуры на глубине около 50 м ниже дна. Они выражены в виде чередования светло- и темносерых участков треугольной формы протяженностью обычно от 200 до 500 м, иногда до 5 км. Рельеф дна на таких участках неровный с большим количеством возвышений (до 4 м), с которыми связаны светлосерые участки. К. Эмери считает, что поровое пространство в таких зонах заполнено гидратами газа с наибольшей их концентрацией в пределах светлосерых участков.

Вещественный состав. Газогидрат представляет собой соединение 6–8 молекул воды и 1 молекулы метана, находящегося там в сильно сжатом состоянии, в результате чего в 1 м³ газогидрата содержится 180–200 м³ газа. Кроме метана, в небольших количествах имеется этан, пропан, бутан, углекислота, водород, кислород, азот и др. В большинстве газогидратных проявлений содержание метана составляет 95–97%. В газогидратном состоянии метан и сопутствующие газы цементируют вмещающие отложения, образуя надежную крышку, под которой скапливается газ в основном метанового состава.

Геоструктурная приуроченность и формы проявления. Все районы, где к настоящему времени выявлены газогидраты, приурочены к континентальным и островным склонам и подножиям, а также глубоководным участкам внутренних и окраинных морей, где они часто бывают связаны с подводными грязевыми вулканами или с глиняными диапирами (рис.3, табл. 1). Эти геоструктуры занимают около 10% площади Мирового океана. Многочисленными сейсмическими исследованиями все горизонты BSR обнаружены на континентальных склонах и подножиях или склонах аккумулятивных холмов типа Внешнего хребта плато Блейк. Эти горизонты являются подошвой газогидратных залежей мощностью от 200 до 400 м и протягиваются параллельно дну.

Главными причинами приуроченности газогидратов и горизонтов BSR к континентальным склонам и подножиям являются наиболее благоприятные сочетания термобарических условий, повышенные содержания ОБ и глубокая его биохимическая переработка, т.е. широкие масштабы нефтегазообразования в периокеанических прогибах. На основной части ложа Мирового океана горизонты BSR в их типичном виде нигде не выделены. В глубоководных котловинах при ровной поверхности дна и горизонтально лежащих осадочных слоях горизонты BSR трудно отличимы от обычных отражающих горизонтов. При резко расчлененном рельефе областей абиссального холмогорья и вулканических возвышенностей и хребтов получается сложная сейсмическая запись с многочисленными диафрагмированными волнами, что очень затрудняет выделение каких-либо сейсмических аномалий.



Рис. 3. Наблюдения гидратов газа и их признаков в недрах Мирового океана по Г.Д. Гинсбургу, В.А. Соловьеву (1994)

Таблица 1. Характер наблюдений газогидратов при геолого-геофизических исследованиях

№ п/п	Номер на рис. 1	Океан	Район	Характер наблюдений	Ссылки
1	2	3	4	5	6
1	P-1	Тихий	Южное побережье Панамы	BSR	Shiple T., et.al. 1979
2	P-2	Тихий	Центральноамериканский желоб, побережье Коста-Рики	Гидраты в керне скв. 565 (84 рейс DSDP) BSR	Kvenvolden K., et.al, 1985
3	P-3	Тихий	Центральноамериканский желоб, побережье Никарагуа	BSR	Shiple T., et.al., 1979 Shiple T., et.al., 1979 Shiple T., et.al., 1979
4	P-4	Тихий	Центральноамериканский желоб, побережье Гватемалы	Гидраты в керне скв.496-498 (67 рейс DSDP) скв.565, 568 и 570 (84 рейс DSDP) BSR	Harrison W., et.al, 1982 Kvenvolden K., et.al, 1985 Shiple T., et.al., 1979
5	P-5	Тихий	Центральноамериканский желоб, побережье Мексики	Гидраты в керне Скв. 490 и 492 (66 рейс DSDP) BSR	Shiple T., Didyk, et.al., 1982 Shiple T., et.al., 1979
6	P-6	Тихий	Калифорнийский залив (бассейн Гуаймаса)	BSR	Field M., Kvenvolden K., et.al, 1989 Brooks J., et.al, 1991

1	2	3	4	5	6
7	P-7	Тихий	Прибрежье сев. Калифорнии	BSR Гидраты в грунтовых колонках	Moore J. et.al, 1992 Ltg 146, Report 1993
8	P-8	Тихий	Прибрежье Орегона	BSR Гидраты в керне скв. 892	Moore J. et.al, 1992 Ltg 146, Report 1993
9	P-9	Тихий	Прибрежье Ванкувера	BSR	Devis E., et.al., 1996
10	P-10	Тихий	Алеутский желоб, восток	Температура керна — 1,4° С BSR	Kvenvolden K., et.al, 1985 Ltg 146, Report 1993
11	P-11	Тихий	Алеутский желоб, центральная часть	Опреснение поровой воды В скв. 186 (19 рейс DSDP) BSR	Hesse R., et.al., 1983 McCarty J., et.al., 1984
12	P-12	Тихий	Берингово море, Алеутская котловина	VAMP's	Sholl D., Cooper A., 1978 Салтыкова Н., 1987
14	P-14	Тихий	Берингово море, хр. Ширшова	BSR	Салтыкова Н. и др. 1987
15	P-15	Тихий	Охотское море, прибрежье о. Парамушир	Гидраты в грунтовых колонках	Зоненшайн Л.П. и др., 1987
16	P-16	Тихий	Японское море, хр. Окусири	Гидраты в керне скв. 796 (127 рейс ODP)	Proc. ODP. Init. Rep V. 127, 1990
17	P-17	Тихий	Японский желоб	Опреснение поровой воды в скв.438, 439 (57 рейс DSDP)	Hesse R., et.al., 1985
18	P-18	Тихий	Желоб Нанкай, прибрежье Японии	BSR Гидраты в керне скв. 808 (131 рейс ODP)	Tamaho T., et.al., 1984 Rowe M., Gettrust J., 1981
19	P-19	Тихий	Прибрежье Новой Зеландии	BSR	Katz H., 1981; Katz H., 1982
20	P-20	Тихий	Прибрежье Чили	BSR	Cande S., et.al., 1987
21	P-21	Тихий	Перуанский желоб (5°–7° ю.ш.)	BSR	Shepard G., 1979
22	P-21a	Тихий	Перуанский желоб (южнее 9° ю.ш.)	BSR Гидраты в керне скв. 685, 688 (112 рейс ODP)	Von Hucnc R., et.al., 1982 Kvenvolden K., et.al, 1985
23	P-22	Тихий	Охотское море, прибрежье о. Сахалин (впадина Дерюгина)	Гидраты в грунтовых колонках	Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д., 1987

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
24	A-1	Атланти- ческий	Прибрежье Аргентины	BSR	Manley P., Flood R., 1989
25	A-2	Атланти- ческий	Прибрежье Бразилии	BSR	Manley P., Flood R., 1988
26	A-3	Атланти- ческий	Прибрежье о. Барбадос	BSR Опреснение поровой воды в скв. 671, 674 (110 рейс ODP)	Ladd J., et.al., 1984 Giekles J., et.al., 1990
27	A-4	Атланти- ческий	Карибское море, прибрежье Венесуэлы	BSR	Brooks J., et.al., 1991
28	A-5	Атланти- ческий	Карибское море, прибрежье Панамы и Колумбии	BSR	Lu R., McMillen., 1983
29	A-6	Атланти- ческий	Мексиканский залив, запад	BSR	Shipley T., et.al., 1979
30	A-7	Атланти- ческий	Мексиканский залив, прибрежье США	Гидраты в керне Скв. 618 (96 рейс DSDP) Гидраты в грунтовых колонках	Pflaum R., 1986 Brooks J., et.al., 1984, 1986
31	A-8	Атланти- ческий	Хр. Блейк-Аутер, прибрежье США	BSR Гидраты в керне скв. 533(76 рейс DSDP) Опреснение поровой воды в скв. 104 (11 рейс DSDP)	Shipley T., et.al., 1979
32	A-9	Атлантичeskий	Желоб Каролины, прибрежье США,	BSR	(127)
33	A	Атланти- ческий	между каньонами Гудзон и Вашингтон, прибрежье США,	BSR	Carpenter G., 1981 Tucholke B, Bryan, 1977
34	A	Атланти- ческий	Прибрежье Канады к востоку от Ньюфаундленда	BSR	Taylor., Wetmiller, 1979
35	A	Атланти- ческий	Норвежское море	BSR Опреснение поровой воды в скв.339, 341 (38 рейс DSDP) Опреснение поровой воды и присутствие метана в скв. 644 (104 рейс ODP)	Bugge T., Befrings, 1987 Hess R., Lebel J., 1985 Kvenvolden K., et.al, 1989
36	A	Атланти- ческий	Черное море, прибрежье Крыма	Гидраты в грунтовых колонках	Ефремова А.Г., Житиненко Б.П., 1974,
37	A	Атланти- ческий	Черное море, прибрежье Кавказа	BSR	Номоконов В.П., Ступак Е.Н., 1988

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
38	I	Индийский	Оманский залив	BSR	White R., 1979; White R., 1983
39	N	Сев. Ледовитый	Море Бофорта, континентальный склон, Аляска, США	BSR	Grantz A., May S., 1983
40	N	Сев. Ледовитый	Море Бофорта, шельф Канады	Каротаж скважин	Weaver J., Stewart J., 1982
41	N	Сев. Ледовитый	Бассейн Свердруп	Каротаж скважин	Judge A., 1981; Goodman N., 1982
42	N	Сев. Ледовитый	Баренцево море, прибрежье Норвегии	Сейсмические аномалии	Anderssem K., Yart R., Bertevsen K., 1990
43	N	Сев. Ледовитый	Пролив Фрама, прибрежье Шпицбергена	BSR	Eiken O., Hiz K., 1989
44	S	Антарктика	Западная часть моря Д'Юрвиля прибрежье Земли Уилкса	BSR	Kvenvolden K., Cooper., 1987 Eittrheim S., Smith G., 1978
45	S	Антарктика	Море Росса, западная часть	Опреснение поровой воды и присутствие метана в скв. 271-273 (28 рейс DSDP)	McIver R., 1975
46	S	Антарктика	Море Уэдделла, сев.- зап. часть	BSR	Lonsdale M., 1990
47	O	Озера	Каспийское море, южная впадина	Гидраты в грунтовых колонках	Ефремова Г.Б., 1990, 1981
48	O	Озера	Байкал	BSR	Hutchinson D. et.al., 1991

Глубоководным бурением наиболее богатые газогидраты или залежи выявлены в Центральноамериканском желобе скважинами 565, 568 и 570 (84 рейс DSDP). По этим скважинам авторами отчета предложено выделять две основные формы проявления газогидратов: “мерзлые отложения” и “включения льда”. Последние распространены наиболее широко. “Мерзлые отложения” представлены прослоями сцементированных гидратом пород относительно грубозернистого состава — песков и алевролитов. Текстура таких пород массивная или порфировидная (рис. 4 и 5). Наиболее ярким примером с массивной текстурой является пересеченное скважиной 570 тело мощностью до 4 м, в котором содержание газогидрата достигло 95%. Третья форма проявления — жильная, в которой трещины залечены белым льдоподобным веществом.

Оценка практической значимости. Относительно прогнозных ресурсов метана в газогидратах Мирового океана имеются разные оценки (табл. 2).

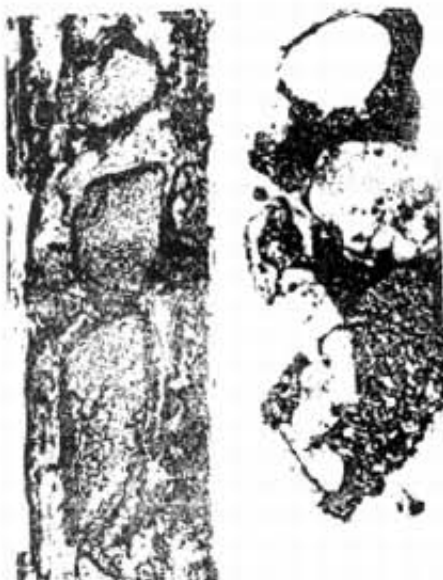


Рис. 4. Белые льдоподобные включения газовых гидратов в породе. Керн глубоководной скважины 568, интервал 403,65–404,03 м

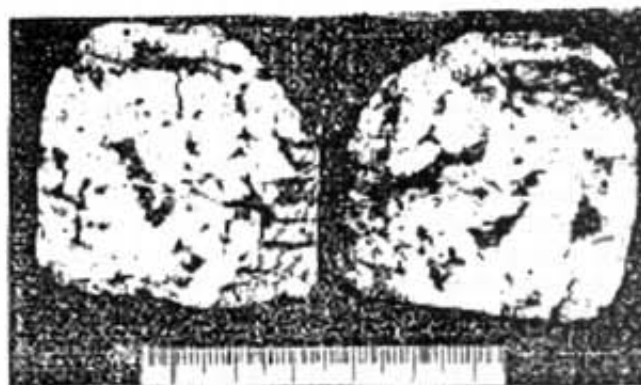


Рис. 5. Керн газового гидрата из глубоководной скважины 570 (интервал 249,40–250,45 м)

Таблица 2

Авторы, дата	Газовые гидраты суши, м ³	Субмаринные газовые гидраты, м ³
А.А. Трофимук, Н.В. Черский (1977)	$5,7 \times 10^{13}$	$9,25 \times 10^{15}$
Р.Д. Макивер (1981)	$3,1 \times 10^{13}$	$3,1 \times 10^{15}$
В.М. Добрынин, Ю.Р. Коротаев (1981)	$3,4 \times 10^{16}$	$7,6 \times 10^{18}$
З.Ф. Мейер (1981)	$1,4 \times 10^{13}$	—
К.А. Квелволден (1988)	—	$1,8 \times 10^{16}$
К.М. Макдональд (1990)	—	$2,1 \times 10^{16}$
К. Горнитс, Г. Фунд (1994)	—	$26-139 \times 10^{15}$
Г.Д. Гинсбург, Б.А. Соловьев (1994)	—	10^{15}

Г.Д. Гинсбург и Б.А. Соловьев считают приведенные оценки завышенными. По их мнению, результаты всех наблюдений не дают основания для того, чтобы считать распространение газогидратов непрерывным по площади и разрезу. Они вероятнее всего развиты в виде дискретных скоплений и запасы связанного с ними газа не должны превышать 10^{15} м³. Но при этом нужно иметь в виду, что под газогидратной залежью как надежной крышкой могут быть огромные скопления газа в свободном состоянии.

Практическая значимость газогидратов как углеводородного сырья в большой мере определяется техническими возможностями их освоения. К настоящему времени предлагается несколько методов разработки газогидратных месторождений, которые основаны на общем принципе перевода газа из гидратов в свободное состояние непосредственно внутри месторождения. Один из методов заключается в дестабилизации гидратов путем

понижения давления в газогидратной зоне, другой — в термическом воздействии путем подачи горячего воздуха или сжигания части добытого газа.

Хотя при имеющихся технологиях разработка газогидратных месторождений считается пока нерентабельной, многие страны уже сейчас занимаются вопросами их освоения. Геологическое управление США в 1995 г. оценило “Гидратные газовые ресурсы США” в $3 \cdot 10^{15}$ — $19 \cdot 10^{15}$ м³ газа. При среднем значении $9 \cdot 10^{15}$ м³ эти запасы в 300 раз превышают ресурсы природного газа в США. По сообщениям Ф.А. Кузнецова и др. (1988) газогидратные ресурсы Японии (в основном желоб Нанкай) оценены $6 \cdot 10^{12}$ м³ газа. С 1995 г. вступила в действие пятилетняя государственная программа Японии по подготовке мероприятий для разработки газогидратных залежей, включая пробное бурение на континентальном склоне желоба Нанкай. Полномасштабную добычу “гидратного” газа планируется начать через 20 лет, в результате чего Япония полностью удовлетворит свои энергопотребности. В Индии принята крупная национальная программа по изучению газогидратов Аравийского моря и Бенгальского залива. С вероятностью 95% запасы газа оценены в 1894 трлн м³, что в 2700 раз превышает индийские ресурсы (707 млрд м³).

По сообщениям Ф.А. Кузнецова и др. в 1997 г. Сибирское отделение РАН разработало комплексную программу по изучению газовых гидратов, которая является частью комплексной долгосрочной программы научно-технического сотрудничества России и Индии. Во всех программах, как зарубежных, так и отечественных подчеркивается, что газовые гидраты даже при самых низких оценках их ресурсов — это практически неисчерпаемый резерв чистого углеводородного сырья.

Узагальнені теоретичні засади та практичні результати вивчення газогідратних покладів при бурінні та геофізичних дослідженнях дна Світового океану.

Theoretical theses and practical results of study of hydrogas accumulation when drilling and geophysical explorations of the World ocean are generalized.