

УДК 550.42+550.43(268.55)

НЕКОТОРЫЕ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

Р.Б. Шакиров, А.В. Сорочинская, А.И. Обжиров
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041,
e-mail: ren@poi.dvo.ru, sorochin2001@mail.ru, obzhirov@poi.dvo.ru

В статье представлены результаты комплексных газогеохимических исследований донных осадков Восточно-Сибирского моря по меридиональному профилю от мыса Биллингса к хребту Менделеева. Впервые детально показаны особенности распределения углеводородных газов в осадках, а также охарактеризован гранулометрический и химический состав осадков. Выделена зона разгрузки природного газа, которая контролируется неотектоническим разломом. Уровни обнаруженных аномальных концентраций метана (до 2,4 % об.) характерны для районов образования газогидратов, а изотопный состав углерода метана указывает на преобладание термогенной компоненты. Полученные геохимические характеристики газа и элементного состава донных осадков можно использовать как критерии прогноза залежей углеводородов.

Ключевые слова: газогеохимия, Восточно-Сибирское море, метан, углеводородные газы, гранулометрия, элементный состав, органический углерод, тектоника.

Введение

В связи с увеличением спроса в мире на энергоресурсы, моря российского сектора Арктики становятся предметом все более пристального внимания ученых. Здесь открыты крупные месторождения нефти и газа в Баренцевом и Карском морях, а также около 40 месторождений нефти и газа на Северной Аляске, в непосредственной близости от российской экономической зоны. Восточно-Сибирское море наименее изучено из-за суровых климатических условий и продолжительности ледового периода. Среди арктических морей это самое мелководное: 72 % акватории имеет глубину менее 50 м, глубины менее 30 м занимают половину площади моря. Другая особенность Восточно-Сибирского моря заключается в том, что на его обширном приконтинентальном шельфе сохраняется устойчивая седиментогенная обстановка, поэтому тонкозернистая структура донных осадков сохраняется вне зависимости удаленности от побережья [3, 11]. Основная цель данной работы – выявление особенностей распределения природных газов в осадках и характеристика химического состава осадков по региональному профилю, протянувшемуся с юга на север от мыса Биллингса к подводному хребту Менделеева. Подобные исследования в данном районе проводились впервые. В работе использованы материалы, полученные геолого-геофизической экспедицией в июле – сентябре 2008 г. в 45-м рейсе НИС «Академик Лаврентьев» в Восточно-Сибирском море.

Материалы и методы

Газогеохимический профиль в Восточно-Сибирском море протяженностью в 550 пог. км включил 56 донных станций с шагом 10 км на глубинах от 19 до 200 м (рис. 1).

Отбор проб донных осадков проводился ударной прямоточной трубкой (длина 3 м, внутренний диаметр 60 мм) с последующим литологическим описанием и изучением особенностей распределения концентраций

углеводородных газов. Концентрации метана и тяжелых углеводородных газов (ТУВГ) в осадках (до пентана включительно) определялись методом равновесных концентраций (headspace) [16] на газовом хроматографе «Кристалл-Люкс 4000М». Ошибка определения составляла не более 5 %.

Для характеристики осадков, в которых анализировалось содержание углеводородных газов, определены гранулометрический и элементный состав и содержание органического углерода. Гранулометрический анализ осадков выполнен лазерно-дисперсионным методом на установке «Microtrac-100». При определении содержания в донных осадках основных элементов использовался метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES), а при определении содержания примесных элементов – метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Содержание органического углерода определялось методом сжигания его на анализаторе фирмы «SHIMADZU».

Результаты и обсуждение

В тектоническом строении Восточно-Сибирского моря выделяется ряд главных неотектонических структур, границами которых, как правило, являются новейшие разломы различной специализации, в основном сбросы и сдвиговые дислокации. Газогеохимический профиль пересекает с юга на север следующие структуры: впадину пролива Лонга (станции 50–80), поднятие Врангеля (станции 100–120), Врангелевский грабен (станции 130–220), Северо-Шелагское поднятие, ограниченное сбросами окружающих структур (станции 230–460), Северо-Чукотский прогиб и бровка шельфа, которая контролируется с восточной стороны субширотным Менделеевско-Беринговским разломом (станции 470–560) [10].

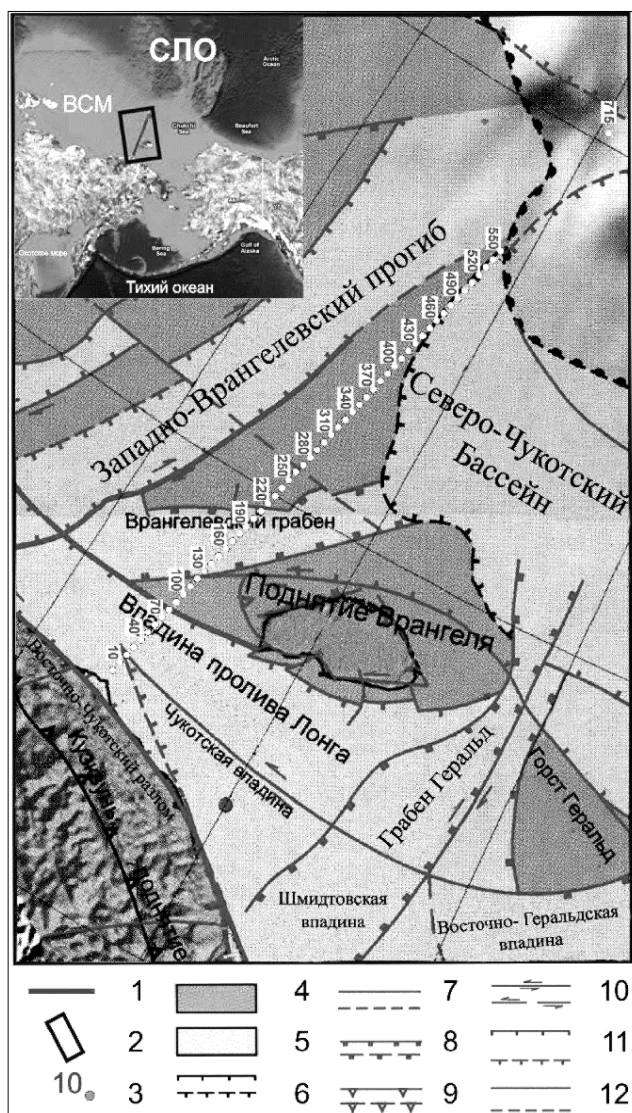


Рис. 1. Район исследований. Положение пикетов опробования донных осадков Восточно-Сибирского моря на карте неотектонических структур, выраженных в рельефе арктического шельфа [10]:

1 – профиль работ 2008 г.; 2 – полигон работ; 3 – пикеты опробования; 4 – поднятия и горсты; впадины; 5 – грабены, ramпы; 6 – границы достоверные/предполагаемые (штрихи направлены в сторону впадин). Новейшие разломы: (главные разломы показаны утолщенными линиями): 7 – достоверные/предполагаемые; 8 – сбросы; 9 – взбросы; 10 – сдвиги; 11 – неустановленного типа; 12 – без установленного смещения, СЛО – Северный Ледовитый океан

Газогеохимическая съемка. Определение содержания углеводородных газов в осадках позволило охарактеризовать особенности их распределения. Во всех газовых пробах из донных отложений установлен метан в концентрациях от 2,0 ppm до 2,4 %. Метанонасыщенность осадков возрастает вниз по разрезу керна, и высокое содержание метана отмечается на всем протяжении профиля. В центральной части профиля выделен участок разгрузки (2,4 объем. % метана) в концентрациях, достаточных для формирования газогидратов (рис. 2). ТУВГ в донных отложениях представлены этаном, этиленом, ацетиленом, пропиленом, пропаном, бутаном и пентаном.

Этилен (от 0,06 до 80 ppm) в составе природного газа донных отложений установлен практически во всех отобранных газовых пробах. Ацетилен обнаружен в 19 пробах в разных частях профиля (максимум 0,4 ppm, станция 220). Этан (максимальное значение 0,43 ppm) обнаружен в 98 % проб вместе с этиленом. Пропилен (макс. – 0,61 ppm) фиксируется практически на всех станциях. Пропан (максимальное содержание 0,33 ppm) установлен в 70 % проб. Бутан (максимальное содержание – 0,7 ppm) и пентан (макс. – 17 ppm) обнаружены в северной части профиля.

Методом высокоразрешающей масс – спектрометрии были проанализированы 14 проб газа (метан, углекислый газ), отобранные из осадков по всей длине профиля на станциях с разным геохимическими характеристиками. Изотопный состав углерода метана варьирует от -27,7 до -72,2 ‰ PDB; изотопный состав углерода углекислого газа – от -17,7 до -23,7 ‰ PDB. Средняя величина изотопного состава метана в районе исследований составила -56,6 ‰ PDB и указывает на смешанный генезис газа (термогенный и биогенный) с преобладанием термогенной доли. Наиболее «тяжелый» по углероду метана газ обнаружен в южной части профиля: -27,9 ‰ PDB. Наиболее «легкий» -72,2 ‰ PDB зафиксирован в центральной части профиля, рядом с зоной, где определено максимальное содержание метана (2,4 % метана, станция 270). Данный участок контролируется неотектоническим разломом, и наличие «легкого» метана, снижающего в верхней части осадочного разреза долю тяжелого изотопа углерода метана, может указывать на приток углеводородных флюидов из глубинных горизонтов осадочной толщи.

Для характеристики осадков, в которых изучались газы, в стационарных условиях были сделаны определения гранулометрического и химического составов.

Гранулометрический анализ. При интерпретации результатов гранулометрического анализа использовалась трехкомпонентная классификация по соотношению содержания фракций псаммита (1–0,1 мм), алевроита (0,1–0,01 мм) и пелита (<0,01 мм) [9]. Основной тип осадка по профилю – алевроит пелитовый. На станциях, расположенных на северном борту Врангелевского грабена (станции 190, 200, 210), осадок представлен алевроитом псаммитовым и пелитом алевроитовым на станциях, более удаленных от берега (рис. 3). Значительное содержание пелитовой фракции (21–72 %) присутствует во всех пробах по профилю. Это объясняется подледно-морскими условиями седиментации, характерными для Восточно-Сибирского моря, которое почти круглый год покрыто сплошным ледовым покровом, и вследствие чего при осадконакоплении основным процессом является гравитационное осаждение глинистых частиц [7, 11]. Содержание алевроитовой составляющей в осадках по профилю колеблется от 26 до 58 %, содержание псаммитовой – от 0 до 36 %.

Химический состав осадков. Содержание $C_{орг}$ определялось в поверхностном слое донных осадков, в средней (интервал 30–50 см) и в нижних частях колонок (интервал ниже 70 см). Концентрации $C_{орг}$ в пробах поверхностного слоя находятся в пределах 0,29–2,27 % от сухого

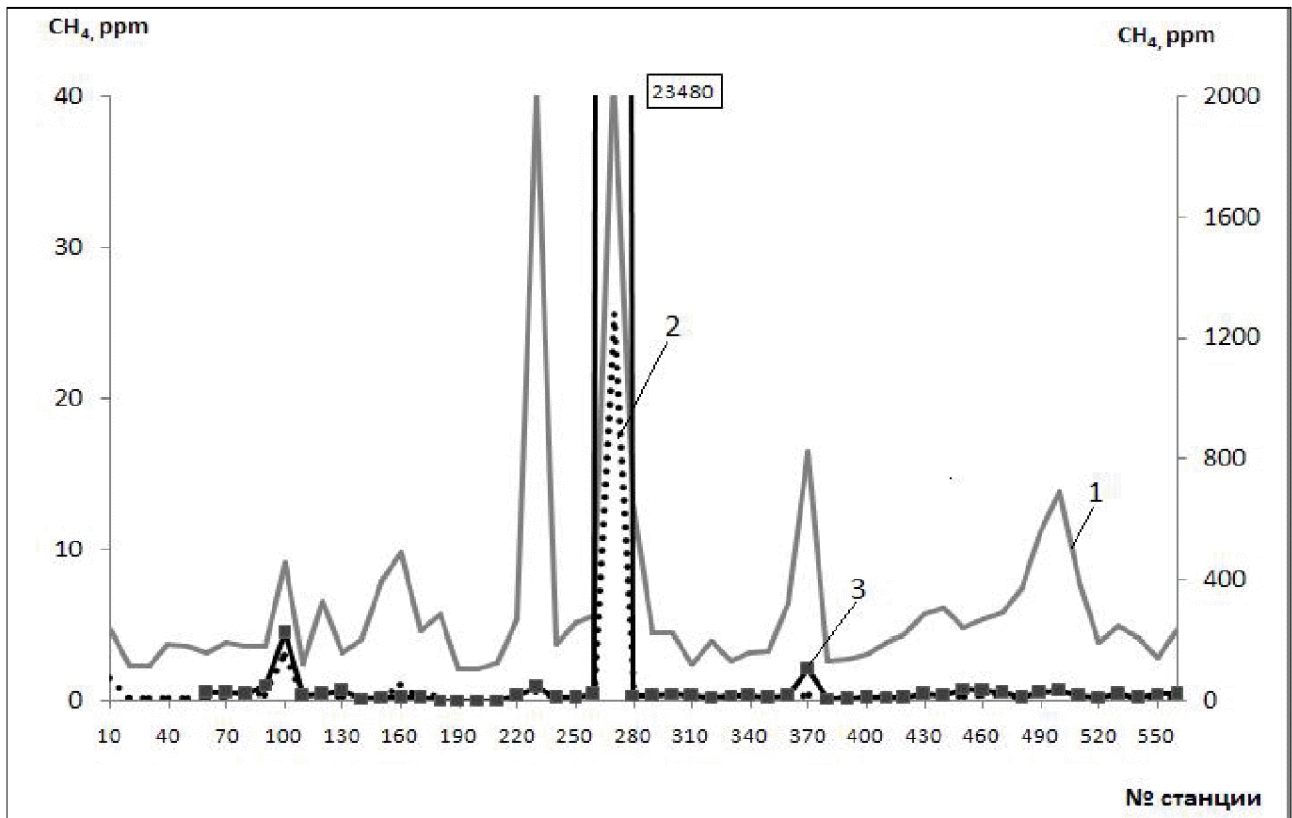


Рис. 2. Распределение метана в осадках по профилю на интервалах 0–5 см (1), 30–50 см (2), 80–120 см (3)

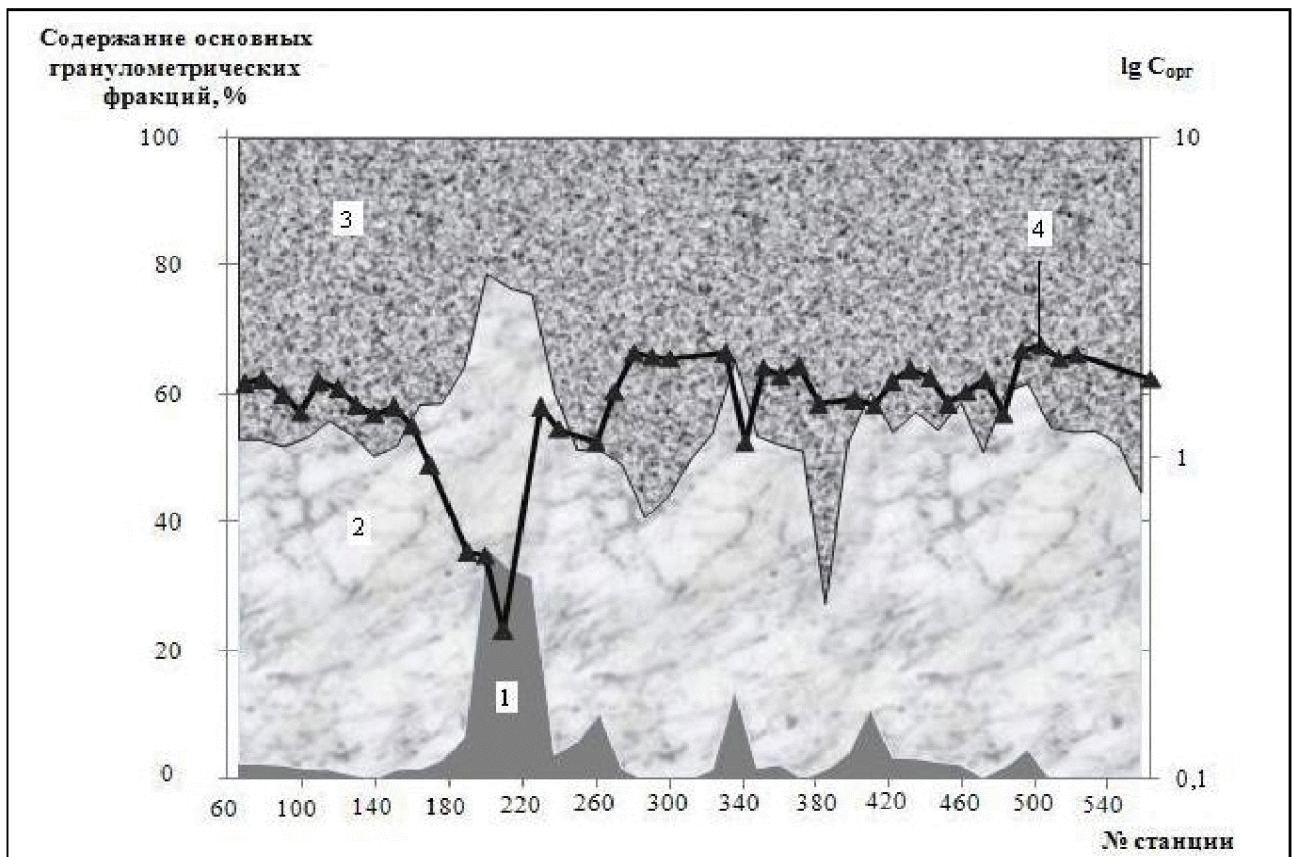


Рис. 3. Схема гранулометрического состава поверхностного слоя осадков по профилю и вариации $C_{орг}$ (логарифмическая шкала):

1 – псаммит; 2 – алеврит; 3 – пелит; 4 – $C_{орг}$

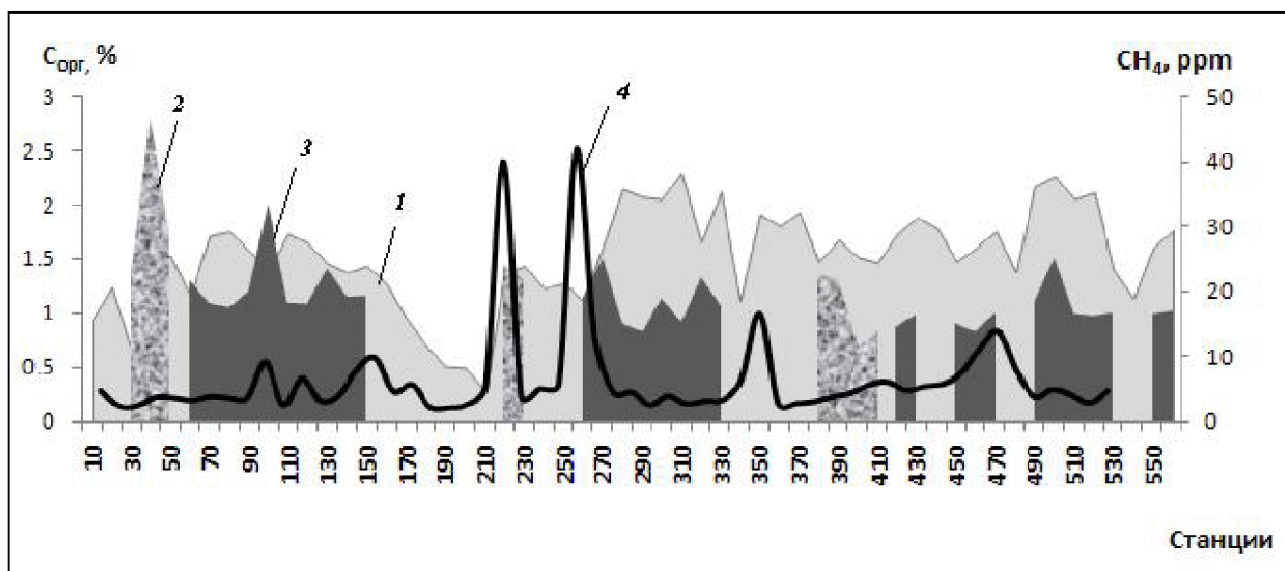


Рис. 4. Содержание $C_{орг}$ и CH_4 в осадках:

1 – $C_{орг}$ в поверхностном слое; 2 – $C_{орг}$ в интервале 30–50 см; 3 – $C_{орг}$ в интервале ниже 70 см; 4 – CH_4 в поверхностном слое

вещества осадка (среднее – 1,6 %) и коррелируют с количеством пелита в осадке (рис. 3). Для горизонта 30–70 см содержание $C_{орг}$ от 0,07 до 2,82 %, среднее значение $C_{орг}$ – 1,26 %. Для нижних горизонтов (70–230 см) $C_{орг}$ изменяется от 0,82 до 2,01 %, среднее значение – 0,89 % (рис. 4).

Осадки на меридиональном профиле представлены бескарбонатными разностями (значения $C_{карб}$ варьируют от 0 до 0,06 %). Малый вклад неорганического углерода в осадках – характерная черта донных отложений арктических морей, что связано с особенностями полярного биоценоза и его биотипа [15]. Отмечаются высокие положительные корреляционные связи многих элементов с $C_{орг}$: Fe (0,87), Mg (0,88), Na (0,64), V (0,75), Cr (0,86), Pb (0,68) (рис. 5). Для элементов группы железа характерно образование стойких металлоорганических комплексов [1, 8]. Na, Mg и Ba экстрагируются фитопланктоном в процессе жизнедеятельности и высвобождаются при его отмирании [4, 6, 13]. РЗЭ способны аккумулироваться органическим веществом [5]. Отмечается слабая корреляция между $C_{орг}$ и содержанием метана, что указывает

на незначительный расход органического вещества на формирование газовой фазы и позволяет предположить смешанный генезис метана в осадках.

Макрохимический состав поверхностного слоя осадков по профилю представлен в табл. 1. Основным компонентом осадков является кремнезем (51,18–79,67 % SiO_2). Далее в порядке убывания Al_2O_3 (8,60–16,00 %), Fe_2O_3 (2,32–7,37 %), Na_2O (2,56–6,91 %), MgO (0,9–3,12 %), K_2O (1,68–3,20 %), CaO (1,11–1,59 %), TiO_2 (0,38–0,63 %), P_2O_5 (0,13–0,73 %), MnO (0,02–0,1 %). По отношению к среднему содержанию в осадочных породах континентов [12] исследуемые осадки обогащены Na в 4–8 раз, Fe в 1,5 раза, P – в 1,5–4 раза. Содержание в осадках Mg (до 1,88 %) и K (до 2,66 %) сопоставимо со средним содержанием этих элементов в осадочных породах континентов и отмечается их увеличение с увеличением пелитовой составляющей. Обеднены осадки Ti, Ca и Mn, но в северной части профиля на отдельных станциях содержание Mn в 3–10 раз превышает кларковые.

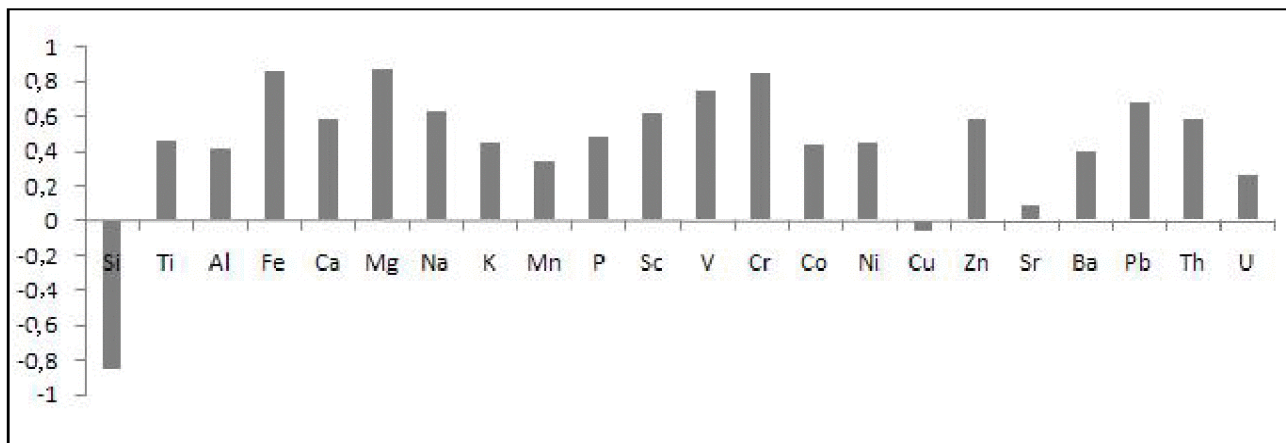


Рис. 5. Диаграмма корреляционных связей $C_{орг}$ с химическими элементами

Номера станций отбора, глубина и макрокомпонентный состав поверхностного слоя осадков (масс. %)

Станции	Глубина моря, м	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
70	43	64,85	0,57	12,38	4,97	1,46	2,12	2,12	3,73	0,037	0,19
90	39	63,77	0,58	12,67	5,31	1,51	2,17	2,21	3,48	0,038	0,23
100	39	64,92	0,58	12,89	5,41	1,33	2,12	2,24	3,46	0,038	0,17
110	38	63,50	0,57	12,60	5,31	1,46	2,18	2,15	3,45	0,370	0,20
120	37	62,82	0,58	12,47	5,58	1,49	2,15	2,19	3,28	0,037	0,42
130	37	64,08	0,58	12,47	5,20	1,40	2,15	2,19	3,62	0,035	0,25
160	31	67,80	0,53	11,72	4,54	1,19	1,71	2,06	3,22	0,032	0,26
200	25	79,67	0,38	8,60	2,32	1,14	0,90	1,68	2,56	0,021	0,13
230	33	66,18	0,54	11,96	4,95	1,25	1,83	2,13	3,51	0,033	0,33
240	34	66,95	0,53	11,73	4,43	1,16	1,85	2,13	3,68	0,030	0,19
260	35	68,30	0,48	11,34	4,44	1,11	1,71	2,16	3,39	0,029	0,18
270	41	56,92	0,56	12,78	6,56	1,13	2,50	2,36	4,69	0,036	0,33
280	45	56,65	0,52	12,28	6,25	1,31	2,57	2,30	4,66	0,035	0,35
290	45	59,34	0,56	12,83	6,44	1,27	2,58	2,31	4,43	0,037	0,35
300	46	58,99	0,55	11,95	5,97	1,39	2,43	2,18	4,45	0,036	0,35
330	61	56,77	0,54	11,89	7,37	1,51	2,60	2,21	4,66	0,050	0,73
350	54	59,69	0,54	12,08	6,30	1,59	2,48	2,18	4,49	0,038	0,42
370	55	60,32	0,53	12,23	6,57	1,46	2,31	2,62	3,82	0,043	0,31
380	55	60,27	0,63	16,00	6,45	1,20	2,14	3,20	2,86	0,076	0,21
410	56	64,55	0,54	12,19	5,01	1,44	2,08	2,64	3,41	0,035	0,18
440	63	63,82	0,54	12,29	5,37	1,51	2,20	2,65	3,41	0,037	0,20
470	70	64,04	0,56	12,21	5,42	1,48	2,21	2,63	3,34	0,040	0,19
500	99	53,71	0,55	12,43	6,66	1,39	3,08	2,95	5,46	0,345	0,24
520	127	53,93	0,53	12,45	6,51	1,47	2,97	2,92	5,09	0,933	0,22
560	200	51,18	0,53	13,25	6,77	1,42	3,12	3,13	6,91	0,417	0,18

Подгруппа щелочноземельных элементов характеризуется пониженным содержанием Ca (1,11–1,59 %) и Sr (до 151–198 г/т), что характерно для осадков высоких широт, представленных в основном диатомовыми илами [4], а содержание Ba (максимум 706 г/т) сопоставимо со средним содержанием в осадочных породах континентов.

Среди элементов группы железа и тяжелых металлов преобладает в осадках Fe (1,62–5,15 %). Заметно ниже содержание Cr (31,23–82,74 г/т), Co (4,81–34,02 г/т), Ni (11,59–67,11 г/т), Sc (5,50–15,21 г/т), Zn (37,7–185,9 г/т), Cu (7,23–467,8 г/т) (табл. 2). По сравнению со средним содержанием в осадочных породах континентов современные осадки по профилю обогащены в 1,5–2 раза Fe, V, Sc, Zn и обеднены Cr, Co, а содержание Pb в осадках сопоставимо со средним содержанием этого элемента в осадочных породах континентов.

Содержание Mn и Cu в осадках южной и центральной частях профиля значительно ниже, чем среднее содержание этих элементов в осадочных породах континентов. Аномальное содержание Mn (10,77 %) и Cu (467,8 г/т) отмечается в северной части на станциях, вблизи которых зафиксированы газовые аномалии (рис. 6). Осадки на этих станциях характеризуются максимальными значениями пелитовой составляющей и $C_{орг}$. Такие факторы способствуют диагенетическому перераспределению

элементов: образованию растворимых форм Mn^{+2} в зонах газовых аномалий и нерастворимых оксигидроксидов (Mn^{+4}) за пределами таких зон [14]. Увеличение доли пелитовой компоненты способствует сорбции этих элементов глинистыми минералами.

Во всех пробах зафиксированы радиоактивные U и Th, их содержание ниже среднего в осадочных породах континентов. Концентрации U и Th коррелируют с количеством $C_{орг}$ и пелита в осадке.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) были определены во всех пробах осадков методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) и нормализованы на состав РЗЭ в североамериканском сланце [5]. Содержание РЗЭ в современных осадках меньше, чем в сланце. С увеличением доли пелитовых фракций в осадке их содержание увеличивается, так как растет сорбционная поверхность частиц. Среднее содержание легких РЗЭ в осадках по профилю – 78 %, тяжелых – 22 %. Накопление в донных отложениях легких лантаноидов связано с существенно более высокими скоростями миграции для растворимых комплексных соединений тяжелых РЗЭ по сравнению с таковыми для соединений легких РЗЭ [2].

Заключение

Впервые в результате газогеохимических исследований в Восточно-Сибирском море по региональному про-

Содержание примесных элементов (г/т) в поверхностном слое осадков по профилю

Стан-ция	V	Sc	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb	Th	U	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Er	Tm	Yb
70	125,9	6,24	67,56	8,42	25,94	13,50	90,60	166,2	665,3	12,72	7,81	2,03	13,45	22,76	47,37	5,45	17,65	4,45	0,89	4,00	0,55	3,55	1,72	0,25	1,59
90	146,6	12,60	73,10	9,95	28,05	16,71	88,44	185,5	694,1	18,73	8,75	2,78	17,17	24,97	53,66	6,31	24,65	4,99	0,98	4,52	0,62	3,40	1,98	0,29	1,75
100	136,3	11,96	68,09	9,18	28,50	16,54	100,7	165,1	662,8	15,25	8,18	2,44	16,69	22,80	48,59	5,80	22,78	4,74	0,95	4,15	0,60	3,41	1,89	0,26	1,78
110	142,7	11,68	67,66	8,71	27,82	15,94	99,20	168,1	664,7	14,51	8,06	2,64	15,57	23,04	48,16	5,74	22,05	4,61	0,89	4,08	0,55	3,22	1,83	0,26	1,64
120	145,0	12,09	71,62	8,95	27,96	16,89	102,5	194,3	690,7	14,74	8,42	3,33	16,21	24,84	52,59	6,11	24,12	5,03	0,94	4,21	0,60	3,29	1,97	0,26	1,76
130	140,5	11,73	68,71	8,82	27,87	15,43	97,30	176,5	693,2	14,54	8,34	2,06	15,99	23,27	48,78	5,79	22,65	4,70	0,94	4,09	0,58	3,31	1,77	0,25	1,70
160	121,2	10,15	59,23	8,09	30,96	13,34	79,9	169,0	686,0	12,86	8,06	1,81	15,33	24,05	50,32	5,99	23,69	4,75	0,94	4,09	0,58	3,15	1,80	0,26	1,61
200	59,8	5,50	31,23	4,81	11,59	7,23	37,70	167,8	575,3	9,64	5,57	1,18	11,84	19,60	41,44	4,83	18,51	3,68	0,71	3,17	0,43	2,50	1,34	0,19	1,22
230	130,1	10,63	58,80	8,17	27,45	14,64	96,00	177,7	668,9	13,37	7,64	1,68	16,20	23,10	48,37	5,81	22,58	4,67	0,91	4,07	0,58	3,16	1,82	0,26	1,73
240	136,1	10,62	61,85	7,74	26,52	14,79	84,80	161,5	659,2	13,79	7,58	2,39	15,32	22,56	47,53	5,70	22,50	4,66	0,92	3,94	0,56	3,08	1,68	0,26	1,58
260	122,6	9,55	54,64	7,37	22,29	13,19	84,50	150,9	621,9	13,25	6,94	1,78	14,29	20,59	42,97	5,16	20,57	4,32	0,85	3,65	0,52	2,89	1,55	0,23	1,56
270	188,9	13,48	81,59	9,37	30,91	18,87	108,9	159,5	691,9	17,48	8,77	1,81	16,59	22,10	46,77	5,54	22,36	4,72	0,93	4,23	0,59	3,40	1,93	0,27	1,74
280	179,8	12,66	77,78	9,14	29,08	20,07	106,3	156,0	670,8	16,47	7,99	2,00	15,60	20,57	42,82	5,11	20,07	4,34	0,86	3,74	0,54	3,13	1,75	0,24	1,67
290	183,9	13,20	82,74	9,58	29,98	18,48	111,9	160,6	106,2	16,23	8,38	1,95	16,27	21,65	46,01	5,49	21,44	4,49	0,94	4,10	0,60	3,32	1,91	0,27	1,61
300	173,5	12,54	76,16	9,26	28,93	18,42	107,8	171,4	683,4	16,70	8,22	1,94	16,13	22,67	46,95	5,61	21,93	4,63	0,92	3,97	0,57	3,28	1,95	0,26	1,75
330	189,0	12,42	75,29	10,70	29,23	18,52	113,6	197,7	674,7	17,57	7,78	2,02	16,05	20,84	44,01	5,24	20,44	4,44	0,85	3,96	0,56	3,17	1,83	0,26	1,69
350	175,3	11,94	73,08	9,91	29,39	17,89	106,3	187,8	677,4	16,80	7,73	2,09	15,64	21,59	45,63	5,41	21,42	4,64	0,91	4,09	0,55	3,19	1,84	0,25	1,65
370	177,2	12,92	76,38	10,60	39,88	20,51	127,4	171,0	697,0	19,12	8,09	2,21	16,21	22,49	47,67	5,77	22,26	4,60	1,08	4,42	0,65	3,47	1,90	0,31	1,86
380	157,8	14,97	73,26	13,26	45,96	46,78	173,4	171,0	652,4	19,91	8,86	2,83	19,36	26,11	55,61	6,73	26,10	5,40	1,21	4,93	0,73	3,81	2,11	0,31	2,03
410	159,8	11,18	66,30	9,81	38,48	18,71	103,0	177,9	660,0	15,42	7,47	2,53	15,24	23,36	48,88	5,86	22,76	4,38	1,03	4,22	0,59	3,18	1,66	0,24	1,62
440	173,3	12,30	72,94	10,62	35,41	17,50	112,7	174,8	671,4	16,57	7,99	2,56	15,44	23,88	50,52	6,06	24,01	4,68	1,07	4,46	0,62	3,40	1,82	0,27	1,81
470	165,2	12,18	70,96	11,81	46,60	16,77	112,5	171,5	661,8	15,94	8,06	2,51	16,16	24,21	51,03	6,09	24,23	4,83	1,09	4,46	0,61	3,52	1,86	0,27	1,81
500	215,8	14,04	79,19	25,55	45,02	21,68	146,8	161,7	633,9	18,81	8,37	2,32	15,91	22,93	49,29	5,81	23,19	4,75	1,09	4,39	0,63	3,27	1,90	0,32	1,79
520	214,2	13,48	74,82	29,36	49,17	22,57	160,0	158,8	608,7	18,45	8,19	2,11	15,28	22,32	49,04	5,74	22,69	4,48	1,03	4,32	0,61	3,38	1,82	0,26	1,68
560	276,8	15,51	82,17	34,02	67,11	32,45	185,9	177,0	661,6	19,78	8,96	3,43	16,46	23,46	49,59	5,98	24,31	4,90	1,13	4,64	0,64	3,71	1,97	0,32	2,02

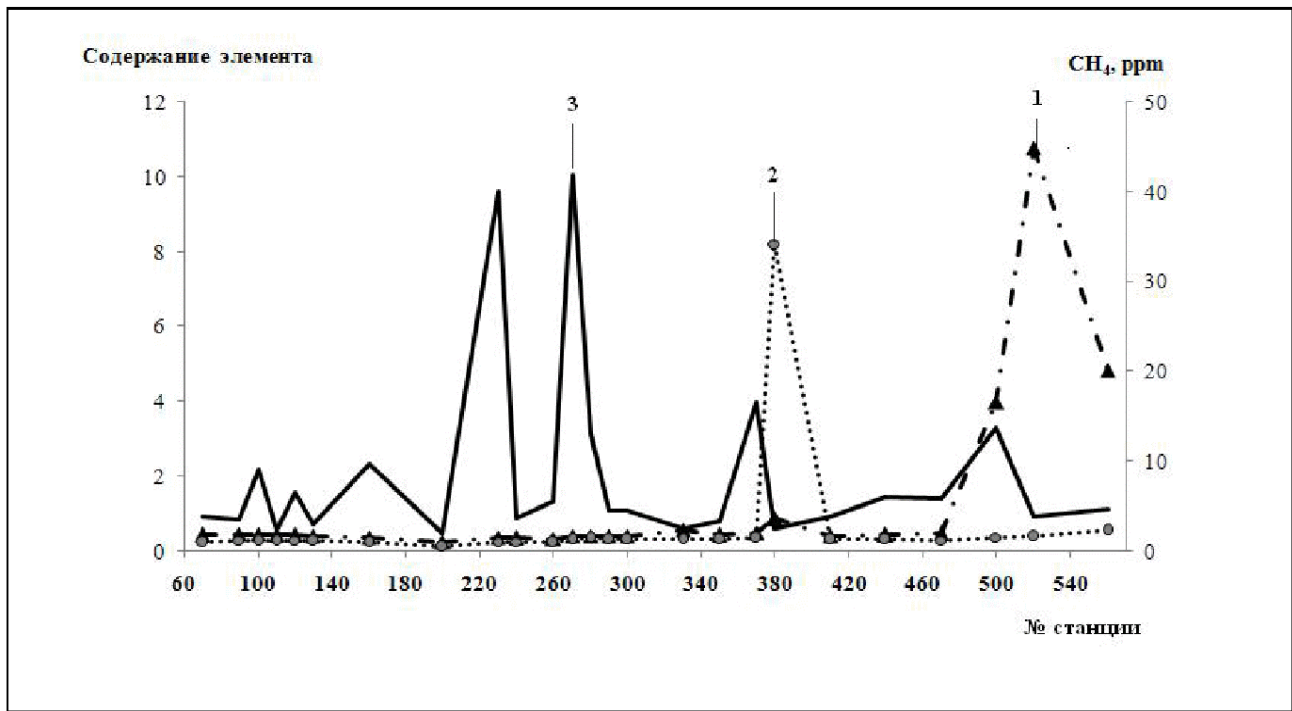


Рис. 6. Распределение в поверхностном слое осадков:

1 – Mn; 2 – Cu; 3 – CH₄

филю от мыса Биллингса к хребту Менделеева охарактеризовано распределение углеводородных газов в донных отложениях. Выделенная в центральной части профиля зона разгрузки природного газа (содержание метана 2,4 % объем.) контролируется неотектоническим разломом. Слабая корреляция между $C_{орг}$ и содержанием метана и наличие «легкого» метана указывает на смешанный генезис метана в осадках и приток углеводородных флюидов из глубинных горизонтов осадочной толщи. Непрерывный характер спектра распределения углеводородных газов (до пентана) в осадках на всем протяжении профиля позволяет считать перспективным в отношении углеводородного потенциала континентальный шельф Восточно-Сибирского моря.

Поверхностный слой осадков по профилю обеднен большинством изученных химических элементов. Распределение их содержания в донных осадках по профилю контролируется следующими факторами: гранулометрическим составом – вариациями псаммитовой и пелитовой фракций; образованием органоминеральных комплексов, которые играют важную роль в концентрировании многих элементов; наличием аномалий метана, создающих специфические физико-химические условия и способствующих концентрированию ряда элементов (Mn, Cu).

Финансирование экспедиции осуществлено «Севморгео». Работа поддержана грантами ДВО РАН 09-I-III-7-10, 10-III-B-07-191, 09-III-B-07-372, 09-III-A-07-324; фондом «Глобальная Энергия» МГ2010/04/6 и ФЦП № 02.740.11.0022.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Варшал Г.М., Веллоханова Т.К., Кошечева И.Я. Геохи-

мическая роль гумусовых кислот в миграции элементов // Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 97–117.

2. Варшал Г.М., Кошечева И.Я., Сироткина И.О. и др. Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействие с ионами металлов // Геохимия. 1979. № 4. С. 598–607.

3. Ветров А.А., Семилетов И.П., Дударев О.В. и др. Исследование состава и генезиса органического вещества донных осадков Восточно-Сибирского моря // Геохимия. 2008. № 2. С. 183–195.

4. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. 212 с.

5. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 360 с.

6. Дударев О.В., Боцул А.И., Аникиев В.В., Колесов Г.М. Современное осадкообразование в криолитозоне северо-западной части Анадырского залива (Берингово море) // Тихоокеан. геология. 2001. Т. 20, № 3. С. 12–25.

7. Дударев О.В., Семилетов И.П., Чаркин А.Н., Боцул А.И. Седиментационные обстановки на приконтинентальном шельфе Восточно-Сибирского моря // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 6. С. 822–827.

8. Лисицин А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.

9. Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И. и др. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток, 1983. 283 с.

10. Неотектонические структуры и активные разломы шельфа // Геология и полезные ископаемые шельфов России. Атлас. М.: Науч. мир, 2004. 108 с.

11. Павлидис Ю.А., Щербаков Ф.А. Современные донные осадки арктических морей Евразии // Океанология. 2000. Т. 40, №1. С. 137–147.
12. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.
13. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
14. Розанов А.Г., Волков И.И. Донные осадки
Кандалакшского залива Белого моря: марганцевый феномен // Геохимия. 2009. № 10. С. 1067–1085.
15. Романкевич Е.А., Ветров А.А. Цикл углерода в арктических морях России. М.: Наука, 2001. 300 с.
16. Хахенберг Х., Шмидт А. Газохроматографический анализ равновесной паровой фазы. М.: Мир, 1979. 160 с.

In the article it is given a comprehensive gas-geochemical analysis of sediments from the East-Siberian Sea, along the NS profile (Billings Cape-Mendeleev Ridge). It is for the first time that the features of hydrocarbon gases distribution in sediments are described in relation with a grain size and chemical compositions. Gas seepage in neo-tectonic faulting has been found. The methane content in sediments (up to 2.4 % vol. in headspace) indicates favorable sites for gashydrates in a central part of the sea. Isotopic composition of C^{13} - CH_4 indicates the thermogenic origin. The obtained data could be applied for the hydrocarbon deposits forecasting in the investigated area.

Key words: *gasgeochemistry, East-Siberian Sea, methane, hydrocarbon gases, granulometry, element composition, organic carbon, tectonics.*