ОКЕАНОЛОГИЯ, 2013, том 53, № 4, с. 529–538

МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.181:551.35(268.52+268.61)

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ОСАДКОВ ШЕЛЬФА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

© 2013 г. Н. А. Николаева, А. Н. Деркачев, О. В. Дударев

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, Владивосток

e-mail: nikolaeva@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 03.04.2012 г., после доработки 07.06.2012 г.

Изучен минеральный состав тяжелой подфракции поверхностных осадков морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. На основе обобщения полученных данных с использованием методов многомерной статистики выделены основные ассоциации тяжелых минералов, выявившие региональные различия в составе минеральных комплексов осадков. Определены основные процессы, ответственные за формирование минерального облика осадков изученных районов. Выявлены определенные тенденции во взаимосвязи ассоциаций тяжелых минералов с геоструктурной позицией бассейнов осадконакопления.

DOI: 10.7868/S0030157413040084

ВВЕДЕНИЕ

Минералогический состав донных осадков несет значительную информацию о процессах, протекающих как непосредственно в бассейнах осадконакопления, так и на прилегающих участках суши. Он считается одним из важных показателей, раскрывающих положение и состав источников питания, геоструктурное положение бассейнов, пути и дальность транзита обломочного материала, особенности климата и процессов гидродинамики в бассейнах седиментации [1, 2, 6, 10, 11, 12, 13]. Его изучение наряду с исследованием основных структурно-вещественных и текстурных характеристик имеет большое значение при раскрытии закономерностей осадконакопления в современных седиментационных бассейнах.

Основным материалом для данной работы послужили пробы донных осадков, отобранные в научных экспедициях, выполненных ТОИ ДВО РАН в арктических морях в 1999–2009 гг. Для сравнения также были привлечены сведения по минеральному составу осадков изученных морей, опубликованные ранее в ряде работ [7, 16, 19, 20]. Большая часть проб приурочена к приустьевым участкам рек Лены, Колымы, Индигирки, Яны, а также к тальвегам и склонам затопленных палеодолин рек Колымы, Индигирки и Яны (рис. 1). Авторами было выполнено 117 минералогических анализов по стандартной методике [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные данные по минеральному составу донных осадков были обработаны методами многомерной статистики: Q-факторным, кластерным и дискриминантным анализами. По результатам кластерного анализа было выделено 13 минеральных ассоциаций (таблица), распространение которых достаточно наглядно отражает рис. 1.

Ассоциация A_1 с высоким содержанием темных рудных минералов (ильменита, магнетита) и пироксенов, а также группы устойчивых минералов (циркона, сфена, анатаза, рутила) прослеживается на мелководных участках дна в Восточно-Сибирском море вдоль побережья к востоку от Чаунской губы. Близким минеральным составом характеризуется ряд проб из моря Лаптевых, но здесь выше содержание роговых обманок. Не исключено, что на формирование минерального состава осадков внешнего шельфа моря Лаптевых частичное влияние оказали процессы перемыва плейстоценовых отложений, сложенных обломочным материалом выносов р. Хатанги, для которых свойственно повышенное содержание пироксенов и темных рудных минералов [7].

Ассоциации A_2^1, A_2^2 и D_2 могут быть отнесены к минеральным комплексам с повышенным содержанием темных рудных и группы устойчивых минералов. Основное их различие заключается в соотношении ведущих минеральных компонентов (пироксенов, амфиболов, эпидота) (таблица). Наиболее существенным обогащением темными рудными, цирконом, гранатом и сфеном отлича-

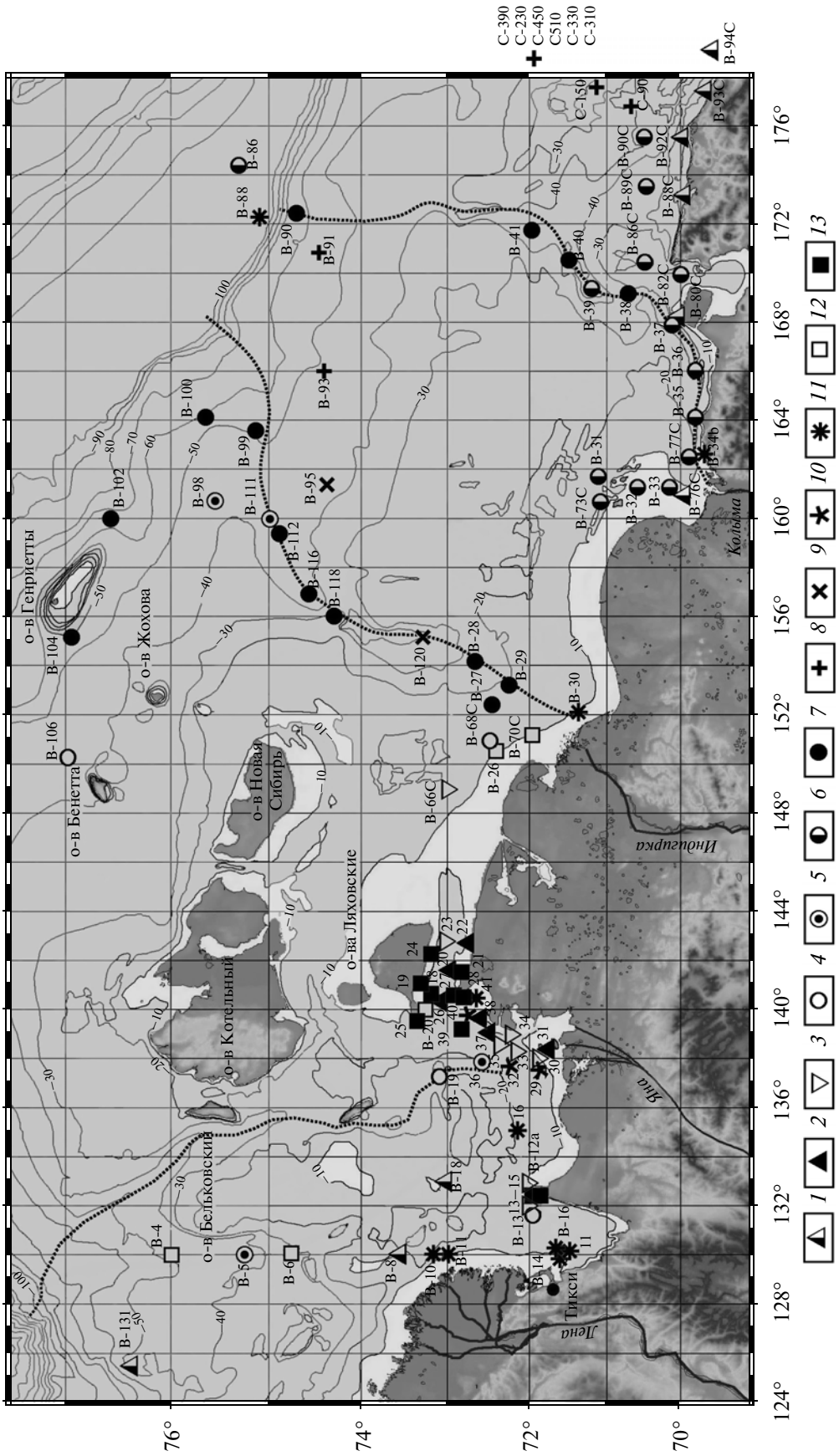
о-в Генриетты
о-в Жохова
о-в Бенетта
о-в Новая Сибирь
о-ва Ляховские
о-в Котельный
о-в Бельковский
Тикси
Лена
Яна
Индигирка
Колыма
124°
128°
132°
136°
140°
144°
148°
152°
156°
160°
164°
168°
172°
176°
76°
74°
72°
70°

Рис. 1. Схема минералогической изученности осадков и минералогические ассоциации, выделенные на основе кластерного анализа.

Минералогические ассоциации: *1* – A_1 (Cpx-Opx-Ilm-Zr-Sph-An-Mgt-Mt-Sid-Py), *2* – A_2^1 (Cpx-Opx-Ilm-Gar-Zr-Sph-An-Mgt-Gmt-Py), *3* – A_2^2 (Ilm-Gar-Zr-Sph-An-Mgt-Leu-Sid-Gmt), *4* – B_1 (Hb-Ep-Cpx-Gar-Zr-Ap-Sph-Sid), *5* – B_2 (Hb-Ep-Cpx-Rf-Ap-Tou-Mt-Ol-Act-Leu-Gmt), *6* – B_3 (Ep-Cpx-Ilm-Ap-An-Chl-Act-Mgt-Leu), *7* – B_4 (Ep-Cpx-Ap-Tou-An-Chl-Act-Leu), *8* – C_1 (Mi-Ep-Rf-Chl-Act-Ap-Tou-Mt-Ca-Sid-Py), *9* – C_2 (Mi-Ep-Ilm-Rf-Ca-Ap-Chl-Act-Py-Sid), *10* – C_3 (Hb-Mi-Rf-Gar-Tou-Br-Gmt), *11* – C_4 (Mi-Hb-Rf-Br-Sid), *12* – D_1 (Hb-Ep-Mi-Opx-Act-Ol), *13* – D_2 (Hb-Rf-Gar-Opx-Br-Ap-Sph-Tou-Mt-Gmt-Py).

Тальвеги затопленных долин рек Яны, Индигирки и Колымы показаны пунктирной линией. Индексы минералов приведены в таблице.

ются ассоциации A_2^2 и D_2. Они весьма компактно локализуются на прибрежном мелководье в восточной части Янского залива и в проливе Дм. Лаптева, а также у побережья м. Святой Нос. Близкий минеральный состав характерен и для проб, отобранных на пляже, приливно-отливной осушке и у подножия термоабразионных уступов на Ляховских островах и прилегающей материковой суше. Обогащение осадков темными рудными и группой устойчивых минералов связано с процессами селективной сортировки обломочного материала волновыми процессами. Не исключено, что этому способствует состав рыхлых четвертичных отложений суши, изначально обогащенных устойчивыми минералами, которые поступают при разрушении термоабразионных берегов.

Ассоциации B_1 и частично B_2 представляют клинопироксен-амфибол-эпидотовый комплекс с относительно повышенным содержанием группы устойчивых минералов. Они распространены спорадически в палеодолинах рек Яны и Индигирки, а также на внешнем шельфе западной части Восточно-Сибирского моря (рис. 1). Близким составом, но с более высоким содержанием роговых обманок, характеризуется ассоциация D_1. Как правило, пространственно они сопутствуют друг другу.

Значительную часть шельфа Восточно-Сибирского моря, прежде всего в пределах палеодолин крупных рек Индигирки и Колымы, занимают осадки с минеральными ассоциациями B_3 и B_4. Примечательно, что для отложений палеодолины р. Индигирки больше характерна вторая ассоциация, а для палеодолины р. Колымы (особенно в ее верхней, мелководной части) – первая. Эта же минеральная ассоциация занимает участки шельфа восточнее Чаунской губы (до глубин 40 м) и в районе о-вов Медвежьих. Основное различие ассоциаций B_3 и B_4 заключается в более высоких содержаниях пироксенов, эпидота и темных рудных минералов в ассоциации B_3, в то время как ассоциация B_4 содержит больше роговых обманок и устойчивых акцессорных минералов (таблица). Характерной особенностью рассматриваемых ассоциаций является относительно повышенный фон содержаний минералов, свойственных древним вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам, затронутым процессами зеленокаменного метаморфизма, в которых кроме пироксенов и темных рудных минералов в значительном количестве присутствуют эпидот, актинолит и хлорит. Подобные породы мелового возраста широко распространены в бассейнах рек Алазеи и Колымы, особенно в ее правобережных притоках – реках Омолон и Анюй.

Значительные площади внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря занимают минеральные ассоциации с повышенным содержанием слюд (ассоциации C_1 и C_2, реже C_4). Ассоциация C_1 широко распространена в восточной части моря вплоть до о. Врангеля[1]. В ее составе выделяется практически тот же относительно повышенный фон содержаний минералов, что и в ассоциациях B_3 и B_4, но он маскируется увеличенным содержанием наиболее динамически подвижных минералов – слюд, хлорита, актинолита (таблица). Как правило, ассоциации этого типа приурочены к тонким алеврито-глинистым осадкам, и они являются хорошим индикатором низкоэнергетических гидродинамических условий осадконакопления. Основной источник поступления слюд связан с разрушением пород метаморфического комплекса и гранитных интрузий в бассейне р. Колымы и Куюльского массива к востоку от Чаунской губы.

Несколько иной состав слюдистых ассоциаций свойственен восточной части моря Лаптевых, приуроченных к конусам выноса р. Лены и Яны. Отличительной их особенностью является повышенный фон (наряду со слюдами) роговых обманок и снижение концентраций пироксенов и эпидота по сравнению с однотипными ассоциациями Восточно-Сибирского моря (таблица). Близкие по составу ассоциации отмечены также в Эбеляхской губе моря Лаптевых и аванделыте р. Индигирки (рис. 1).

[1] На рис. 1 не показаны станции, так как они находятся за пределами схемы.

Средний состав минералогических ассоциаций осадков морей Лаптевых и Восточно-Сибирского

Ассоц.	Cpx	Opx	Hb	Ilm	Br	Rf	Ep	Gar	Zr	Ap	Sph	Tou	An	Chl	Mt	Ol	Act	Mi	Ca	Py	Mgt	Leu	Sid	Gmt
A_1	**13.95**	**10.58**	13.25	**18.73**	0.42	4.62	12.04	5.64	**3.52**	1.48	**1.81**	0.22	**1.63**	0.52	**0.72**	0.07	1.16	1.85	0.00	**0.75**	**4.73**	0.97	**0.25**	0.68
A_2^1	**11.06**	**8.51**	15.41	**17.85**	0.72	4.89	10.46	**9.83**	**4.18**	1.45	**2.43**	0.37	**1.37**	0.49	0.51	0.04	0.99	1.71	0.00	**0.41**	**3.76**	1.38	**0.14**	**1.66**
A_2^2	4.37	3.23	11.13	**25.73**	1.19	5.01	7.65	**15.30**	**7.74**	1.15	**2.38**	0.41	**1.32**	0.39	0.32	0.05	0.45	3.03	0.00	0.19	**4.37**	**2.60**	**0.22**	**1.38**
B_1	**12.78**	3.70	**19.02**	7.15	0.27	4.69	**18.23**	**8.81**	**2.84**	**4.20**	**2.11**	0.46	0.78	0.45	0.14	0.07	1.72	7.09	0.00	0.18	1.63	1.86	**1.09**	0.37
B_2	**13.43**	3.60	**17.40**	6.05	1.95	**8.83**	**15.23**	5.84	2.18	**2.82**	1.17	**0.92**	0.86	1.29	**0.74**	**1.25**	**2.72**	8.13	0.36	0.00	0.75	**2.70**	0.00	**1.05**
B_3	**18.45**	4.32	10.13	**13.45**	0.70	6.43	**20.87**	2.69	1.67	**1.83**	0.55	0.38	**1.11**	**2.45**	0.42	0.20	**2.25**	5.24	0.39	0.20	**2.34**	**3.17**	0.02	0.65
B_4	**13.41**	1.56	16.56	9.23	1.54	7.58	**17.07**	3.59	2.23	**2.97**	0.86	**1.32**	**1.77**	**2.74**	0.40	0.00	**2.11**	8.63	0.38	0.02	0.40	**5.01**	0.00	0.31
C_1	10.41	3.09	11.85	4.08	0.60	**12.41**	**15.91**	2.11	0.86	**2.82**	0.82	**1.07**	0.40	**3.31**	**0.94**	0.27	**3.84**	**19.52**	**2.02**	**0.51**	0.88	1.61	**0.16**	0.29
C_2	9.70	2.29	13.43	**10.49**	2.10	**8.51**	**13.60**	1.85	0.68	**2.36**	0.66	0.66	0.33	**1.98**	0.48	0.00	**2.46**	**18.78**	**5.77**	**0.31**	0.41	1.99	**0.24**	0.42
C_3	6.54	3.92	**18.65**	5.69	**2.62**	**15.44**	8.62	**7.31**	1.35	2.03	1.43	**1.17**	0.85	0.98	0.21	0.07	1.27	**17.48**	0.00	0.00	0.88	1.99	0.07	**1.17**
C_4	8.45	3.56	**18.03**	3.28	**9.81**	**9.06**	8.07	2.88	0.90	1.08	1.34	0.37	0.32	0.64	0.33	0.00	1.51	**26.94**	0.49	0.13	0.49	1.46	**0.37**	0.39
D_1	10.34	**5.26**	**30.10**	4.19	0.80	6.50	**15.16**	4.48	1.28	1.66	1.39	0.57	0.50	0.92	0.44	**0.16**	**2.61**	**9.45**	0.04	0.19	1.03	1.71	0.08	0.85
D_2	8.74	**5.26**	**23.25**	7.24	**4.72**	**8.28**	12.53	7.17	1.85	2.69	**2.63**	**0.89**	0.47	1.05	**1.40**	0.06	1.12	4.40	0.07	**0.30**	1.73	1.49	0.02	**2.23**
Среднее	**10.92**	**4.47**	**16.89**	**10.48**	**2.57**	**7.62**	**13.45**	**6.15**	**2.49**	**2.09**	**1.61**	**0.69**	**0.92**	**1.41**	**0.59**	**0.12**	**1.76**	**9.47**	**0.47**	**0.23**	**1.82**	**2.29**	**0.15**	**1.04**

Примечание. Минералогические ассоциации были выделены на основе кластерного анализа (cos Θ является мерой сходства). Для каждой минеральной ассоциации жирным шрифтом показаны содержания, превышающие среднебассейновые концентрации (среднее содержание для всей изученной выборки). Индексы минералов: Cpx – клинопироксен; Opx – ортопироксен; Hb – сумма буро-зеленой, бурой, зеленой и базальтической роговых обманок; Ilm – ильменит; Br – гидроокислы железа; Rf - обломки пород и трудноопределимые зерна; Ep – группа эпидота-цоизита; Gar – гранат; Zr – циркон; Ap – апатит; Sph – сфен; Tou – турмалин; An – сумма анатаза, брукита, рутила; Chl – хлорит; Mt – группа метаморфических минералов (андалузит, силлиманит, ставролит, кианит); Ol – оливин; Act – актинолит; Mi – сумма слюд; Ca – обломочный карбонат; Py – пирит; Mgt – магнетит; Leu – лейкоксен; Sid – сидерит; Gmt – гематит.

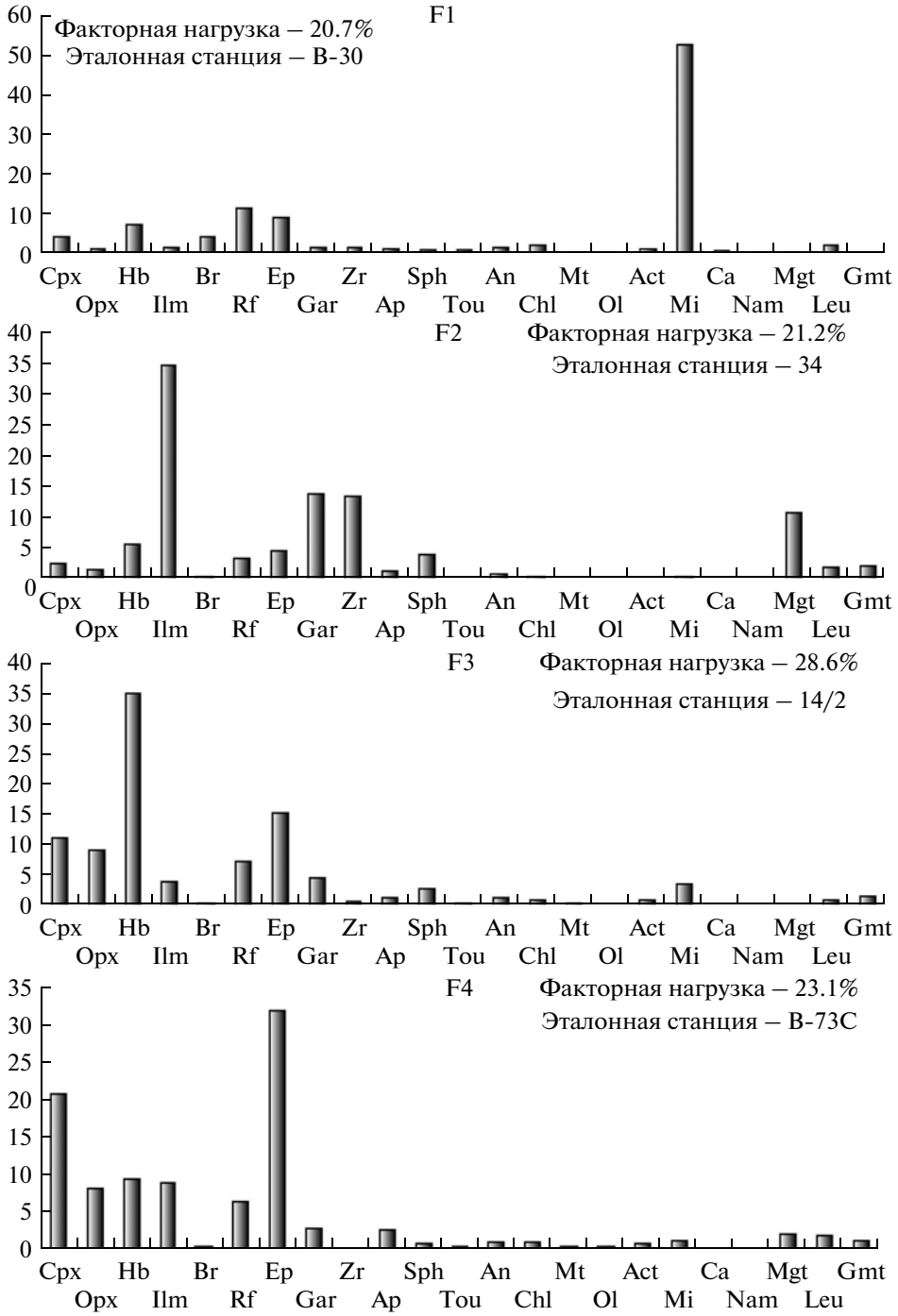

Рис. 2. Минералогический состав эталонных проб по результатам Q-факторного анализа. Индексы минералов приведены в таблице.

Информацию об основных процессах, ответственных за формирование минерального облика осадков, дают результаты факторного анализа (рис. 2, 3), который показал, что 93.6% общей изменчивости минерального состава осадков исследованных районов определяются четырьмя факторами с примерно равным вкладом в суммарную дисперсию (20.7, 21.2, 28.7 и 23.1% соответственно).

Формирование минерального состава осадков обусловлено различными условиями среды осадконакопления. Наиболее важными из них являются региональные особенности (состав пород

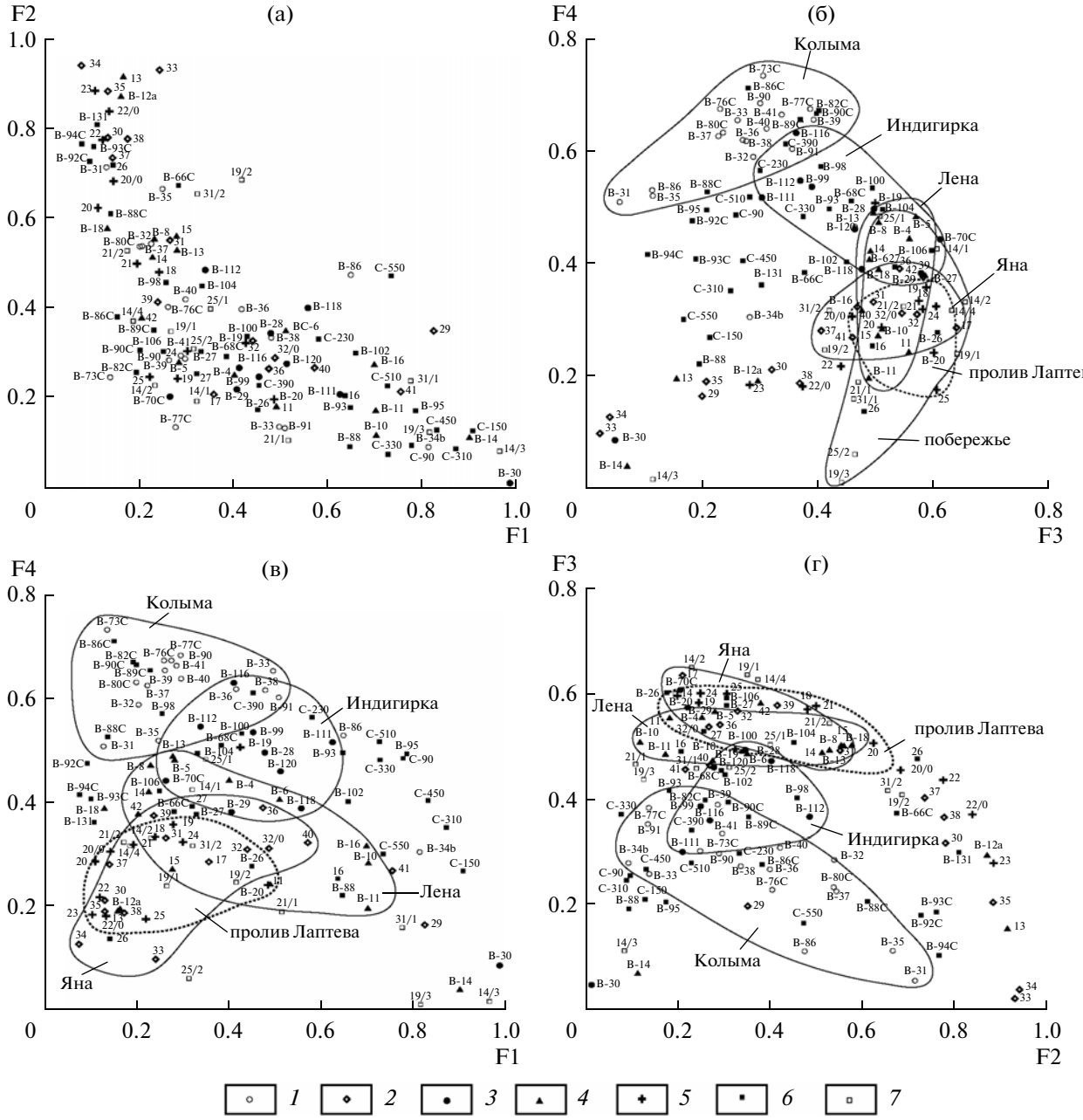

Рис. 3. Положение фигуративных точек минералогического состава осадков в плоскости ведущих факторов (по результатам Q-факторного анализа).

Минералогические ассоциации: *1* – р. Колымы; *2* – р. Яны; *3* – р. Индигирки; *4* – р. Лены; *5* – пролива Дм. Лаптева; *6* – внешнего шельфа; *7* – отложений побережья (пляжа, термоабразионных уступов) о-ва Б. Ляховского и мыса Святой Нос.

Оконтуренные поля объединяют станции со схожим минеральным составом.

питающих провинций) и гидродинамические процессы (ветровое волнение).

Результаты факторного анализа показали, что 1- и 2-й факторы характеризуют гидродинамические процессы. Первый фактор отображает преимущественно слюдистые ассоциации, второй, противоположный по свойствам, характеризует наиболее тяжелые и гидродинамически более стойкие минералы – темные рудные, гранат, циркон, сфен (рис. 2). Рисунок 3а показывает влияние и значимость гидродинамической дифференциации осадков: станции с высокими значениями первого фактора характеризуют наиболее спокойные в гидродинамическом отношении участки дна рассмотренных морей, а высокие значения второго фактора отражают участки дна

с высокой подвижностью вод, где происходит интенсивный размыв и перемыв осадков. Наиболее компактный участок с высокой гидродинамической активностью придонных вод прослеживается в прибрежных районах Янского залива в так называемой зоне преимущественного размыва и перемыва осадков [8, 14]. Аналогичные участки дна отмечаются в проливе Дм. Лаптева и в прибрежной зоне к востоку от Чаунской губы. Локально они развиты на подводных банках в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском.

Региональные особенности являются другим важным свойством среды осадконакопления, поскольку минеральный состав осадков значительно наследует черты состава пород областей сноса, несмотря на некоторое осреднение и упрощение в результате влияния гидродинамики среды осадконакопления. Рисунки 2 и 3 показывают, что региональные отличия вызваны особенностями поступления обломочного материала с прилегающей суши, обусловленные неоднородностью геологического строения и, соответственно, неоднородностью петрографического состава пород областей сноса. Эти особенности характеризуют 3- и 4-й факторы.

Типичными представителями третьего фактора являются эпидот-роговообманковые минеральные ассоциации с относительно повышенным содержанием пироксенов и обломков пород, местами слюд и граната. Область высоких значений (более 0.5) данного фактора прослеживается практически во всей восточной части моря Лаптевых и, частично, в западной части Восточно-Сибирского моря от о-вов Генриетта и Бенетта до устья р. Индигирки.

Четвертый фактор характеризует преимущественно пироксен-эпидотовую ассоциацию с темными рудными минералами и относительно низкими содержаниями роговых обманок. Минеральные ассоциации этого типа распространены в мелководной части Восточно-Сибирского моря и прослеживаются вдоль затопленных палеодолин р. Индигирки и Колымы. Следует отметить, что содержание пироксенов и эпидота (основных индикаторных признаков минеральных ассоциаций этого типа) возрастает в восточном направлении по мере увеличения в петрофонде питающих провинций прилегающей суши доли вулканогенных пород. Эти наблюдения согласуются с опубликованными ранее данными [7, 19].

Учитывая наметившиеся региональные различия в составе минеральных комплексов осадков, которые отражают 3- и 4-й факторы, на рис. 3 по комбинации фигуративных точек (несмотря на некоторое перекрытие), выделяется ряд полей, свойственных разным типам питающих провинций. Так как большинство изученных станций приурочено к затопленным палеодолинам рек, можно наметить определенный тренд, отражающий минеральный состав, свойственный обломочному материалу выносов рек Яны, Индигирки и Колымы

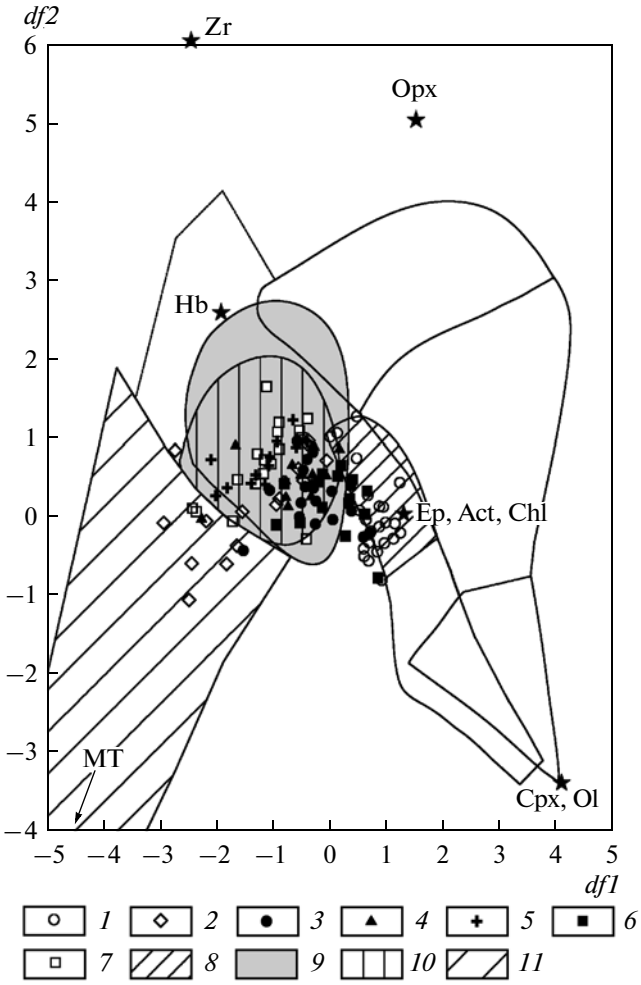

Рис. 4. Индикационная литогеодинамическая диаграмма зависимости состава ассоциаций тяжелых минералов от геотектонического положения бассейна осадконакопления (построена в плоскости 1- и 2-й дискриминантных функций) [5].

1–7 – минералогические ассоциации: *1* – р. Колымы; *2* – р. Яны; *3* – р. Индигирки; *4* – р. Лены; *5* – пролива Дм. Лаптева; *6* – внешнего шельфа; *7* – отложений побережья (пляжа, термоабразионных уступов) о-ва Б. Ляховского и мыса Святой Нос;

8–11 – поля локализации фигуративных точек ассоциаций тяжелых минералов, примыкающих к различным типам геодинамических обстановок: *8* – мезо-кайнозойским окраинно-континентальным вулканическим поясам, *9* – районам древней докембрийской складчатости с преимущественным развитием осадочных и гранитно-метаморфических пород, *10* – древним кратонам и срединным массивам докембрийского возраста, сложенным гранитно-метаморфическими породами, *11* – древним платформам.

Звездочками показано положение гипотетических точек с максимальным (100%) проявлением минеральных парагенезов (индексы минералов см. в таблице).

(рис. 3б–3г). Имеющиеся данные по минеральному составу отложений в устьях рек Лены и Яны [16] не противоречат этому. Некоторый разброс фигуративных точек выделенных минеральных ассоциаций, как отмечалось выше, обусловлен процессами минералогической дифференциации обломочного материала по плотности и миграционной способности в зависимости от интенсивности проявления гидродинамики придонных вод (рис. 3в, 3г). Для сравнения на графики вынесены также точки, характеризующие минеральный состав отложений пляжа, осадков пролива Дм. Лаптева и участков шельфа, расположенных за пределами затопленных палеодолин. Как видно из приведенных рисунков, состав отложений пляжа у основания термоабразионных уступов и пролива Дм. Лаптева весьма близок минеральному составу авандельты р. Яны. Вероятно, основное влияние на минеральный состав отложений этой части моря Лаптевых оказывали ее выносы.

Дополнительную информацию об источниках обломочных минералов дают индикационные литогеодинамические диаграммы (рис. 4). При их построении за основу был взят метод дискриминантного анализа, что позволило выявить в пространстве, определенном расчетными дискриминантными функциями, ряд полей с ассоциациями тяжелых минералов, которые характеризуют осадки, накапливающиеся в определенных структурно-тектонических (геодинамических) обстановках. Эти диаграммы были разработаны авторами и описаны ранее в ряде публикаций [4, 5, 18]. Результаты анализа позволили выявить определенные тенденции во взаимосвязи ассоциаций тяжелых минералов с геоструктурной позицией бассейнов осадконакопления.

Анализ диаграммы, построенной в плоскости первой и второй дискриминантных функций, показал, что в пределах изученных бассейнов обособляются участки, в осадки которых терригенный материал поступает из различных источников. Обращает на себя внимание тот факт, что большая часть минеральных ассоциаций локализуется в полях, характеризующих зрелую континентальную кору (рис. 4). Главная роль в минеральных комплексах принадлежит буро-зеленым и зеленым роговым обманкам, эпидоту, в меньшей степени – группе акцессорных минералов гранитно-метаморфических пород. В зависимости от их соотношения выделяются два перекрывающих друг друга поля, свойственные с одной стороны древним складчатым областям с преобладанием в их петрофонде гранитно-метаморфических и осадочных пород, а также их производных, с другой стороны – кратонам древних платформ докембрийского возраста. В этих полях группируются минеральные ассоциации рек Лены, Индигирки и внешнего шельфа, при этом ареал рассеяния сдвинут в сторону минералов эпидот-хлоритовой группы. Наличие в области сноса в районе реки Индигирки вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород выразилось на графике группированием части точек на границе с полем окраинно-континентальных вулкано-плутонических поясов, что обусловлено увеличением количества пироксенов в осадках. Минеральные ассоциации, характерные для выносов реки Колымы, группируются в поле окраинно-континентальных вулкано-плутонических поясов. Некоторое возрастание количества сиалических минералов при относительно высоких содержаниях пироксенов и сильный тренд в сторону эпидотовой группы минералов – типичных представителей метаморфических пород фации зеленых сланцев – характерны для них.

Выносы реки Яны попадают в область перекрытия двух полей: кратонов древних платформ докембрийского возраста и областей древней консолидации. В их составе доминирует группа наиболее устойчивых к физико-химическому выветриванию минералов гранитно-метаморфических пород. Образование их произошло в результате глубокой дифференциации обломочного материала по гидравлической крупности.

Если минеральные ассоциации Лены, Индигирки и внешнего шельфа группируются практически на границе двух полей, что свидетельствует о неоднородном источнике обломочного материала, то ассоциации, свойственные прибрежным участкам о-вов Ляховских и мыса Святой Нос, а также проливу Дм. Лаптева, располагаются довольно компактно в центре поля кратонов древних платформ докембрийского возраста, характеризующего гранитно-метаморфические комплексы пород.

Таким образом, основными поставщиками обломочного материала в Восточно-Сибирское море являются древние метаморфизованные и вулканогенно-осадочные породы, в то время как в море Лаптевых в основном поступает материал, свойственный гранитно-метаморфическим комплексам щитов и древних складчатых областей.

Поскольку район исследований находится в пределах арктического бассейна, очевидным становится также вопрос о влиянии климатического фактора на формирование минерального состава морских осадков. Достаточно уверенно климатическая зональность отражается в поставке и распределении глинистых минералов [9, 11]. Однако роль климата в формировании состава минеральных ассоциаций обломочной части морских осадков (песчано-алевритовых фракций) не столь значима [3, 5, 17, 18].

Обломочный осадочный материал поступает в рассмотренные моря в основном с твердым речным стоком, в процессе абразии, в меньшей мере – в результате склоновых процессов и подводной эрозии. Важным источником его поступ-

ления и транзита в морях арктического и субарктического поясов являются припайные и, в меньшей мере, донные льды прибрежного мелководья. Анализ полученных данных свидетельствует, что специфика приконтинентального седиментогенеза, включая арктические области, характеризуется преимущественно терригенной направленностью (преобладают терригенные обломочно-глинистые осадки). Неотектонические поднятия окружающей суши, а также тектоническая активизация древних орогенных областей и платформ обусловили преимущественно горный характер территории водосборов. В результате интенсивный эрозионный врез способствовал поступлению в бассейны морей свежего, мало измененного процессами выветривания обломочного материала. Ландшафтно-климатические условия не способствовали значительной трансформации исходного минерального состава, свойственного породам петрофонда питающих провинций. Особенно наглядно это проявилось при сравнении минеральных ассоциаций бассейнов разных климатических зон [4, 17, 18], в результате чего выяснилось, что по количественному содержанию устойчивых минералов многие участки арктических морей сопоставимы с районами умеренного и тропического поясов.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты минералогических исследований позволили показать различие в минеральном составе осадков изученных морей восточной Арктики. Осадки Восточно-Сибирского моря подвержены влиянию материала, поступающего при разрушении древних вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород. Основными источниками поставки обломочного материала на изученный участок моря Лаптевых являются широко развитые на прилегающей суше рыхлые четвертичные отложения, а также обнажающиеся в южной части о-ва Б. Ляховский и на мысе Св. Нос гранитно-метаморфические и вулканогенные породы. Влияние выносов наиболее крупных рек региона прослеживается вдоль реликтов палеодолин, затопленных в ходе голоцен-плейстоценовой трансгрессии моря, вплоть до внешнего шельфа.

Большое значение на формирование минерального состава осадков оказывают гидродинамические факторы среды осадконакопления. Зоны обогащения устойчивыми минералами установлены в ряде районов прибрежного мелководья и в узостях проливов. Значительные пространства внешнего шельфа занимают минеральные ассоциации с высокими концентрациями слюд, что свидетельствует об ослабленной гидродинамике вод на этих участках дна. Высокие концентрации слюд отмечаются также в приустьевых участках практически всех крупных рек региона.

Анализ полученных данных по минеральному составу современных морских осадков разных климатических поясов показал, что климатический фактор не искажает специфику ассоциаций тяжелых минералов, свойственных петрографическим комплексам пород питающих провинций, т.е. на первый план выходит влияние других факторов кластогенеза – прежде всего, структурно-тектонические особенности (геодинамическая позиция) бассейнов осадконакопления с характерными для них петрографическими комплексами пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бергер М.Г.* Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 226 с.
2. *Вийдинг Х.А.* Роль различных факторов в формировании и эволюции осадочных пород на древних платформах // Обстановки осадконакопления и их эволюция. М.: Наука, 1984. С. 94–103.
3. *Деркачев А.Н.* Минералогические особенности окраинно-морского седиментогенеза (на примере Японского моря). Владивосток: Дальнаука, 1996. 222 с.
4. *Деркачев А.Н., Лихт Ф.Р., Николаева Н.А., Уткин И.В.* Структурно-минералогические компоненты осадков как индикаторы обстановок приконтинентального осадкообразования // Дальневосточные моря России. Кн. 3. Геологические и геофизические исследования. М.: Наука, 2007. С. 392–418.
5. *Деркачев А.Н., Николаева Н.А.* Минералогические индикаторы обстановок приконтинентального осадкообразования западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2010. 320 с.
6. *Емельянов Е.М.* Минералогический состав осадков Средиземного моря // Океанол. исследования. М.: Сов. Радио, 1979. № 26. С. 61–108.
7. *Кошелева В.А., Яшин Д.С.* Донные осадки арктических морей России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.
8. *Лапина Н.Н.* Определение путей разноса осадочного материала по результатам изучения минерального состава морских отложений (на примере моря Лаптевых) // Ученые записки (НИИ геологии Арктики). 1965. Вып. 7. С. 139–157.
9. *Лисицын А.П.* Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978. 392 с.
10. *Лисицын А.П.* Источники, закономерности подготовки, транспортировки и отложения минералов в океанах // Геология океана. Осадкообразование и магматизм океана. М.: Наука, 1979. С. 163–174.
11. *Лисицын А.П.* Процессы терригенной седиментации в морях и океанах. М.: Наука, 1991. 271 с.
12. *Мурдмаа И.О.* Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.
13. *Мурдмаа И.О., Серова В.В., Лисицын А.П., Емельянов Е.М.* Обломочные терригенные и вулканоген-

ные минералы песчано-алевритовой фракции // Геология океана. Осадкообразование и магматизм океана. М.: Наука, 1979. С. 180–198.

14. *Николаева Н.А., Дударев О.В.* Минералогический состав поверхностных осадков юго-восточной части моря Лаптевых // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 25–29.

15. *Петелин В.П.* Минералогия песчано-алевритовых фракций осадков Охотского моря // Тр. ИО АН СССР. 1957. Т. 22. С. 77–138.

16. *Behrends M., Hoops E., Peregovich B.* Distribution patterns of heavy minerals in Siberian Rivers, the Laptev Sea and the Eastern Arctic Ocean: an approach to identify sources, transport and pathways of terrigenous matter // Land-Ocean system in the Siberian Arctic: dynamic and history. Berlin: Springer-Verlag, 1999. P. 265–286.

17. *Derkachev A.N., Nikolaeva N.A.* Associations of heavy minerals in sediments of western part of South China Sea // Geol. Pacific Ocean. 1999. V. 14. P. 503–534.

18. *Derkachev A.N., Nikolaeva N.A.* Multivariate analysis of heavy mineral assemblages of sediments from the marginal seas of the Western Pacific // Developments in Sedimentology. 2007. V. 58. P. 483–510.

19. *Naugler F.P., Silverberg N., Creager J.S.* Recent sediments of the East Siberian Sea // Marine geology and oceanography of the Arctic Seas. N.Y.: Springer-Verlag, 1974. P. 191–210.

20. *Peregovich B., Hoops E., Rachold V.* Sediment transport to the Laptev Sea (Siberian Arctic) during the Holocene – evidence from the heavy mineral composition of fluidal and marine sediments // BOREAS 28. 1999. P. 206–211.

Features of Mineral Composition of Deposits from the Shelf of East Part of the Laptev Sea and the East-Siberian Sea

N. A. Nikolaeva, A. N. Derkachev, O. V. Dudarev

The mineral composition of heavy fraction for surficial sediments from the Laptev and the East-Siberian seas is studied. On the basis of generalization of the received data with the use of methods of multivariate statistics, the basic associations of the heavy minerals which have revealed regional differences in the composition of sediment mineral complexes are settled out. The main processes responsible for formation of mineral shape of studied basins are defined. Certain tendencies in interrelation of heavy mineral associations with a geostructural position of sedimentary basins are revealed.