

А. Н. Деркачев

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ ОСАДКОВ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Рассмотрен минералогический состав тяжелой подфракции крупноалевритовой размерности из осадков Японского моря. Выделено 9 минералогических провинций, из них 7 — терригенных и 2 — вулканогенных. На основе методов корреляционного и факторного анализов выявлены парагенетические ассоциации минералов провинций, дана их интерпретация, установлены источники поступления обломочного материала. Определена зависимость содержания минералов от глубины бассейна и удаленности от континентальных и островных питающих провинций. Вулканокластическая составляющая в осадках распознается по специфическим минеральным ассоциациям, характеру корреляционных связей с глубиной моря и структурными параметрами осадков, типоморфизму минералов.

**Введение.** Исследования минерального состава отложений в различных типах седиментационных бассейнов привлекают все более пристальное внимание, ибо являются основой раскрытия эволюции осадочного процесса бассейнов осадко- и породообразования, способствуют выяснению закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых [3, 20, 29]. При этом важным объектом изучения, в достаточной мере еще не исследованным, выступают переходные зоны между крупными морфоструктурами Земли — континентами и океанами, и в частности, бассейны окраинных морей.

Первые работы по минералогии осадков Японского моря принадлежат Д. Е. Гершановичу [8] и А. И. Пахомовой [23]. Последующие исследования проводились в основном на небольших участках прибрежного мелководья и в отдельных бухтах и заливах южного и юго-восточного Приморья, Татарском проливе [6, 12—17, 25, 26]. Изучен минеральный состав осадков залива Исикари, южно-корейского шельфа и Цусимской котловины, пролива Оки [34, 37, 45].

Однако имеющиеся отрывочные сведения не раскрывают целостной картины формирования минерального состава осадков окраинно-морского седиментационного бассейна. В данном сообщении приводятся сведения о составе минералогических провинций Японского моря и характерные особенности образования минеральных ассоциаций (МА).

**Материал и методика исследования.** В основу работы положены результаты минералогического анализа по 355 станциям, выполненного автором, а также анализы ПО Приморгеология\* и ДВГИ ДВО РАН\*\* проб из осадков шельфа Приморья и Татарского пролива. Кроме того использованы все доступные литературные данные по количественному минеральному составу поверхностного слоя (0—10 см) осадков [37, 45]. В общей сложности при построении схем распределения минералов и статистических расчетах использованы 944 минералогических анализа\*\*\* (рис. 1).

Минеральный состав фракции крупноалевритовой размерности (0,1—0,05 мм) изучался иммерсионным методом по общепринятой методике [24]. Для получения сопоставимых данных из общей суммы исключались трудноопределимые измененные зерна и обломки пород, аутигенные и рудные минералы (ильменит, гематит, лейкоксен, пирит, гидрокислы железа и марганца, глауконит, коллофан, вивианит). Сумма прозрачных кластогенных минералов принималась за 100 % и соответственно пересчитывалось содержание каждого минерала.

\* Аналитики М. П. Тарышкина, В. П. Таланова, М. Ф. Остащенко, В. А. Соколина.

\*\* Аналитики В. И. Тихонова, В. Ф. Игнатова.

\*\*\* Нумерацию станций, их положение, состав осадков см. в работе [27].

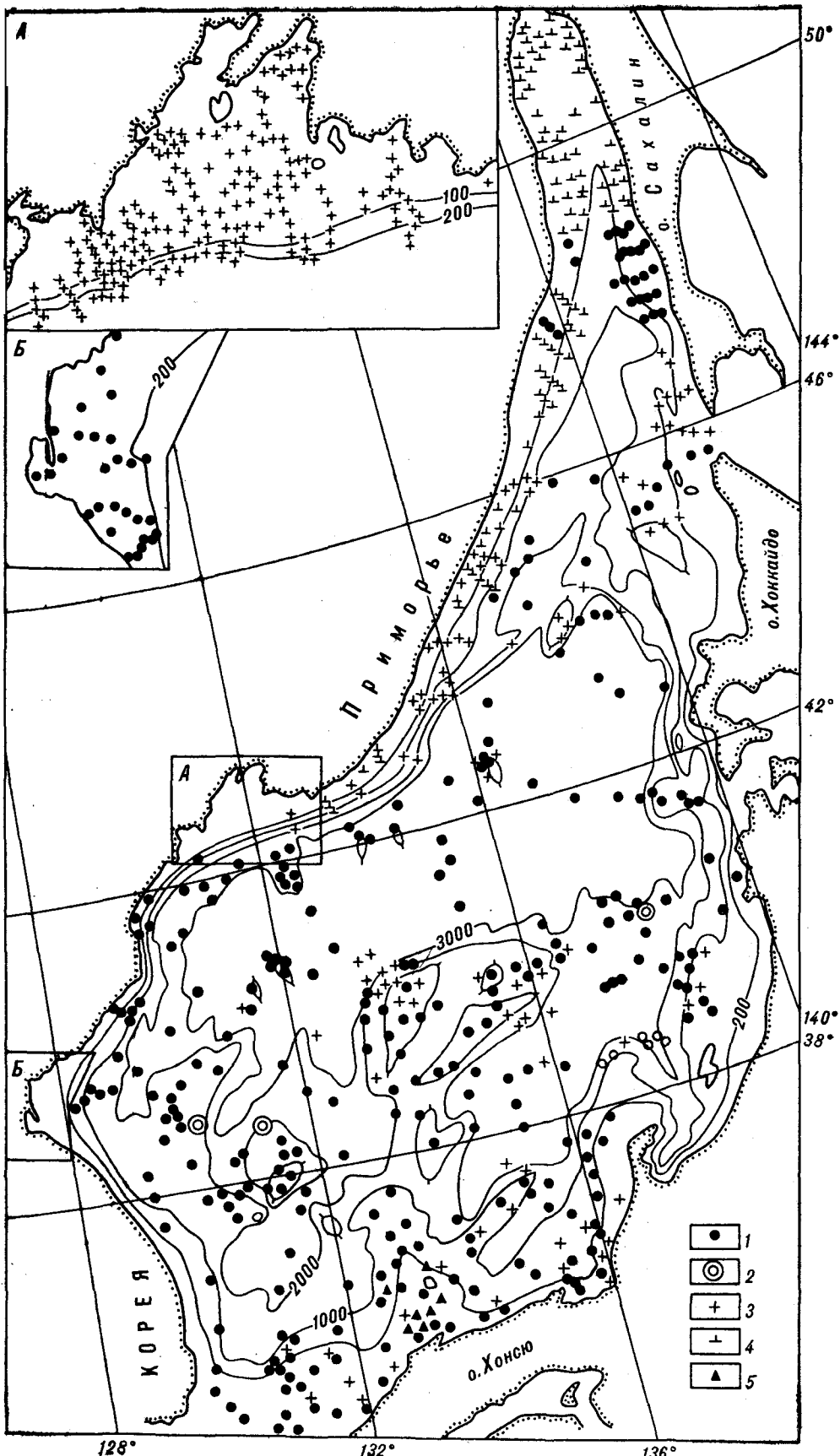
Основным методическим подходом при выяснении закономерностей формирования минералогических ассоциаций, наряду с традиционным методом сопоставления схем распределения минералов, явился анализ парагенетических связей минералов с использованием методов многомерной статистики [30, 31, 36, 48]. Выявлены корреляционные связи содержания минералов в зависимости от глубины бассейна и удаленности от континентальных и островных питающих провинций. При выяснении закономерностей формирования минеральных ассоциаций осадков в зависимости от состава источников сноса, условий осадконакопления и свойств самих минералов одной из основных задач является установление территориально обособленных терригенно-минералогических провинций [2]. Группирование станций по набору минералогических компонентов нами проводилось на базе кластерного анализа. Результаты вычислений были представлены в виде дендрограмм, по которым проводилось объединение станций с близким минеральным составом, а по значениям коэффициентов корреляции выделены группы и подгруппы, соответствующие провинциям и подпровинциям. Дополнительно, для уточнения положения границ выделенных провинций и выяснения общих закономерностей изменчивости минерального состава каждой из них, применялись Q- и R-методы факторного анализа. Название минеральных комплексов провинций дано в соответствии с количественным соотношением минералов (при средних содержаниях более 10 %). Характерные особенности минеральных ассоциаций, особенно при близких содержаниях ведущих компонентов, достаточно эффективно отображаются по значениям коэффициентов концентрирования ( $K_k$ ) [33], на основе которых составлены индексы (формулы) провинций (табл. 1).

В качестве основы корреляционного, факторного и кластерного анализов были использованы программы, опубликованные Дж. Девисом [9]. Автор выражает признательность Ю. И. Коновалову за помощь, оказанную при отладке программ.

В Японском море нами выделено девять минералогических провинций, которые подразделены на ряд подпровинций (рис. 2). К терригенным (ТМА) отнесены Восточно-Приморская, Южно-Приморско-Корейская, Юго-Западного Хонсю (Санъин), Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская, Александровская, а к типично вулканогенным (ВМА) — Центрально-Японская и Уллындо. Специфичен состав минеральных ассоциаций подводных возвышенностей северо-западной части моря и возвышенности Ямато, для которых поставщиком обломочного материала являются коренные породы дна (эдафогенный фактор) и, отчасти, вулканокластика.

**Характеристика провинций.** Восточно-Приморская провинция включает шельф, материковый склон, его подножье от м. Мапаца (южнее г. Советская Гавань) до м. Поворотный, а также восточную часть залива Петра Великого. Провинция относится к роговообманково-пироксен-эпидотовой ассоциации. В ее составе резко преобладают пироксены (преимущественно клинопироксены) и эпидот, соответственно в среднем 35,4 и 45 % ( $K_k > 1,1$ ). Большинство минералов значимых корреляционных связей с глубиной моря не обнаруживают. Отрицательная корреляция с глубиной выявлена лишь для выхода тяжелой подфракции и турмалина. Для провинции характерно постепенное увеличение количества пироксенов, темных рудных минералов и убывание роговых обманок и эпидота с юга на север, что позволило выделить две подпровинции — Кузнецовскую и Юго-Восточную (см. рис. 2, табл. 2). Аналогичное распределение вышеупомянутых минералов отмечается также в выносах рек Восточного Приморья.

Как следует из факторной модели, наибольшее влияние на формирование минерального состава осадков провинции оказали источники обломочного вещества. Так, на графике факторных нагрузок, построенном в плоскости главных факторов, наблюдается резкое противопоставление ведущих компонентов минеральных ассоциаций провинций: с одной стороны, пироксенов — преобладающих темноцветных минералов пород Вос-



точно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса, а с другой — эпидота и роговых обманок, свойственных гранитоидам и метаморфитам (рис. 3, а). Подобное распределение минералов нашло отображение в разобцении минеральных ассоциаций Кузнецовской и Юго-Восточной подпровинций на графике факторных значений (рис. 3, б). Продукты разрушения метасоматитов и пород низких ступеней метаморфизма, сопряженных с Восточно-Сихотэ-Алинским вулканическим поясом, в осадках шельфа Восточного Приморья прослеживаются по парагенезам эпидот — анатаз, хлорит — эпидот — метаморфические минералы, хлорит — актинолит — слюды.

Следует отметить, что наличие корреляционных связей между минералами с различной плотностью, отсутствие значимой корреляции большинства из них с глубиной моря, установление в осадках парагенезов минералов, свойственных коренному петрофонду областей питания могут свидетельствовать о слабой дифференциации поступающего в море обломочного материала. Более интенсивно процесс минералогической сепарации выражен в осадках восточной части залива Петра Великого, где намечается относительное обособление группы устойчивых минералов, приуроченных к реликтовым осадкам внешнего шельфа. На формирование минерального состава осадков восточной части залива Петра Великого, как показал анализ схем распределения минералов и их парагенезов, существенное влияние оказали породы Восточно-Сихотэ-Алинской питающей провинции.

Южно-Приморско-Корейская провинция охватывает обширные районы западной части Японского моря от залива Петра Великого до Корейского пролива, включая прилегающие возвышенности Первенца (юго-западный склон), Гебас, Кольцо, Восточно-Корейскую. В зависимости от количественного соотношения преобладающих минералов провинция разделена на шесть подпровинций: Уссурийского залива, Туманган-Южно-Приморскую, Восточно-Корейскую, Восточно-Корейской возвышенности, Слюдистую и Корейского пролива. В целом, минеральные комплексы провинции характеризуются преобладанием роговых обманок — до 98,2 % (в среднем 35,3 %), слюд — до 82,7 % (13,2 %) и повышенным содержанием устойчивых минералов — до 28 %. Содержание эпидота, пироксенов составляет в среднем 18,2 и 12,2 %. Наибольшим постоянством в распределении отличаются роговые обманки и эпидот. Большинство же других минералов распределены весьма неоднородно.

Значительная группа минералов, производных гранитно-метаморфических пород, обнаруживает тенденцию к накоплению. К ним относятся (расположены в порядке уменьшения  $K_n$ ) метаморфические минералы, кальцит, роговая обманка зеленая и буро-зеленая, актинолит, слюды, турмалин, сфен, гранат. Часть из них содержится в количествах, превышающих среднебассейновые в 2—2,6 раза (см. табл. 1).

Обратную корреляцию с глубиной моря обнаруживают зеленая роговая обманка, актинолит, турмалин, гранат, метаморфические минералы и циркон, что является следствием их накопления вблизи источников сноса. Противоположно сведение клинопироксенов и слюд, для которых характерно увеличение содержаний с глубиной моря. Источником клинопироксенов, отрицательно связанных с большинством минералов, являются в основном эффузивно-пирокластические породы о. Уллындо и небольших подводных гор вулканического происхождения, а также пирокластита вулканов Уллындо и Пектусан (поставка щелочных пироксенов) [10]. Вулканогенная составляющая в составе ТМА провинции фиксируется по парагенезам, образованным клино- и ортопироксенами, бурой и базальтической роговой обманкой, биотитом и апатитом. Ассоциация с вулканогенной составляющей тяготеет к районам, прилегающим к

Рис. 1. Схема минералогической изученности осадков Японского моря.

Анализ выполнены: 1 — автором, 2 — то же, группа станций, 3 — ПО Примергеология, 4 — ДВГИ ДВО РАН, 5 — данные К. Ваик et. al. [34].

## Индексы минералогических провинций осадков Японского моря по значению коэффициентов концентрирования (Кк)

Провинция, подпровинция	Индексы провинций
1	2
Восточно-Приморская (I)	[Ep] Px An Ap Tou Zi; Hb Sph Chl Gar MT OI Mi Act Ca
Кузнецовская (Ia)	Ep Px Ap Sph Zi Tou; An MT Chl Hb OI Mi Ca Act
Юго-Восточная (Iб)	[Ep] An Ap Px Zi Chl Hb Tou; Gar MT Sph Mi Act OI
Южно-Приморско-Корейская (II)	MT Ca gHb Act cMi Tou Sph Gar gMi bMi bgHb Ep Zi An Ap bHb Chl; Cpx NaAm Ort NaPx OI OHb Ba
Туманган-Южно-Приморская (IIa)	[bgHb] Ep Sph Act Chl An gHb Zi Ap Cpx bHb Gar gMi; Opx bMi NaAm Tou OI MT OHb
Уссурийского залива (IIб)	MT Hb Gar Px Ep; Zi Ap Sph Tou OI An Act Mi
Восточно-Корейская (IIв)	[MT Act gHb Tou Gar Sph] bMi Ca Zi bHb Ep bMi An Chl gMi; Cpx OI NaAm Opx NaPx OHb Ba
Слюдистая (IIг)	[cMi Ca gMi Ap] gHb Act Sph Hb bgHb Tou bHb Ep Gar NaPx MT; Chl An Cpx OHb Opx NaAm
Восточно-Корейской возвышенности (IIд)	Ca Tou Sph NaAm gMi Gar MT bHb Chl Zi Ap An Ep bgHb gHb Act Opx OI Cpx gMi bMi NaPx; Ba OHb
Корейского пролива (IIе)	[gHb Tou] Gar An Ep bgHb Sph Ca Zi Act Ap Chl bHb Opx; OHb MT gMi Cpx bMi cMi NaPx
Санъин (III)	[OHb] bgHb Opx Ca Zi bHb Ap gHb Ep Chl An Gar bMi gMi; Tou Sph Cpx OI Act MT cMi
Вакаса (IIIa)	[OHb Opx] Zi bHb Chl bgHb Cpx Ap Ca An Ep Gar Sph; bMi Act cMi OI Tou MT

о. Уллындо (подпровинция Восточно-Корейской возвышенности) и восточной части Корейского пролива.

Наибольший вклад в образование минеральных ассоциаций провинции вносят минералы, производные гранитно-метаморфических пород (циркон, сфен, турмалин, зеленая роговая обманка, анатаз, рутил, метаморфические минералы, актинолит), ассоциации которых отмечаются

Оки (IIIб)

Восточной части Корейского пролива (IIIв)

Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская (IV)

Северо-Западного Хонсю (IVа)

Китаоки-Оки (IVб)

Осима — Окусири (IVв)

Совганская (IVг)

Центральной части Татарского пролива (IVд)

Ламанон-Прибрежная (IVе)

Делангли (IVи)

Монерон-Ребунская (IVк)

Возвышенностей северо-западной части моря (V)

Центрально-Япономорская (IV)

[ОНб bgНб] Оpx

bНб Ap Ep Ol An gMi bMi Cpx gHb Zi; Chl cMi MT Gar Sph Ca Ba NaAm Na Px

bgHb Ohb gHb Ap Ep Tou Gar An

Zi Sph Chl Opx bMi MT bHb; Ca Act Cpx cMi NaAm Ol

[Opx] Cpx Ap OHb Ca

bHb An NaAm Chl Ep bgHb; Zi Sph NaPx gMi Ol Gar bMi Ba Act Tou MT cMi

[Opx bHb OHb] Cpx

Ap Ol bgHb gHb bMi; Ca Zi Ep Tou Sph gMi Gar Act An cMi Ba

[Ol Cpx NaAm] OHb bHb

Va NaPx Opx Ap bMi Chl; bgHb Ep gMi Zi Sph gHb cMi Act Tou Gar An Ca

[Px] Tou Sph Gar

Zi Ep; Ap Hb Mi Chl An MT Ca

[An Zi Gar Chl Tou] Sph Px Ap Ca Ep; Hb Act Mi NaAm MT

Ca [An Gar Sph Px] Chl Zi Tou; Mi Ep Hb Act

[An Zi Gar Sph Chl Ap Tou] Px Ca Ep; Mi NaAm Act Hb

Px

Chl An Zi Gar; Ap Hb NaAm Sph Ca Mi Act

[Ep Ca] Ol Chl An Act

Px Ap Sph Zi Hb; NaAm Gar Mi Tou MT

[NaAm NaPx Cpx] Ap OHb Ol

bMi bHb Act An Chl Ca gMi; cMi Ep Sph Zi bgHb Gar Tou Opx gHb

в ведущих факторах с максимальным вкладом в суммарную дисперсию. Участки дна, где процессы гидродинамики привели к значительному преобразованию исходного обломочного вещества, имеют ограниченное распространение и приурочены к широкому шельфу заливов Восточно-Корейский, Петра Великого и Корейскому проливу (см. рис. 2). Минералогическая дифференциация обломочного вещества отразилась на об-

1	2
Ямато (VII)	Er NaPx gMi Ba NaAm Ca Chl Ap bgHb cMi Zi Sph; Act Gar Tou OHb OI gHb MT
Уллыдо (VIII)	[NaPx bMi bHb] Ap OHb cMi Crx gMi Ba Opx Tou Sph Ca bgHb; Er Act Gar MT An gHb Chl Si OI NaAm
Александровская (IX)	Er Ap Mi [Sph Gar Tou] Hb Zi An Px MT Act OI

Примечание. Индексы провинций: в числителе — минералы с содержанием выше средн.бассейновых ( $K_K > 1,1$ , в квадратных скобках  $K_K > 2,0$ ), в знаменателе — минералы с содержанием ниже средн.бассейновых ( $K_K < 0,9$ , точка с запятой выделяет значения  $K_K = 0,5-0,9$ ). Минералы, стоящие перед дробью, имеют значения  $K_K = 0,9-1,1$ . Сокращения минералов: Px — группа пироксенов, Crx — клинопироксен, Opx — ортопироксен, NaPx — щелочной пироксен, Hb — группа амфиболов, bgHb — буро-зеленая роговая обманка, gHb — зеленая и голубовато-зеленая роговая обманка, bHb — бурая роговая обманка; OHb — базальтическая роговая обманка, Act — актинолит — тремолит, NaAm — щелочной амфибол, Er — эпидот, цоизит, Gar — гранат, Zi — циркон, Ap — апатит, Sph — сфен, Al — анатаз, брукит, рутил, Tou — турмалин, Chl — хлорит, MT — группа метаморфических минералов (силлиманит, ставролит, андалузит, корунд), OI — оливин, MI — слюды, cMi — слюда бесцветная, gMi — слюда коричневая, Ca — кальцит, Ba — барит.

разовании парагенезов минералов с высокой плотностью и устойчивостью (циркон, ильменит, рутил, анатаз, турмалин, гранат, иногда сфен), которым противопоставляются минералы с меньшей устойчивостью и высокой транспортабельностью. Ассоциации устойчивых минералов обычно прослеживаются в виде узких полос и пятен, приуроченных в основном к реликтовым, хорошо отсортированным осадкам внешнего шельфа, фиксирующим положение древних береговых линий [27].

Независимое положение и отрицательные корреляционные связи с большинством минералов обнаруживают слюды, максимальное скопление которых приурочено к подножию материкового склона Кореи и периферийным участкам глубоководных котловин (Слюдистая подпровинция). На этих же участках дна установлены высокие скорости осадконакопления [27].

Провинция Юго-Западного Хонсю (Сангин) занимает районы, прилегающие к юго-западному побережью о. Хонсю до залива Вакаса: островной шельф и склон, возвышенность Оки, котловины Оки и, частично, Хонсю. Близкие по составу осадки развиты локально в подводной долине Тояма, на северо-западном склоне возвышенности Садо и в районе о. Кюроку. Минеральная ассоциация провинции представлена преимущественно роговыми обманками — до 84,7 % (45,21 %), среди которых преобладают буро-зеленые разности (32,78 %), гиперстеном — до 54,8 % (14,1 %), клинопироксеном — до 34,9 % (10,0 %) и эпидотом — до 45,9 % (16,09 %). Облик провинции определяют базальтическая ( $K_K = 3,5$ ) и

буро-зеленая ( $K_K = 1,89$ ) роговые обманки, гиперстен ( $K_K = 1,87$ ). Анализ факторной модели осадков провинции свидетельствует о слабой дифференциации обломочного материала по гидравлической крупности. Однако в проливе Оки процесс минералогической сепарации выразился достаточно отчетливо. Здесь, в наиболее узкой его части, просле-

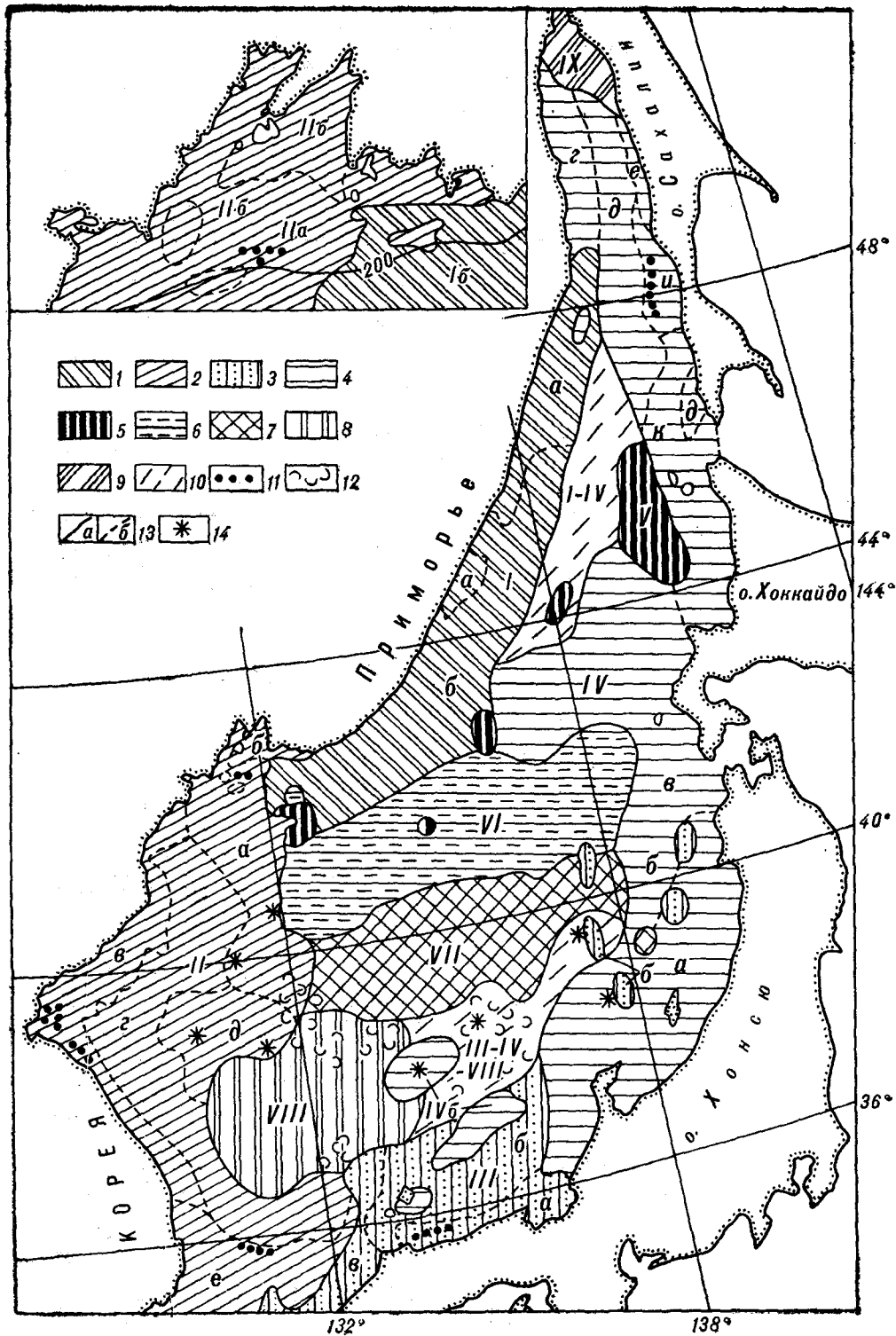


Рис. 2. Схема минералогических провинций поверхностного слоя (0—10 см) осадков Японского моря.

1—10 — провинции: 1 — Восточно-Приморская, 2 — Южно-Приморско-Корейская, 3 — Сангян, 4 — Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская, 5 — возвышенностей северо-западной части Японского моря, 6 — Центрально-Японморская, 7 — Ямаго, 8 — Улыиндо, 9 — Александровская, 10 — смешанные минеральные ассоциации; 11, 12 — участки дна с высоким содержанием в осадках: 11 — группы устойчивых минералов (зоны шлиховачия), 12 — слюды; 13 — границы провинций (а), подпровинций (б); 14 — станции с аномальным минеральным составом. Римские цифры — минералогические провинции, участвующие в образовании смешанной ассоциации.



Средний минеральный состав осадков мине-

Провинция, подпровинция	Тяжелая фракция	Клинопироксен	Ортопироксен	Щелочной пироксен	Роговая обманка					Эпидот, цокинг	Гранат
					сумма	буро-зеленая	бурая	зеленая	базальтиче-ская		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Восточно-Приморская	3,96	35,36 *			14,94					44,95	0,77
	3,72	16,3			6,81					12,23	1,21
Кузнецовская	3,57	50,23 *			10,65					34,78	0,73
	2,39	7,08			2,84					6,0	0,69
Юго-Восточная	4,29	22,97			18,51					53,43	0,80
	4,54	10,26			7,10					9,25	1,52
Южно-Приморско-Корейская	2,32	9,71	2,53	0,25	35,29	20,44	2,96	11,68	0,21	18,15	3,72
	2,82	7,23	3,65	0,73	11,94	12,1	2,38	11,3	0,53	8,57	3,89
Туманган-Южно-Приморская	2,33	14,43	3,34	0,11	41,12	35,28	2,48	3,84	0,38	25,0	1,29
	1,72	9,91	4,5	0,23	11,1	10,08	2,01	4,24	0,91	6,18	0,84
то же, в пределах залива Петра Великого	4,69	9,95 *			63,46					18,38	2,04
	3,88	8,13			13,01					8,76	2,05
Уссурийского залива	5,79	32,56			49,96					11,98	2,61
	5,78	8,24			8,43					5,28	2,06
Восточно-Корейская	2,0	9,64	0,74	0,05	37,85	17,35	3,12	17,31	0,06	15,09	5,84
	3,25	7,04	0,73	0,21	10,53	12,47	2,65	12,80	0,26	7,45	4,89
Слюдистая	2,82	6,72	1,01	0,59	25,72	15,03	2,29	8,04	0,34	11,39	1,3
	3,48	4,18	1,14	1,24	12,29	9,89	2,31	7,96	0,84	4,99	1,26
Восточно-Корейской возвышенности	1,44	16,12	7,43	0,54	27,87	18,07	4,76	4,87	0,17	20,09	3,27
	1,06	5,16	6,4	0,86	6,47	6,42	1,83	7,75	0,47	5,06	1,52
Корейского пролива	3,02	3,08	4,64	—	43,32	22,77	2,33	17,68	0,53	27,9	5,13
	2,65	2,23	2,54		8,71	10,39	1,38	9,89	0,60	8,57	4,12
Сацзин	7,01	10,02	14,14	0,02	45,21	32,78	3,84	4,32	4,27	16,09	1,37
	13,05	7,63	12,65	0,08	13,17	13,97	4,36	4,47	4,19	10,65	1,7
Вакаса	14,34	10,65	26,82	—	38,59	22,85	5,57	3,72	6,45	10,97	1,25
	21,01	6,13	12,7		12,23	10,32	6,93	5,16	5,18	4,51	1,61
Оки	3,42	12,53	8,56	0,05	50,76	40,48	3,26	2,93	3,60	14,62	0,76
	3,35	9,33	6,25	0,13	14,97	15,30	1,54	2,83	3,68	11,06	0,64
Восточной части Корейского пролива	2,55	4,79	5,33	—	45,27	33,06	2,34	7,62	2,25	26,09	2,61
	2,62	2,51	2,39		4,81	3,42	1,11	4,40	1,21	10,19	2,44
Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская (южная часть)	6,11	43,33	16,71	0,53	18,25	9,68	5,45	0,99	2,15	9,49	0,42
	14,86	17,32	12,61	1,56	9,0	5,13	4,6	1,68	2,24	7,09	0,41
То же (северная часть)	5,62	56,65 *			14,32					11,85	4,32
	2,43	21,0			9,66					6,96	4,45
северо-западного Хонсю	9,79	33,83	25,79	0,3	16,85	11,27	3,6	0,28	1,69	13,63	0,58
	24,22	10,72	10,42	0,97	7,74	5,63	1,87	0,7	1,55	7,14	0,47
Китаоки — Оки	1,82	30,28	26,06	—	28,28	12,18	10,52	2,62	2,95	6,89	0,42
	1,41	13,24	9,14		9,17	4,91	5,6	1,74	1,57	3,56	0,43
Осима — Окусир	5,29	55,41	6,45	0,9	15,15	7,52	6,15	0,82	2,16	7,48	0,31
	7,75	14,88	5,46	2,09	6,98	4,14	4,2	1,77	2,82	7,08	0,34
Совгаванская	7,68	67,29 *			11,92					13,04	2,28
	9,18	12,01			5,95					7,28	2,0

Циркон	Апатит	Сфен	Турмалин	Брусиит, анатаз, рутил	Хлорит	Метаморфические минералы	Оливин, редкие	Актинолит	Слюда				Карбонаты	Барит	Щелочной амфибол	Количество анализ
									сумма	бесцветная	зеленая	бурая				
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1,29	1,01	0,44	0,21	0,10	0,15	0,11	0,03	0,07	0,44				0,35		0,01	
1,01	1,49	0,44	0,42	0,31	0,66	0,49	0,18	0,21	0,97				0,08		0,04	99
1,18	0,9	0,57	0,21	0,11	0,15	0,12	0,06	0,02	0,29				0,03		0,01	45
0,93	0,66	0,58	0,48	0,27	0,28	0,56	0,27	0,16	0,48				0,13		0,06	
1,38	0,32	0,21	0,28	0,25	0,11	0,01	0,06	0,56								54
1,06	0,36	0,37	0,32	0,90	0,44	0,04	0,32	1,25								
2,58	1,6	2,14	0,82	0,41	0,60	0,65	0,15	5,59	13,12	2,49	6,09	4,65	1,99	0,08	0,18	113
4,17	1,18	1,64	0,94	0,53	0,63	1,36	0,61	5,22	17,65	5,1	9,37	6,92	4,39	0,6	0,07	
1,96	1,38	1,56	0,15	0,43	0,74	0,08	0,20	2,67	4,45	0,32	2,49	1,67	0,18	—	0,18	17
2,20	0,81	1,25	0,20	0,27	0,51	0,12	0,66	1,19	4,54	0,37	2,37	2,88	0,42		0,24	
1,7	1,04	1,23	0,16	0,02	0,05	0,90	0,01	0,06	0,67				0,33			159
1,86	1,24	1,72	0,26	0,08	0,20	1,58	0,06	0,32	1,14				1,59			
0,96	0,65	0,38	0,05	0,01	—	0,53	0,02	0,01	0,09							50
0,96	1,19	1,13	0,11	0,07		1,42	0,14	0,05	0,27							
3,84	1,4	2,7	1,35	0,34	0,58	1,52	0,1	9,92	7,67	2,04	2,62	3,01	1,25	0,01	0,05	40
5,61	7,02	1,64	1,05	0,52	0,55	1,97	0,21	6,14	10,53	5,83	3,09	4,23	2,7	0,03	0,13	
0,47	1,2	1,46	0,31	0,15	0,34	0,14	—	4,16	40,93	7,95	19,85	13,12	4,08	—	0,04	25
0,37	0,98	1,26	1,41	0,25	0,37	0,31		2,78	16,98	8,22	11,68	9,16	7,09		0,11	
2,39	2,33	2,30	0,81	0,49	0,94	0,35	0,49	2,53	7,04	1,69	2,75	2,61	3,78	0,47	0,76	17
3,38	1,67	1,62	1,12	0,54	1,01	0,40	1,36	2,14	6,65	2,93	2,32	2,51	5,21	1,53	2,72	
3,44	2,21	1,56	1,04	0,83	0,49	0,11	0,04	3,0	2,04	0,06	1,29	0,69	1,15	—	—	14
4,43	1,11	1,84	0,63	0,84	0,67	0,28	0,11	2,51	2,05	0,22	1,38	0,80	2,26			
2,88	1,98	0,6	0,2	0,36	0,61	0,09	0,23	0,89	4,91	0,35	2,34	2,23	0,3	0,05	0,03	46
6,1	1,28	0,8	0,35	0,46	1,12	0,23	0,63	0,98	7,76	0,9	3,16	4,6	0,73	0,29	0,1	
4,66	1,98	0,68	0,04	0,28	0,88	0,01	0,07	0,38	2,63	0,17	1,10	1,36	0,12	—	—	16
9,89	0,92	0,80	0,12	0,46	1,44	0,01	0,26	0,56	3,22	0,32	1,36	1,80	0,23			
1,39	1,56	0,24	0,17	0,34	0,36	0,11	0,48	1,25	6,26	0,56	3,08	2,62	0,38	0,13	0,03	19
1,81	1,44	0,50	0,32	0,53	0,96	0,26	0,90	1,08	7,15	1,29	3,71	3,38	1,01	0,44	0,08	
2,85	2,69	1,11	0,49	0,51	0,65	0,16	0,06	1,02	5,9	0,23	2,86	2,81	0,42	—	0,07	11
2,39	1,24	0,96	0,45	0,28	0,80	0,31	0,18	1,05	12,27	0,61	3,68	8,23	0,63		0,16	
0,84	2,06	0,32	0,08	0,18	0,41	0,01	1,97	0,44	3,63	0,12	1,35	2,15	0,14	0,60	0,66	36
0,88	1,56	0,46	0,19	0,35	0,66	0,05	5,30	0,57	5,0	0,32	1,66	3,47	0,25	2,99	1,93	
6,14	1,42	1,65	0,52	0,58	0,65	0,03	0,30	0,3	1,23				0,19	—	0,03	85
10,33	1,66	1,71	1,44	1,28	1,29	0,12	0,67	0,71	2,20				0,47		0,12	
1,06	2,91	0,42	0,06	0,43	0,59	0,02	0,15	0,5	2,0	0,03	1,09	0,89	0,24	0,24	0,39	12
0,58	1,88	0,54	0,14	0,49	0,75	0,08	0,42	0,6	2,37	0,1	1,14	1,47	0,29	0,47	1,36	
1,11	1,43	0,4	0,14	0,07	—	—	0,5	0,45	3,33	0,08	1,18	2,07	0,08	0,05	—	7
0,46	1,47	0,49	0,36	0,18			1,12	0,39	3,96	0,21	1,8	2,22	0,15	0,13		
0,57	1,51	0,21	0,06	0,05	0,45	—	3,86	0,39	4,89	0,2	1,61	3,08	0,09	1,08	1,13	17
1,11	1,1	0,38	0,14	0,12	0,68		7,32	0,63	6,42	0,43	1,95	4,57	0,24	4,35	2,52	
1,95	0,63	1,17	0,4	0,01	0,03	0,01	0,53	—	0,72				0,01	—	—	33
1,5	0,59	1,03	0,55	0,05	0,12	0,05	0,78		1,08				0,07			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Центральной части Татарского пролива	2,72	36,31 *			28,69					15,23	3,88
	3,14	11,6			7,9					7,32	3,15
Ламанон-Прибрежная	4,9	67,03 *			9,75					6,51	5,48
	5,03	16,95			5,82					5,44	3,18
Монерон-Рсбунская	3,81	79,14 *			10,16					5,6	1,2
	4,0	11,5			5,18					2,4	1,37
Делангля	6,12	36,69 *			7,96					12,21	10,64
	5,96	14,67			4,35					4,77	5,10
Возвышенностей северо-западной части моря	2,67	27,27 *			16,61					45,47	0,82
	2,47	12,3			5,93					13,83	0,93
Центрально-Япономорская	1,63	42,29	1,23	12,97	11,46	6,63	3,04	0,28	1,51	8,21	0,48
	14,86	9,31	1,38	9,48	4,94	4,31	2,51	0,74	1,28	8,17	0,6
Ямато	2,37	22,04	7,59	1,5	17,06	13,69	2,27	0,64	0,46	30,9	0,92
	3,39	9,26	5,79	5,24	8,86	8,45	1,95	1,83	0,67	13,44	0,76
Ульиндо	1,25	32,93	5,07	3,33	23,61	8,75	11,94	0,48	1,95	7,89	0,65
	0,86	13,79	8,79	4,21	10,67	6,78	11,42	1,34	3,99	6,47	0,8
Александровская	3,81	17,0 *			40,06					21,3	8,9
	4,43	12,82			13,82					12,46	8,16

Примечание. Звездочкой отмечено суммарное содержание пироксенов. В числителе —

жен парагенез циркон-гранат-сфен-гиперстен, компоненты которого положительно связаны с содержанием тяжелой подфракции и отрицательно — с минералами, имеющими большую миграционную способность. Образование данной МА обусловлено действием Цусимского течения и усилением скоростей приливно-отливных течений в проливе.

О различных источниках буро-зеленых роговых обманок и пироксенов свидетельствует отрицательная корреляционная связь между ними.

Эффузивно-пирокластическая составляющая в осадках прослеживается по парагенезам клинопироксен — щелочной пироксен — оливин и гиперстен — базальтическая роговая обманка. Последняя ассоциация характерна для пород вулканического пояса Дайсен [47].

Компоненты гранитно-метаморфических пород выявляются по парагенезам эпидот-апатит-глаукофан и зеленая роговая обманка-гранат-турмалин-метаморфические минералы — актинолит-эпидот. Однако эти ассоциации имеют ограниченное распространение и влияние: встречаются лишь локально в районе островов Оки, п-ова Ното и в подводной долине Тояма, Корейском проливе. Источником этих минералов могут являться небольшие массивы гранитно-метаморфических пород поясов Сангун, Хида, частично Корейского полуострова [25, 46].

Независимое положение буро-зеленой роговой обманки (отрицательная связь с большинством минералов), относительно равномерно рассеянной в осадках, можно объяснить многообразием источников ее поступления. О частичном ее привносе с пирокластикой свидетельствует свежий облик зерен, заключенных в оболочку из вулканического стекла.

Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская провинция охватывает обширные районы восточной части Японского моря от залива Вакаса до Александровского залива, а также приматериковые участки Татарского пролива между заливом Де-Кастри и г. Советская Гавань (см. рис. 2). Она подразделена на две группы подпровинций: южную и северную. Общим для провинций является резкое преобладание пироксенов над остальными минералами (см. табл. 2).

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
5,12	2,31	1,1	1,04	0,96	1,18	0,04	0,11	1,02	2,67				0,3	—	0,04	18
5,48	2,15	1,28	2,48	1,62	1,75	0,1	0,23	1,19	3,97				0,51	—	0,11	
3,31	1,46	2,2	0,15	0,91	0,84	ед.		0,05	1,79				0,51	—	—	7
1,57	1,91	1,98	0,23	2,18	2,21			0,12	1,63				1,08	—	—	
1,54	0,46	0,12	0,06	0,17	0,46	ед.		0,52	0,05	0,31			0,11	—	0,08	11
2,29	0,95	0,19	0,17	0,3	0,81			1,12	0,11	0,57			0,38	—	0,28	
20,31	2,68	4,07	0,68	1,77	1,38	0,07	0,94	0,37	1,06				0,33	—	0,03	16
16,74	1,64	1,3	0,45	1,52	1,3	0,26	0,13	0,56	1,24				0,48	—	0,09	
1,18	0,99	0,58	0,12	0,31	0,67	0,06	0,44	1,22	1,59				1,39	1,09	0,20	23
0,97	0,85	0,66	0,22	0,41	0,79	0,16	1,02	1,8	1,83				6,49	5,13	0,48	
1,18	2,5	0,54	0,09	0,30	0,49	—	0,85	1,7	6,16	0,51	2,16	3,49	0,09	—	9,53	10
0,97	1,55	0,47	0,20	0,41	0,58		0,96	3,35	7,85	0,65	2,25	5,69	0,20	—	5,67	
1,66	1,63	0,74	0,16	0,38	0,95	0,03	0,19	1,16	10,87	0,84	6,33	3,6	0,22	1,51	0,62	44
1,33	1,13	0,7	0,24	0,41	0,87	0,1	0,35	1,15	20,23	2,3	15,17	8,87	0,53	5,79	1,9	
0,37	3,54	0,65	0,23	0,11	0,16	0,06	0,03	0,91	19,03	1,45	3,85	13,73	0,47	0,93	0,02	23
0,43	1,45	0,56	0,34	0,2	0,33	0,13	0,09	1,46	13,63	1,9	4,87	9,75	0,91	3,99	0,07	
4,9	0,88	4,37	0,87	0,51												
3,85	0,47	2,42	1,07	1,57												

средние значения, в знаменателе — стандартные отклонения, прочерк — минерал отсутствует.

Южная группа состоит из трех подпровинций: Северо-Западного Хонсю, Китаоки-Оки и Осима-Окусири. В минеральном комплексе доминируют клино- и ортопироксены. Содержание клинопироксенов увеличивается с юга на север от 30,3 до 55,4 %, а ортопироксенов и роговых обманок снижается соответственно от 26,0 до 6,45 % и от 28,3 до 15,2 %. Характерно низкое содержание сиалической группы минералов. Корреляционные связи между минералами как правило слабые. Резко выделяется своей значимостью парагенез клинопироксен-оливин, имеющий максимальное проявление в осадках плато Осима. Основным поставщиком обломочного материала в осадки южной части провинции выступают эффузивно-пирокластические породы известково-щелочной серии островов Хонсю и Хоккайдо с преобладанием во вкрапленниках гиперстена и авгита и, частично, подводных возвышенностей Садо, Хакусан, Оки, Китаоки \* [28, 39, 40].

В периферийных районах отмечаются парагенезы минералов, свойственные сопредельным провинциям: гиперстен — базальтическая роговая обманка (типичная ассоциация провинции Санъин) и щелочной пироксен — щелочной амфибол (ассоциация Центрально-Япономорской провинции).

Для северной группы подпровинций (Совгаванской, Ламанон-Прибрежной, Центральной части Татарского пролива, Монерон-Ребунской, Делангтя) характерной особенностью являются высокие концентрации группы устойчивых минералов, особенно в присахалинских районах. Исключение составляет минеральная ассоциация Монерон-Ребунской подпровинции, в составе которой содержание устойчивых минералов низкое. Содержание пироксенов в осадках провинции достигает 94,9, в среднем 49,9 %. Тенденция к накоплению, кроме пироксенов ( $K_r = 1,15-2,15$ ), свойственна гранату, циркону, апатиту, сфену, турмалину, анатазу, хло-

\* Положение возвышенностей см. в работе [27].

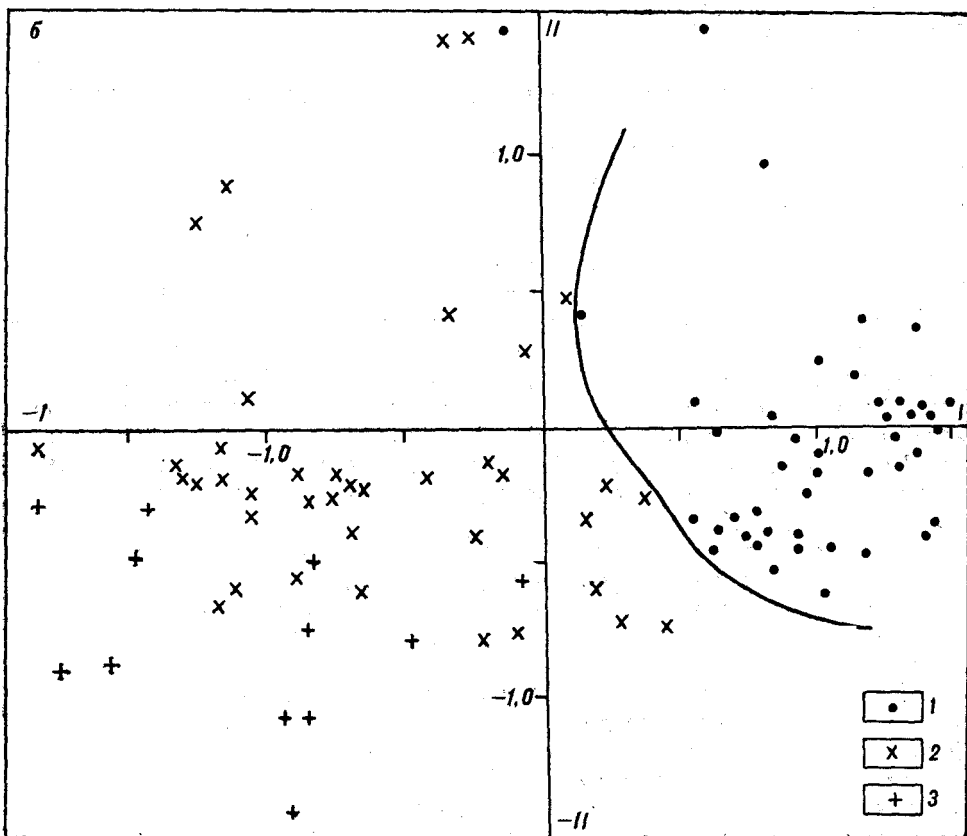
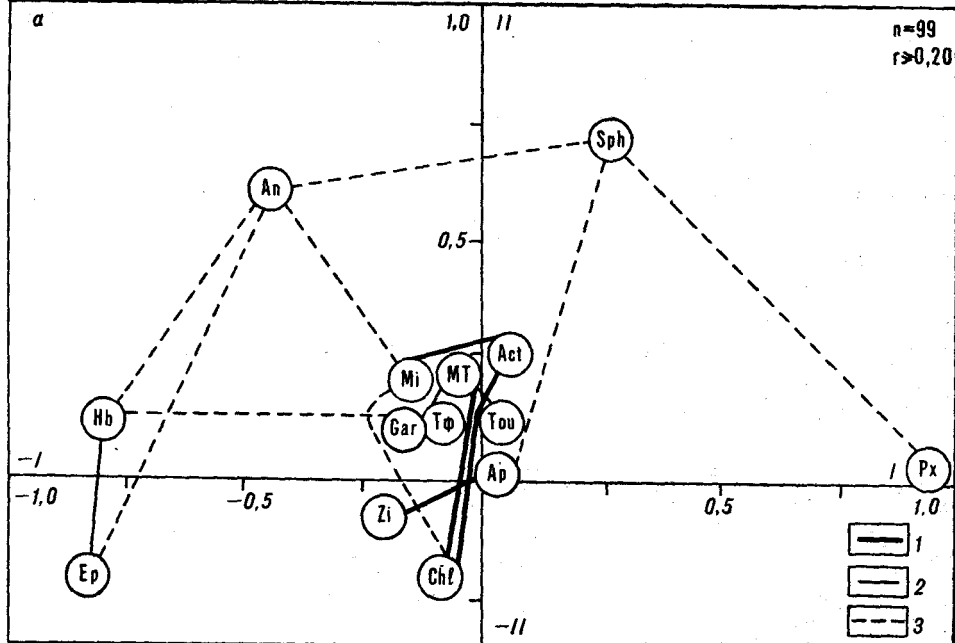


Рис. 3. Факторные нагрузки, положительные корреляционные связи минералов (а) и значения факторов (б) в осадках Восточно-Приморской провинции.

а: 1-3 — корреляционные связи (1 — сильные, 2 — средние, 3 — слабые); буквенные индексы — минералы (см. табл. 1); Тф, Мф — содержание тяжелой и магнитной подфракций; Гл — глубина моря,  $n$  — количество анализов,  $r$  — значимые коэффициенты корреляции. б: станции, входящие в Кузнецовскую (1), Юго-Восточную (2) подпровинции и восточную часть залива Петра Великого (3).

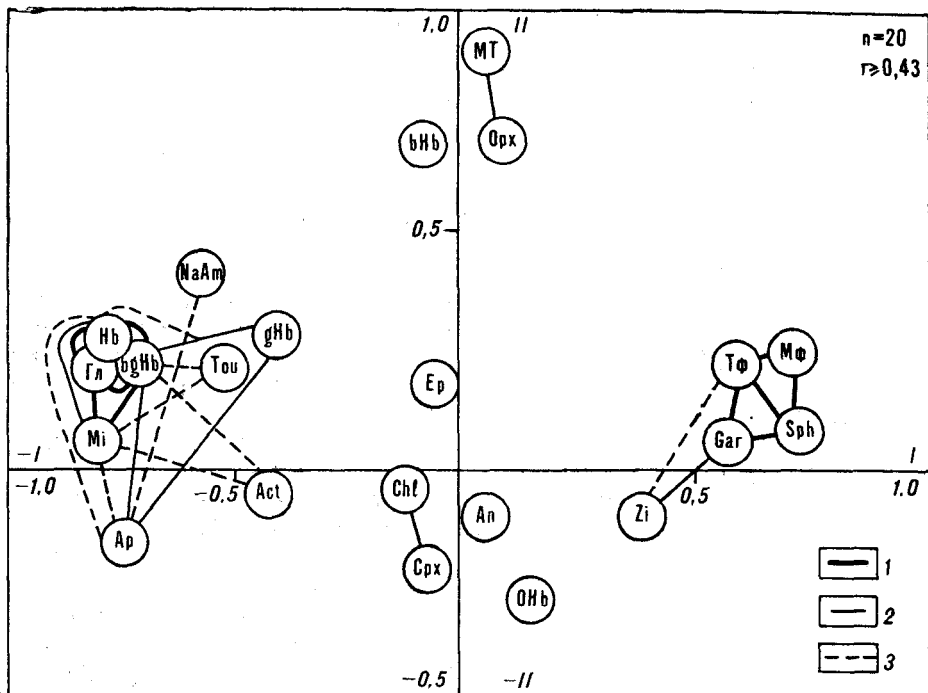


Рис. 4. Факторные нагрузки и положительные корреляционные связи минералов в осадках залива Делангля.  
Усл. обозн. см. рис. 3, а.

риту, ильмениту, средние содержания которых превышают среднебасейновые значения в 1,1–5,6 раза, а для циркона до 14,6 раз (залив Делангля).

Типичным районом, где процессы минералогической дифференциации проявились наиболее полно, является залив Делангля (о. Сахалин). На рис. 4 первый фактор обособляет две не связанные между собой ассоциации минералов с сильными внутригрупповыми корреляционными связями. Это — группа устойчивых минералов (циркон, гранат, сфен), которая положительно связана с выходом магнитной и тяжелой подфракций, и группа неустойчивых минералов с меньшей плотностью (амфиболы, слюды, актинолит) и примыкающий к ней турмалин. Характерно, что минералы последней ассоциации положительно коррелируются с глубиной моря. Это свидетельствует об их выносе под действием течений и волнения за пределы шельфа. Кроме того, наблюдается приуроченность к хорошо отсортированным осадкам группы устойчивых минералов, которые положительно коррелируются с песчаными фракциями и отрицательно — с алевритопелитовыми. Поведение неустойчивой минеральной ассоциации противоположно. Для гиперстена, эпидота, бурой роговой обманки, оливина определенной взаимосвязи со структурными параметрами осадков не выявлено, что, по-видимому, является следствием промежуточного положения этих минералов в ряду гидродинамической подвижности — между относительно легкими и неустойчивыми минералами и наиболее тяжелыми устойчивыми компонентами осадков.

Несколько специфичен состав осадков конуса выноса р. Исикари (о. Хоккайдо), характерной чертой которого является присутствие глаукофана (до 2%), зеленой и бурой роговой обманок (1–3%), хромита (до 1%) [45], поступающих при размыве пород метаморфических поясов Камуикотан и Хидака [22, 44].

Крайняя северо-западная часть Татарского пролива включена в Совгаванскую подпровинцию. Здесь подавляющее количество минералов поступает в осадки при разрушении основных эффузивов, слабо затронутых

процессами вторичных изменений. Пироксены, так же как и в расположенной южнее Восточно-Приморской провинции, отрицательно коррелируются с большинством минералов (исключение составляет оливин). Ассоциация, связанная с гранитно-метаморфическими породами и их осадочными производными, прослеживается по парагенезам гранат — циркон — роговая обманка — сфен и хлорит — анатаз — метаморфические минералы. Значение этих ассоциаций значительно меньше, чем компонентов эффузивных пород, несмотря на широкое развитие в пределах питающей провинции осадочных образований, сформированных при разрушении гранитно-метаморфических пород [1, 21]. Главная причина того — значительный эрозионный врез в нижних течениях рек в покровы плиоцен-четвертичных эффузивов и их интенсивная абразия. Процесс минералогической дифференциации, судя по отсутствию обособления минералов, по гидравлической крупности, столь характерной для осадков залива Дедангля, здесь проявлен в меньшей мере.

Провинция возвышенностей северо-западной части моря включает возвышенности Мусаси, Витязя, Алпатова, Богорова, Тарасова, Первенца, Беляевского. Пространственно провинция разобщена, однако минеральный состав в пределах отдельных возвышенностей близок. В нем преобладают эпидот — до 67,8 % (45,5 %), пироксены — до 59,1 % (27,3 %), роговые обманки — до 29,3 % (16,6 %). Среднее содержание других минералов составляет менее 1 %, за исключением циркона, актинолита, слюд и барита, отдельные максимумы которых достигают 2—5 %, а барита — 24,6 %. Тенденцию к накоплению обнаруживают эпидот, анатаз, хлорит, актинолит. Относительное увеличение содержания анатаза, хлорита, кальцита, барита отличает ее от близкой по составу Восточно-Приморской провинции. Основной источник поступления минералов — эффузивные породы подводных возвышенностей (в том числе и зеленокаменноизмененные) и, частично, метаморфизованные мезо-палеозойские породы (филлиты, сланцы), выходы которых известны на возвышенностях Витязя и Алпатова [4, 7]. В составе провинции эпидот и пироксены не обнаруживают значимой положительной корреляции ни с одним из минералов. Парагенезы минералов со слабыми корреляционными связями объединяют актинолит — анатаз — слюды — турмалин — хлорит и амфиболы — циркон — сфен, хлорит — барит.

Провинция Ямато включает одноименную возвышенность и ряд прилегающих гор и небольших поднятий (Такуё, Мейе и др.). В минеральном комплексе доминируют эпидот — до 54,8 % (30,9 %), клинопироксены — до 50,3 % (22,0 %) и буро-зеленая роговая обманка — до 48,7 % (17,1 %); повышено содержание слюд (в среднем 10,8 %). Тенденцию к накоплению обнаруживают эпидот, апатит, барит, кальцит, слюды, хлорит ( $K_K = 1,14—1,65$ ), а также щелочные: пироксен и амфибол ( $K_K = 1,29—1,56$ ). Содержание пироксенов близко к среднебассейновому.

Основное влияние на формирование состава минеральных ассоциаций возвышенности оказали местные источники обломочного материала (эдафогенный фактор), что подтверждается оторванностью ареалов повышенных концентраций ряда минералов (эпидота, хлорита, актинолита, барита, частично устойчивых минералов) от береговых питающих провинций и структурой парагенетических связей минералов, отображающих исходный состав пород возвышенностей. Дальность разноса минералов в пределах возвышенности незначительна.

Наиболее значимы парагенезы циркон — турмалин — роговая обманка — эпидот — хлорит, актинолит — зеленая роговая обманка — метаморфические минералы и клинопироксен — апатит с примыкающим к нему баритом. Максимальное развитие два первых парагенеза, являющиеся производными гранитно-метаморфических пород, получили в осадках Северного Ямато, возвышенности Такуё и локально на склонах хребта Южный Ямато, где известны выходы этих пород [4, 5, 19]. Ассоциация с клинопироксеном преимущественно распространена на хребте Южный Ямато и подводных горах на его продолжении. Источником минералов

для данной ассоциации являются широко развитые здесь вулканогенные породы [4, 19, 28]. Проявление баритовой минерализации на возвышенности Мейе и близлежащих горах вулканического происхождения связано с постмагматической гидротермальной деятельностью.

Вулканокластическая составляющая в осадках провинции имеет второстепенное значение, однако фиксируется довольно отчетливо. Это парагенезы гиперстен — бурая и базальтическая роговые обманки, щелочной пироксен — щелочной амфибол.

Александровская провинция занимает небольшую площадь в крайней северо-восточной части Татарского пролива, прилегающей к Александровскому заливу. Минеральный комплекс осадков провинции резко отличается от состава других провинций Татарского пролива. Прежде всего это выражено в преобладании роговых обманок — до 60,7 % (40,4 %), эпидота — до 39,9 % (21,3 %) и высоком содержании группы устойчивых минералов: циркона — до 11,7 % (4,9 %), граната — до 29,2 % (8,9 %), сфена — до 8,8 % (4,4 %), турмалина — до 3,0 % (0,87 %). Содержание пироксенов, характерных минералов провинций Татарского пролива, резко снижается до 40,4 % (17,0 %). Основным источником минералов для данной провинции служат отложения неоген-четвертичного возраста, представляющие собой древние выносы р. Амур. В осадках залива довольно отчетливо проявился процесс минералогической дифференциации обломочного материала. Так, факторная модель является типичной для участков шельфа с явно выраженными процессами минералогической сепарации, рассмотренными выше по заливам Делавгя, Восточно-Корейский и др.

В глубоководной части Японского моря выделились две области, решающее влияние на формирование минеральных ассоциаций которых оказала взрывная деятельность наземных вулканов Пектусан и Уллындо. Это вулканогенные провинции Центрально-Япономорская и Уллындо.

Центрально-Япономорская провинция занимает среднюю часть Центральной глубоководной котловины и пространственно совпадает с полем развития вулканокластических осадков [27]. Отличительной особенностью провинции является высокое содержание щелочных пироксенов и амфиболов (в среднем соответственно 12,2 и 9,5 %), нигде в других районах Японского моря в таких количествах не встречаемых. Преобладают клинопироксены — до 80,6 % (42,2 %). Содержания выше среднебассейновых характерны, кроме вышеперечисленных минералов ( $K_K = 2,02-19,9$ ), для оливина, апатита и базальтической роговой обманки ( $K_K = 1,25-1,39$ ). Основным поставщиком вулканокластики явился влк. Пектусан (Байтоушань), расположенный на п-ове Корея. С ним связано образование минерального комплекса с явно выраженной щелочной специализацией [10]. Особенности распределения, а также положительная связь щелочных пироксенов и амфиболов, авгита, апатита с мелкоалевритовой фракцией (основным компонентом вулканических пеплов) и глубиной моря, типоморфизм минералов однозначно свидетельствуют об их приуроченности к прослою пирокластики Байтоушань — Томакомаи-а (*B — Tm-a*) с возрастом 800—1000 лет [32, 38, 42]. В восточной части провинции прослеживается влияние влк. Осима-Осима (парагенез клинопироксен — оливин), расположенного на одноименном острове у входа в Сангарский пролив. Однако действие его ограничено.

Провинция Уллындо занимает район в юго-западной части Японского моря, прилегающий к о. Уллындо. Главная роль в минеральном комплексе принадлежит клинопироксенам — до 68,9 % (32,9 %), роговым обманкам — до 48,5 % (23,6 %) и слюдам — до 48,9 % (19,0 %). Для провинции свойственно относительное увеличение содержаний щелочного пироксена, бурой роговой обманки, биотита и апатита ( $K_K = 1,81-3,43$ ). Кроме того, тенденция к накоплению свойственна клинопироксенам, базальтической роговой обманке и мусковиту ( $K_K = 1,22-1,63$ ). Вблизи о. Уллындо наблюдаются повышенные концентрации авгита, щелочного



пироксена, а с удалением от него в осадках возрастает количество бурых роговых обманок, биотита и апатита. Своим происхождением последняя ассоциация обязана разному пирокластике (преимущественно в виде пемзы) влк. Нарй (о. Уллындо), извержение которого происходило в раннем голоцене [43]. Данная ассоциация прослеживается в осадках восточной части провинции до возвышенности Китаоки.

Локально в осадках вершин и склонов возвышенности Криштофовича проявлена ассоциация, главным компонентом которой является гиперстен. Однако для вулканокластике о. Уллындо минеральный парагенез с гиперстеном не характерен. Наиболее вероятным источником его поступления являются вулканы Японской островной дуги, прежде всего вулканы Аира и Кикай [38, 41—43].

В осадках возвышенности также прослеживается ассоциация, производная гранитно-метаморфических пород фундамента возвышенности [7, 18], представленная эпидотом, гранатом, цирконом, турмалином, актинолитом и роговой обманкой. Однако данная ассоциация проявлена слабо, так как подавлена вулканокластическим материалом. На отдельных станциях в пределах возвышенности установлена ассоциация флюорита с баритом [11].

**Заключение.** 1. Минеральный облик провинций Японского моря определяется главным образом петрофондом источников сноса (опосредованно — влиянием морфоструктурного признака) без значительного преобразования его исходного минералогического состава. Это обусловлено интенсивным эрозионно-тектоническим расчленением областей сноса, незначительной длиной транзита обломочного материала в сочетании с большими уклонами рек и особенностями муссонного климата. Процессы минералогической дифференциации обломочного материала наиболее выражены в осадках широких шельфов и проливах. Зоны обогащения устойчивыми минералами в основном приурочены к реликтовым осадкам фации подводного берегового склона.

2. Благодаря анализу парагенетических связей минералов, а также корреляции отдельных минералов с глубиной моря и удаленностью от островного и материкового побережий установлено, что с материковыми питающими провинциями тесно связаны (в порядке убывания значений коэффициентов корреляции) сфен, актинолит, турмалин, зеленая роговая обманка, гранат, метаморфические минералы, циркон, кальцит, мусковит, хлорит, анатаз (рутил), эпидот. С островного побережья поступают преимущественно гиперстен, базальтическая роговая обманка, апатит, ильменит, клинопироксен, обломки пород. Значимых корреляционных зависимостей с береговыми питающими провинциями не выявлено для слюд, барита, бурой роговой обманки, оливина, щелочных пироксенов и амфиболов. Разнос минералов от береговых питающих провинций прослеживается до 150—250 км, причем для большинства из них характерно центростремительное направление перемещения.

3. Вулканокластическая составляющая в осадках отчетливо распознается по: а) типоморфным особенностям минералов; б) характерным парагенезам: щелочной пироксен — щелочной амфибол (ассоциация влк. Пектусан), оливин — клинопироксен (ассоциация влк. Осима-Осима), биотит — апатит — бурая роговая обманка — клинопироксен (ассоциация влк. Уллындо); в) отсутствию корреляционных связей этих минералов с береговыми питающими провинциями; г) положительной их связи с глубиной моря.

4. Внутренний источник (эдафогенный фактор) оказывает существенное влияние на формирование минеральных комплексов осадков внутривулкановых поднятий. Он находит отображение в увеличении содержания минералов (эпидота, хлорита, актинолита и др.) над подводными возвышенностями и оторванностью ареалов их распространения от питающих провинций суши, а также в высоких концентрациях ряда минералов (барита, флюорита, гидроокислов марганца), не свойственных бе-

реговым питающим провинциям. Дальность разноса эдафогенных минералов как правило незначительна.

5. Для минералогических провинций осадков Японского моря характерны «незрелые» минеральные ассоциации: отношение устойчивых, умеренноустойчивых и неустойчивых минералов в среднем составляет 16,6 : 19,9 : 63,5 %. Зрелость минеральных ассоциаций осадков провинций Японского моря, судя по значениям коэффициентов устойчивости, возрастает в следующей последовательности: провинции Уллындо (коэффициент устойчивости — 22,4), Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская (южная часть) (33,0), Санъин (34,9), Южно-Приморско-Корейская (36,2), Центрально-Япономорская (37,1), Возвышенностей северо-западной части моря (41,3), Ямато (43,3), Восточно-Приморская (45,3), Хонсю-Хоккайдо-Сахалинская (северная часть) (45,7), Александровская (47,0). Наиболее высокой зрелостью отличаются минеральные ассоциации залива Делангла (коэффициент устойчивости в среднем равен 58,3).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Е. М. Вещественный состав и постседиментационные изменения пород комсомольской серии южного мела северного Сихотэ-Алиня // Вопросы литологии и геохимии вулканогенно-осадочных образований юга Дальнего Востока.— Владивосток, 1971.— С. 81—107.
2. Багурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947.
3. Бергер М. Г. Терригенная минералогия.— М.: Недра, 1986.
4. Берсенева И. И., Безвержний В. Л., Деликов Е. П. и др. Геологическое строение дна Японского моря: Объяснительная записка к геологической карте дна Японского моря/ТОИ ДВО АН СССР.— Владивосток, 1983.
5. Васильев Б. И., Карп Б. Я., Строев П. А., Шевалдин Ю. В. Строение подводной возвышенности Ямато по геофизическим данным.— М.: Изд-во МГУ, 1975.
6. Воробьев В. П., Чернышева В. С. Минералогическое изучение тяжелой фракции морских осадков шельфа Японского моря // Изв. вузов. Геология и разведка.— 1972.— № 1.
7. Геология дна Японского моря/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1987.
8. Гершанович Д. Е. Основные закономерности современного осадкообразования в Японском море // Тр. ГОИН. Вып. 13.— М.; Л.: Гидрометеиздат, 1953.— С. 3—86.
9. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных.— М.: Мир, 1977.
10. Денисов Е. П., Тен Ха Чер. Краткая характеристика вулкана Пектусан (Байтоушань) // Вопросы геоморфологии и морфотектоники южной части Дальнего Востока.— Владивосток, 1966.— С. 3—7.
11. Деркачев А. Н., Чудаев О. В. О флюорите из осадков Японского моря // Докл. АН СССР.— 1987.— Т. 296, № 6.— С. 1461—1464.
12. Забелин В. В., Марков Ю. Д. К минералогии донных осадков залива Петра Великого // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого Океана/ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1974.— С. 114—122.
13. Игнатова В. Ф. Литолого-минералогическая характеристика современных осадков залива Восток // Морская геология и геологическое строение областей питания/ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1977.— С. 28—44.
14. Игнатова В. Ф. Литолого-минералогическая характеристика верхнего слоя осадков Амурского залива // Там же.— С. 48—59.
15. Игнатова В. Ф., Худяков Г. И. Осадконакопление на современных и древних шельфах в зоне перехода от Евразийского континента к Тихому океану.— М.: Наука, 1983.
16. Игнатова В. Ф., Чудаева В. А. Твердый сток рек и осадки шельфа Японского моря/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1983.
17. Игнатова В. Ф., Кузьмин Я. В., Чугунов А. Б. Использование статистических методов в целях терригенно-минералогического районирования (на примере современных осадков Татарского пролива) // Периокеанический седиментогенез/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1989.— С. 23—30.
18. Деликов Е. П. Геологические исследования в западной части Японского моря (1982—1986) // Тихоокеанский ежегодник.— Владивосток, 1987.— С. 61—67.
19. Деликов Е. П., Терехов Е. П. Щелочные вулканы дна Японского моря // Тихоокеан. геология.— 1982.— № 2.— С. 71—77.
20. Литология на новом этапе развития геологических знаний.— М.: Наука, 1981.
21. Маркевич П. В. Геосинклинальное терригенное осадконакопление на востоке Азии в фанерозое (на примере Сихотэ-Алиня и Камчатки).— М.: Наука, 1985.
22. Миясиро А. Метаморфизм и метаморфические пояса.— М.: Мир, 1976.
23. Пагомова А. И. Влияние выносов р. Амур на осадкообразование в Татарском проливе // Тр. ГОИН. Вып. 13.— М.; Л.: Гидрометеиздат, 1953.— С. 3—86.

24. *Петелин В. П.* О выборе метода минералогического анализа песчано-алевритовых фракций донных осадков // Тр. Ин-та океанологии АН СССР.—1961.— Т. 50.— С. 170—173.
25. *Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А.* Палеогеографический анализ обстановок осадконакопления в полузакрытых акваториях Японского моря // Палеогеографические исследования на Дальнем Востоке/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1987.— С. 103—111.
26. *Разжигаева Н. Г., Наумова В. В.* Применение многомерного статистического анализа для выделения ассоциаций тяжелых минералов в прибрежно-морских осадках Японского моря // Тихоокеан. геология.— 1988.— № 1.— С. 111—116.
27. *Структура осадков и фации Японского моря/ДВО АН СССР.*— Владивосток, 1983.
28. *Стедин В. Т.* Особенности кайнозойского базальтового магматизма и вопросы происхождения Японского моря // Тихоокеан. геология.— 1989.— № 2.— С. 30—38.
29. *Тимофеев П. П.* Проблемы литологии // Литология и полезн. ископаемые.— 1987.— № 3.— С. 3—13.
30. *Харин Г. С., Емельянов Е. М., Василенко В. М., Солдатов А. В.* Минералогические провинции глубоководных осадков Атлантического океана // Океанол. иссл.-я.— 1979.— № 26.— С. 49—60.
31. *Формации и седиментогенез материковой окраины.*— Л.: Недра, 1981.
32. *Уткин И. В.* Седиментация и захоронение пирокластики на дне (на примере глубоководных котловин Японского моря) // Периокеанический седиментогенез/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1989.— С. 67—79.
33. *Шиманович С. Л.* Минералогия аллювиальных отложений Белорусского Понеманья.— Минск: Наука и техника, 1982.
34. *Bahk K., Chough S.* Provenance of turbidites in the Ulleung (Tsushima) back-area basin // J. Sedim. Petrol.— 1983.— V. 53, N 4.— P. 1331—1336.
35. *Banno S.* Glauconite shists and associated rocks in the Omi district, Niigata Prefecture // Jap. J. Geol., Geogr.— 1958.— V. 29, N 1—3.— P. 30—44.
36. *Chen L., Fan S., Mao Y.* The statistical analysis of the heavy-mineral assemblage in the sediments of the East China Sea // Studia Mar. Sinica.— 1984.— N 21.— P. 292—296.
37. *Chough S., Tamaki K., Bahk S. et al.* Heavy minerals from the Oki Spur, Japan Sea // Bull. Geol. Surv. Jap.— 1981.— V. 32, N 9.— P. 487—501.
38. *Furuta T., Fujioka K., Arai F.* Widespread submarine tephra around Japan — petrographic and chemical properties // Mar. Geol.— 1986.— V. 72, N 1—2.— P. 125—142.
39. *Kuno H.* Petrology of Hakone volcano and the adjacent areas, Japan // Bull. Geol. Soc. Amer.— 1950.— Vol. 61.— P. 957—1020.
40. *Kuno H.* Study of orthopyroxenes from volcanic rocks // Amer. Mineralogist.— 1954, V. 39, N 1—2.— P. 30—46.
41. *Mashida H., Arai F.* The widespread tephra — the Aira-Tn ash // Kagaku.— 1976.— V. 46.— P. 339—347.
42. *Mashida H., Arai F.* Extensive ash falls in and around the Sea of Japan from large late Quaternary eruptions // J. Volcanol. and Geothermal Res.— 1983.— V. 18.— P. 151—164.
43. *Mashida H., Arai F., Lee B. et al.* Late Quaternary tephra in Ulleung-do Island, Korea // J. Geogr.— 1984.— V. 93.— P. 1—14
44. *Shido F., Seki Y.* Notes on rock-forming minerals. Jadeite and hornblende from the Kamuiokotan metamorphic belt // J. Geol. Soc. Jap.— 1959.— V. 65, N 770.— P. 673—677.
45. *Suzuki T.* Heavy mineral composition of marine sediments in Ishikary Bay, Hokkaido // Bull. Geol. Surv. Jap.— 1985.— V. 36, N 7.— P. 396—413.
46. *Suwa K., Shiozaki H., Soma T. et al.* Hida metamorphic rocks and plutonic rocks in the Wada-gawa and Oguchi-gawa area, southeastern part of Toyama Prefecture, Central Japan // J. Geol. Soc. Jap.— 1981.— V. 87, N 3.— P. 143—155.
47. *Tsukui M.* Geology of Daisen Volcano // Ibid.— 1984.— V. 90, N 9.— P. 643—658.
48. *Wang X., Liang J.* Study of the factors controlling heavy-mineral distribution on the East China Sea continental shelf by using statistical analysis // Acta Oceanol. Sin.— 1982.— V. 4, N 1.— P. 65—77.