

**АУТИГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД
ПАЛЕОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ**

А.В. Можеровский

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041; e-mail: manatoly@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 20 февраля 2019 г.

Изучены аутигенные минералы в вулканогенно-осадочных и осадочных породах Южного Приморья от пермского до неогенового возраста. Обнаружены: корренсит, ректорит, высокоупорядоченные смешанослойные разновидности типа хлорит-сметтит (корренситоподобные) и слюда-сметтит (ректоритоподобные), слюда, вермикулитоподобные разновидности(?), хлорит, дефектный хлорит, каолинит, сметтит, кальцит, цеолиты. Подобный набор минералов свидетельствует о том, что в изученных осадочных бассейнах мощность осадочного слоя могла достигать трех–пяти километров, а температура их образования – более 150°C. Формирование нижнемеловых и палеоценовых осадочных толщ имеет сходные черты и, вероятно, проходило сначала в условиях мелководного морского бассейна на материковой окраине (рифтогенная стадия), иногда в условиях, близких к эвапоритовым (присутствие корренсита?), с частой сменой фациальной обстановки от мелководья до глубоководного режима отложения, с эпизодическими поставками вулканогенного материала и постепенным углублением бассейнов седиментации. Сделано предположение, что в раннемеловое и палеогеновое время бассейны осадконакопления, образующие разрозненную сеть на материковой окраине северо-востока Азии, развивались в едином минералого-тектонно-седиментологическом режиме растяжения земной коры. При этом в накапливающихся отложениях формировались минералы, которые в процессе эпигенеза трансформировались по следующим направлениям: сметтит-ректорит-слюда и сметтит (палыгорскит, сепиолит?)–корренсит-хлорит. В изученных осадочных бассейнах выделены три минералогических «этажа»: хлорит-слюдистый – слюда-хлоритовый (пермское – меловое время), переходный от хлорита и слюды к сметтиту – развиты корренсит, ректорит и высокоупорядоченные смешанослойные корренситоподобные и ректоритоподобные минералы (мел – палеоцен–эоцен) и сметтитовый (от олигоцена до настоящего времени).

Ключевые слова: вулканогенно-осадочные и осадочные породы, аутигенные минералы, хлорит, слюда, смешанослойные сметтит-хлорит (корренситоподобные), сметтит-слюда (ректоритоподобные), Приморье.

ВВЕДЕНИЕ

Аутигенные минералы являются чуткими индикаторами условий седиментации, палеогеографической обстановки и характера преобразований в процессе осадконакопления, а их ассоциации в осадочных отложениях могут служить маркерами при стратиграфических построениях. Встреченные в вулканогенно-осадочных породах Южного Приморья высокоупорядоченные образования типа сметтит-хлорит (корренсит), сметтит-слюда (ректорит) в ассоциации с хлоритом, слюдой, каолинитом и ломонтитом могут обрести важное индикативное значение. Это позволит корректировать временной и мощностной параметры условий седиментации, характер этапов и

стадий трансформационных преобразований, физико-химические (климатические) параметры накопления осадочного материала в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану.

Присутствие корренсита и корренситоподобных минералов (КПМ) в осадочных отложениях часто связывают с эвапоритизацией бассейнов осадконакопления [3, 4, 6, 8, 16]. В северной части зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану корренсит и КПМ были обнаружены в нижнемеловых и палеогеновых породах дальневосточных окраинных морей (Японское и Охотское), прилегающей суши (п-ов Терпения, о. Сахалин и о. Шикотан), подводного хребта Витязя и юга Приморья [9, 10,

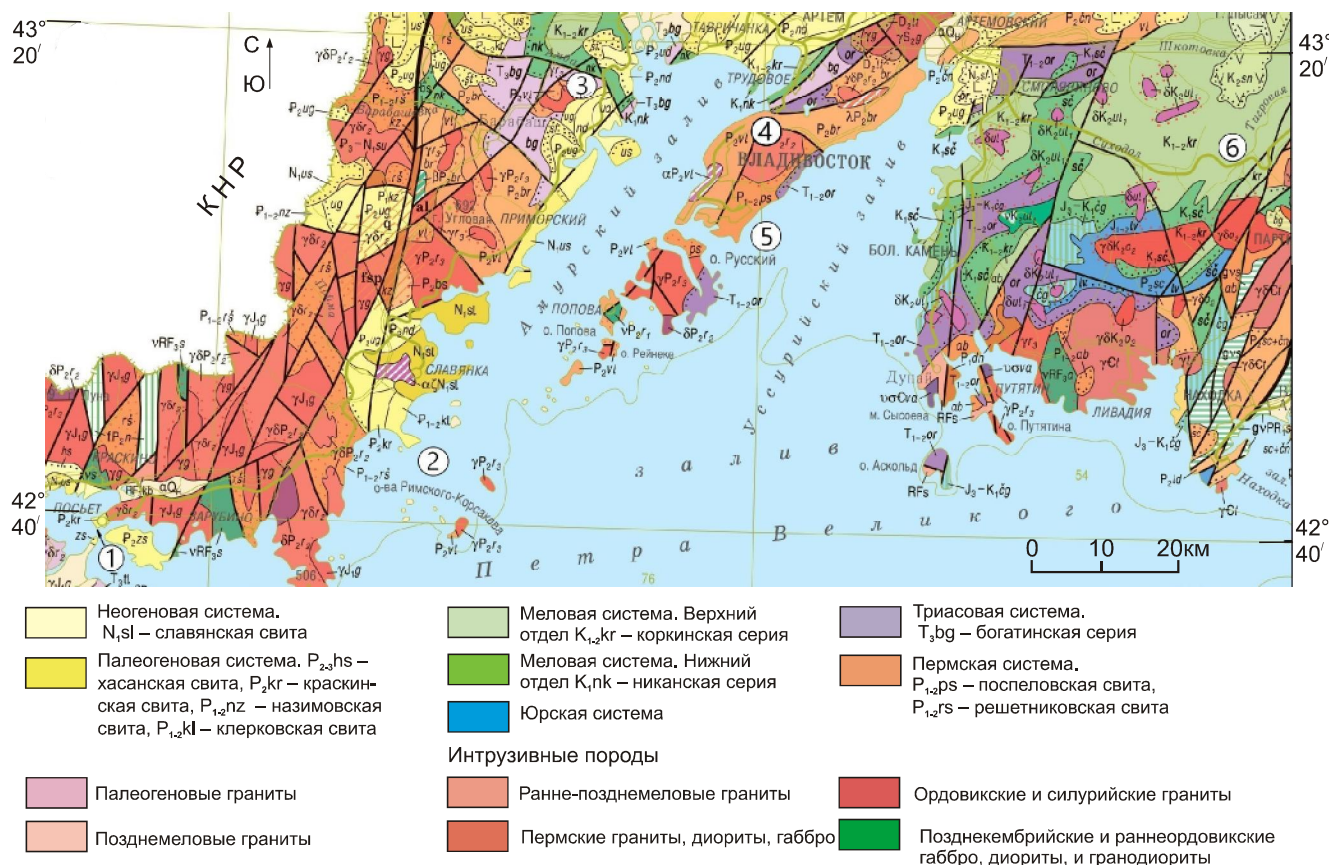


Рис. 1. Геологическая карта юга Приморья [2] с указанием районов отбора образцов для настоящей работы. 1–3 – Хасанский район: 1 – пос. Посьет; 2 – пос. Славянка; 3 – с. Занадворовка, 4–5 – районы г. Владивостока: 4 – полуостров Де-Фриза и бухта Сокол, 5 – г. Владивосток; 6 – Шкотковский район, с. Лукьяновка. Номера проб даны в таблице 2.

12, 13, 18]. При продолжении исследований на суше появляется возможность расширить возрастной диапазон исследованных пород до пермского времени и ожидать присутствие корренсита и КПМ в широко распространенных меловых и палеогеновых отложениях центральной и северной частей Приморья. Корренсит, являясь регулярным высокоупорядоченным смешанослойным триоктаэдрическим минералом типа хлорит-сметит, оказывается очень редок в осадочных толщах и не встречается в виде обломочного компонента [17]. Найденный в узком возрастном диапазоне (40–50 млн лет, мел–палеоген), он в ассоциации с другими аутигенными минералами может быть использован как реперный для стратиграфических построений и уточнения истории геологического развития региона. Использование минералогических данных для стратификации вулканогенно-осадочных толщ было опробовано при изучении района пос. Посьет (Хасанский район) [10].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследования являлись образцы грубозернистых вулканогенно-осадочных и осадочных пород, преимущественно конгломераты, песчаники, туфо-песчаники, иногда алевроаргиллиты, аргиллиты и туфоалевроаргиллиты, развитые на юге Приморья (рис. 1). Пробы отбирались из естественных обнажений вдоль сети дорог и береговых обрывов согласно геологической карте. Были опробованы (табл. 1, 2*) отложения решетниковской, поспеловской (нижняя-средняя пермь) свит, островорусской серии (нижний-средний триас) района г. Владивостока, богатинской серии (верхний триас) района с. Занадворовки, коркинской (нижний-верхний мел) серии района с. Лукьяновки, никанской серии липовецкой свиты (нижний мел) районов полуострова Де-Фриза, бухты Сокол (г. Владивосток) и с. Занадворовки, галенковской свиты (нижний мел) районов мыса Де-Фриза и бухты Сокол (г. Владивосток), назимовской (палеоцен-нижний эоцен), хасанской (эоцен-олигоцен), краскинской (эоцен), клерковской (палеоцен-эо-

* Таблицу 2 см. на сайте журнала <http://itig.as.khb.ru/POG>

цен), славянской (миоцен) свит Хасанского района [1, 2, 7, 11]. Результаты валового анализа цемента пород сведены в таблицу 2*.

Основным методом при исследовании являлся рентгенофазовый анализ. Использовался дифрактометр «Дрон-2.0» с $\text{Cu K}\alpha$ излучением (плоский графитовый монохроматор), напряжением на аноде в 40 kV и силой тока 30 mA. Валовые пробы цемента пород, ориентированные из водной суспензии, снимались в воздушно-сухом состоянии и насыщенные этиленгликолем. Диагностика смешанослойных образований осуществлялась согласно предложенным моделям [3]. Из части образцов гравитационным осаждением была выделена фракция меньше 0.001 мм, силикатный анализ которой проводился методом «мокрой» химии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам рентгенофазового анализа (табл. 2) выделены следующие минеральные ассоциации.

Слюда-хлоритовая – хлорит-слюдистая ассоциация характерна для пород широкого возрастного диапазона от пермского до мелового включительно (отмечается во всех свитах этого временного интервала). Она представлена триоктаэдрическим (рефлекс 060 равен 1.546 Å, параметр $b = 9.27$ Å) хлоритом (рефлексы 14.7, 7.25, 3.56 Å) и диоктаэдрической (рефлекс 060 равен 1.503 Å, параметр $b = 9.02$ Å) слюдой (10.28, 5.0, 3.35 Å) с различным процентным доминированием одной из фаз. Присутствуют также рефлексы кварца (4.26 и 3.35 Å) и плагиоклаза (6.51, 4.04 и 3.20 Å) (рис. 2, обр. 63).

Цемент нижнемеловых и палеогеновых пород сложен более богатым набором слоистых силикатов. В этих породах развиты две преобладающие ассоциации – корренситовая и ректоритовая, характерные почти для всех свит (кроме уссурийской свиты, никанская серия). В нижнемеловых отложениях никанской серии (липовецкая свита) встречается слюда-каолининовая ассоциация.

Корренситовая ассоциация представлена широким набором высокоупорядоченных хлорит-сметитовых разновидностей: от преобладания хлорита в смеси (а), через серию смешанослойных фаз типа хлорит-сметит (корренсит) (б), до смектит-хлорита с доминированием смектита (в).

Типичный пример преобладания хлоритового (тип а) (никанская серия, липовецкая свита) триоктаэдрического компонента (060 равен 1.546 Å, $b = 9.27$ Å), представленного смешанослойной фазой хлорит-сметит ($S = 1$, $W_x:W_c = 0.8:0.2$ и $P_{xx} = 0.2$) [3], показан на (рис. 3, обр. 159). Имеется незначительная примесь

Таблица 1. Координаты мест отбора проб.

Названия свит	Координаты отбора проб	
Славянская свита	42°52'888 СШ	131°21'215 ВД
Клерковская толща	42°47'588 СШ	131°19'827 ВД
Краскинская толща	42°49'845 СШ	131°15'816 ВД
	42°43'151 СШ	130°53'394 ВД
	42°42'173 СШ	130°50'218 ВД
Хасанская свита	42°40'696 СШ	130°50'249 ВД
	42°26'541 СШ	130°38'041 ВД
Назимовская свита	42°38'661 СШ	130°47'301 ВД
	42°39'881 СШ	130°47'772 ВД
Галенковская свита	43°15'424 СШ	132°00'370 ВД
	43°16'121 СШ	131°58'908 ВД
Липовецкая свита	43°16'468 СШ	131°58'858 ВД
	43°16'583 СШ	131°35'249 ВД
	43°16'186 СШ	131°58'527 ВД
	43°14'925 СШ	132°00'566 ВД
Остров Скребцова	43°16'197 СШ	131°59'103 ВД
Коркинская серия	43°10'935 СШ	132°42'066 ВД
Богатинская серия	43°14'094 СШ	131°33'558 ВД
Островорусская серия	43°09'478 СШ	132°04'262 ВД
Поспеловская свита	43°05'056 СШ	131°58'203 ВД
Решетниковская свита	42°45'670 СШ	131°31'518 ВД

диоктаэдрического компонента (рефлекс 060 равен 1.496 Å, $b = 8.98$ Å), который может быть образован в результате вторичного процесса выветривания пород.

Тип (б), отмечающийся в меловых породах (никанская и коркинская серии), фиксируется наличием рефлекса в 32.0–36.0 Å в малоугловой области (рис. 4, обр. 178; рис. 5, обр. 181) и целочисленной серией отражений (14.7, 7.13, 4.72, 3.56 Å, рис. 4, 5), характерной для корренсита ($S = 1$, $W_x:W_c = 0.5:0.5$ и $P_{xx} = 0$) в смеси с хлоритом в разном процентном соотношении. Уширяющиеся к основанию рефлексы в 14.7, 7.13, 4.72, 3.56 Å (рис. 5, обр. 181) свидетельствуют о частичной дегградации и появлении дефектного или разбухающего хлорита. Кроме этого в смеси присутствует смешанослойная фаза смектит-хлорит ($S = 1$, $W_c:W_x = 0.9:0.1$ и $P_{cc} = 0.2$), о чем свидетельствуют исчезающие при насыщении рефлексы 9.82 и 9.31 Å и диоктаэдрический компонент (рефлекс 060 варьирует от 1.496 до 1.516 Å, а параметр b от 8.98 до 9.11 Å). Вероятно, последние фазы образованы при частичной дегградации хлорита и корренсита.

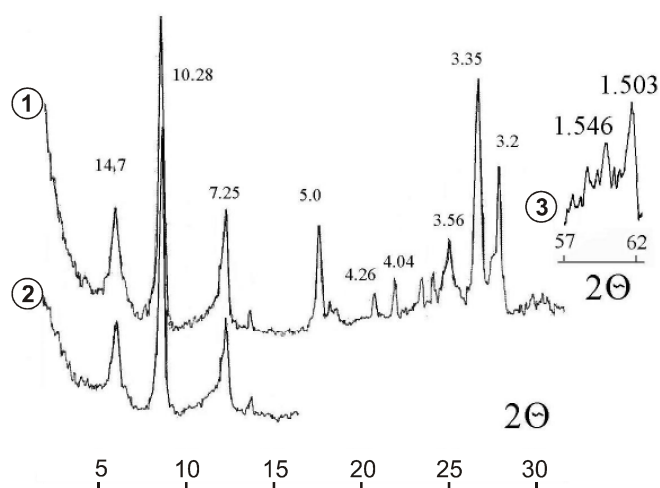


Рис. 2. Минералы – слюда, хлорит, кварц, плагиоклаз.

Последние два встречаются почти во всех образцах, нижняя, средняя пермь, решетниковская свита (р-н г. Владивостока). Образец № 63. Обозначения: 1 – снят в воздушно-сухом; 2 – насыщенном этиленгликолем состояниях; 3 – рефлекс 060. Отражения даны в ангстремах – Å.

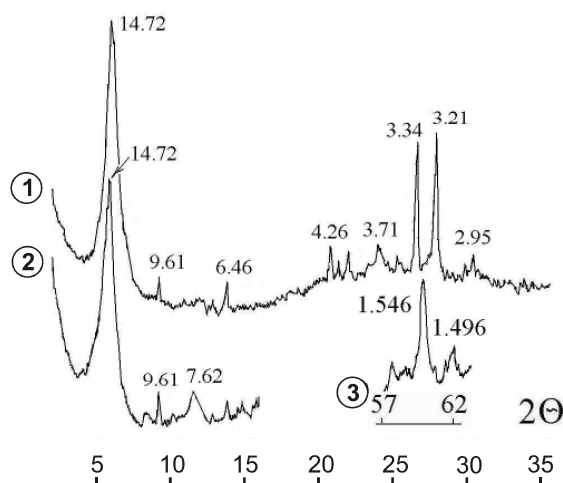


Рис. 3. Хлорит с незначительной примесью корренсита (?) и ломонтита (?), нижний мел, галенковская свита (бухта Сокол, р-н г. Владивостока).

Образец № 159. Здесь и далее обозначения см. рис. 2.

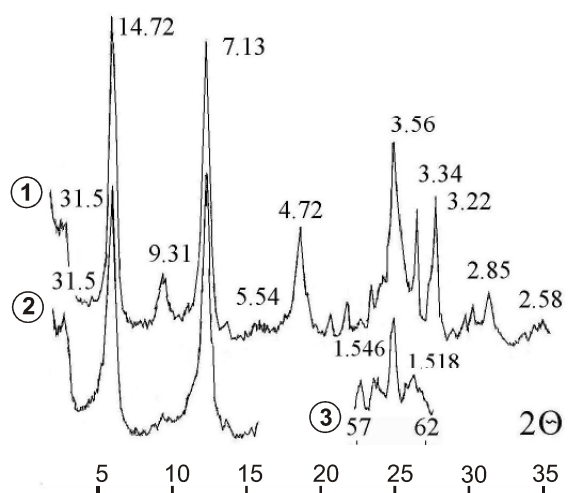


Рис. 4. Корренсит с примесью хлорита, дефектного хлорита и смешанослойного слюда-сметита, липовецкая свита (бухта Сокол, р-н г. Владивостока).

Образец № 178.

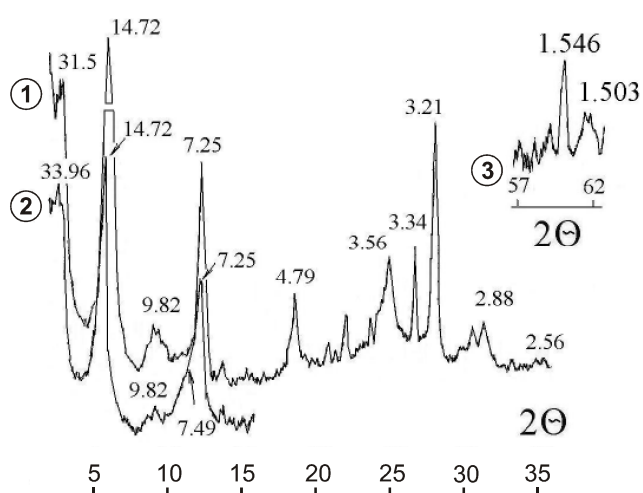


Рис. 5. Аналог обр. 178.

Содержание корренсита несколько выше, чем в предыдущем, липовецкая свита (бухта Сокол, р-н г. Владивостока). Образец № 181.

К третьему типу (в) отнесены минералы из палеогеновых пород зайсановской свиты и клерковской толщи, представленные на трех рентгенограммах. На одной из них (рис. 6, обр. 93) фиксируется рефлекс в 30.45 Å в малоугловой области, слегка меняющийся при насыщении до 30.65 Å, а рефлекс в 14.7 Å распадается на два отражения в 17.67 и 14.7 Å. Также фиксируются рефлексы, характерные для хлорита, и добавочные, отражающие нецелочисленность серии

для смешанослойных образований типа хлорит-сметит (9.4 Å в естественном и 9.2 Å в насыщенном состояниях). Данный образец, вероятно, является переходным между вторым и третьим типом корренситоподобных минералов (КПМ). В пробе предполагается наличие триоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.546 Å, параметр $b = 9.27$ Å) хлорита в смеси с хлорит-сметитом ($S = 1$, $W_x:W_c = 0.4:0.6$ и $P_{cc} = 0$) и диоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.500 Å, параметр

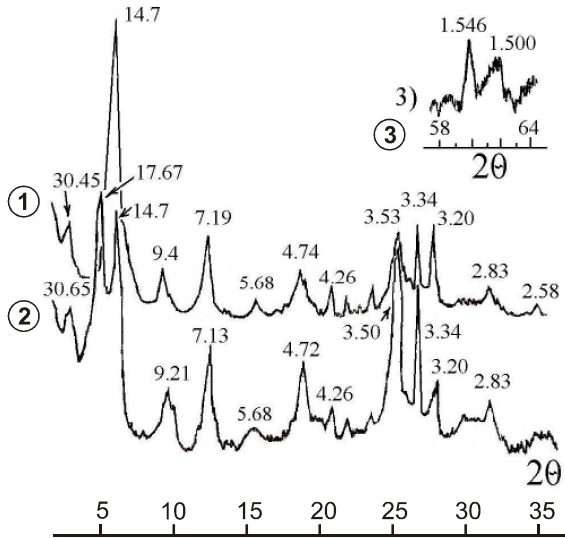


Рис. 6. Корренсит, КПМ и ректорит с хлоритом в виде примеси, палеоцен(?), назимовская свита (п-ов Посьет). Образец № 93.

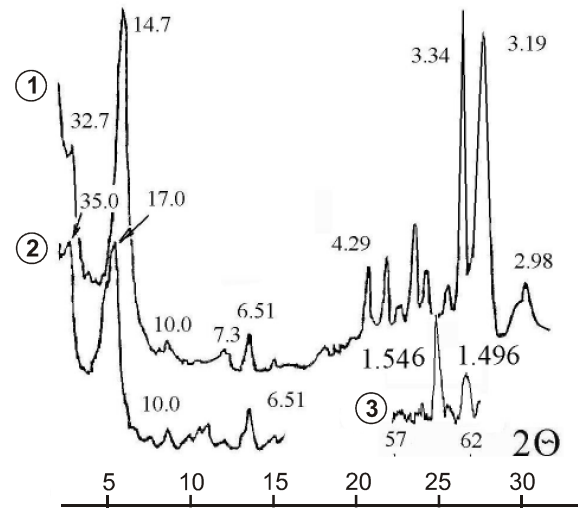


Рис. 7. Корренсит и слюда в виде незначительной примеси, палеоцен(?), назимовская свита (п-ов Посьет). Образец № 94.

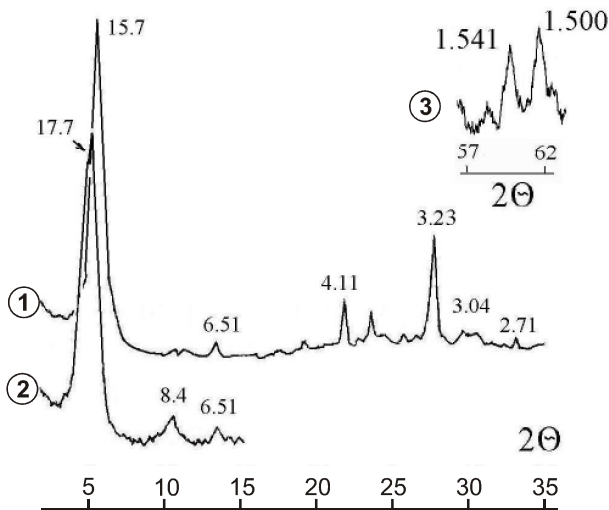


Рис. 8. Сметтит, КПМ и примесь разбухающего хлорита, эоцен, краскинская толща (р-н пос. Славянки). Образец № 108.

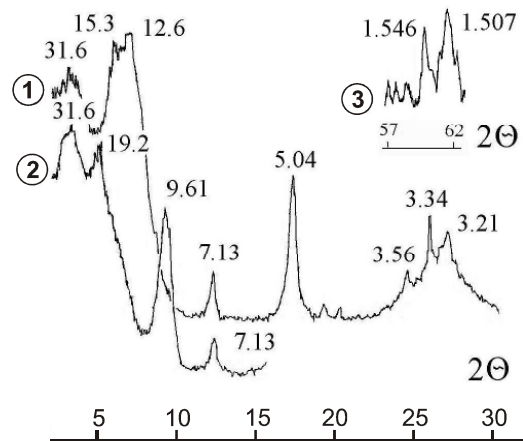


Рис. 9. Ректорит с примесью хлорита. нижний мел, галенковская свита (п-ов Де-Фриза). Образец № 86.

$b = 9.00 \text{ \AA}$) компонента (возможно смешанослойного слюда-сметтита). Во второй пробе (рис. 7, обр. 94) фиксируется отражение в 32.7 \AA в естественном, сдвигающийся до 35.0 \AA в насыщенном состоянии. Рефлекс 060 в 1.546 \AA (параметр $b = 9.27 \text{ \AA}$) и отражение в малоугловой области предполагают наличие высокоупорядоченного триоктаэдрического минерала типа хлорит-сметтит в соотношении $W_x:W_c = 0.4:0.6$, $S = 1$ и $P_{xx} = 0$ с присутствием разбухающего хлорита и незначительным содержанием диоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.496 \AA , параметр $b = 8.98 \text{ \AA}$) компонента, возможно принадлежащего как слюде,

так и сметтиту. Отмечается также и наличие незначительного количества хлорита. Третья рентгенограмма (рис. 8, обр. 108) может интерпретироваться как смесь диоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.500 \AA , параметр $b = 9.00 \text{ \AA}$) сметтита, триоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.541 \AA , параметр $b = 9.25 \text{ \AA}$) хлорит-сметтита ($W_x:W_c = 0.2:0.8$, $P_{xx} = 0$ и $S = 1$) и разбухающего хлорита.

Ректоритовая ассоциация выделена по преобладающему (сметтит-слюдистому) типу переслаивания. Наибольшее распространение она получила в нижнемеловой никанской серии. Намечен ряд от

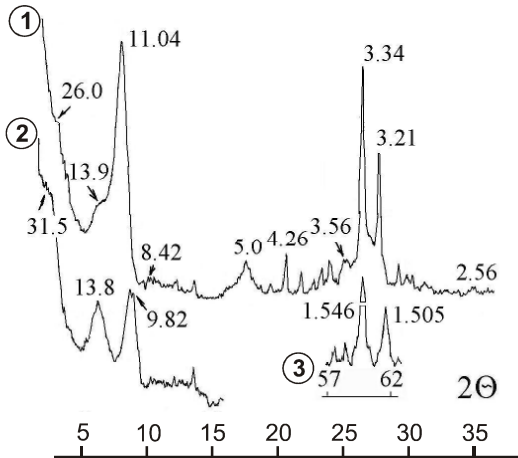


Рис. 10. Ректорит, корренсит, КПМ, нижний мел, липовецкая свита (п-ов Де-Фриза).

Образец № 140.

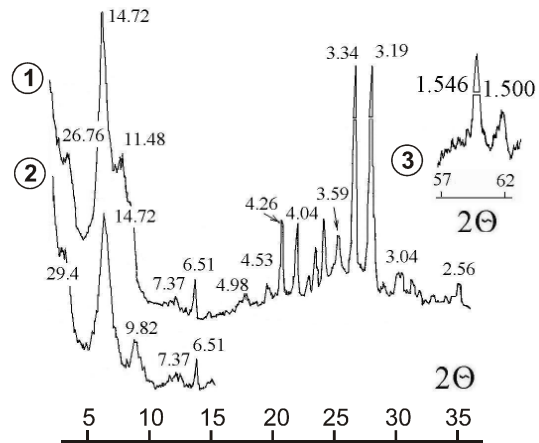


Рис. 11. Корренсит, КПМ, дефектный хлорит, нижний мел, липовецкая свита (п-ов Де-Фриза).

Образец № 143.

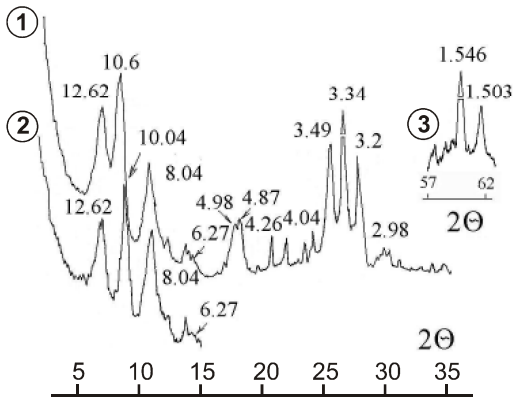


Рис. 12. Слюда (смешанослойный биотит-вермикулит?), нижний мел, липовецкая свита (п-ов Де-Фриза).

Образец № 139.

наиболее близких к ректориту разновидностей до смешанослойных образований типа смектит-слюда с различным процентным соотношением переслаивающихся пакетов и типом переслаивания, вплоть до присутствия вермикулита (?). Для этой группы характерно наличие рефлекса в 26.0 Å (или «плеча») в естественном и 31.0 Å в насыщенном состоянии (рис. 9–12) и базового рефлекса в районе 5.0 Å, характерного для слюдяного компонента. На рентгенограмме (рис. 9, обр. 86) с неизменяющимся рефлексом в 31.6 Å и распадающимся рефлексом в 12–15 Å на два в 19.2 и 9.61 Å, минерал может принадлежать как смешанослойной диоктаэдрической (рефлекс 060 равен 1.507 Å, параметр $b = 9.04$ Å) разновидности типа слюда-смектит с максимальной степенью порядка $S = 2$ и содержанием иллитовых пакетов $W_{и} = 0.8$,

так и аналогичной высокоупорядоченной смешанослойной разновидности со степенью порядка $S = 1$, $W_{и}:W_{с} = 0.7:0.3$ и $P_{сс} = 0$ [3]. В смеси также присутствует триоктаэдрический хлорит (рефлекс 060 равен 1.546 Å, параметр $b = 9.27$ Å). Минеральные смеси, имеющие близкие параметры к приведенным выше дифрактограммам (рис. 10, обр. 140; рис. 11, обр. 143), возможно, представляют собой переходные разновидности от преимущественно слюда-смектитового к хлорит-смектитовому типу переслаивания. На рисунке 10 в исходном состоянии отмечается «плечо» в области 26.0 Å, сдвигающееся при насыщении до 31.5 Å, а рефлекс в 11.04 Å с уширением к низу распадается на два в 13.8 и 9.82 Å. Можно предположить, что смесь минералов в данной пробе представлена аналогичной вышеупомянутой разновидности типа слюда-смектит с максимальной степенью порядка $S = 2$ и содержанием иллитовых пакетов $W_{и} = 0.4$ или степенью порядка $S = 1$, $W_{и}:W_{с} = 0.75:0.25$ и $P_{сс} = 0$ с преимущественным содержанием триоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.546 Å, параметр $b = 9.27$ Å) и подчиненным диоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.505 Å, параметр $b = 9.03$ Å) компонентов. Меньшее содержание вышеупомянутых разновидностей отмечается на рисунке 11 (обр. 143), где присутствует также корренсит (отражение 26.76–29.4 Å в естественном и насыщенном состояниях) и смектит-хлорит (14.7 Å) со степенью упорядочения $S = 1$, содержанием смектита и хлорита $W_{с}:W_{х} = 0.9:0.1$ и вероятностью встречи смектитовых слоев $P_{сс} = 0.2$, а также дефектного хлорита (вермикулита?) (рефлекс в 11.48 Å, исчезающий при насыщении). Соотношение триоктаэдрического (рефлекс 060 равен 1.546 Å, параметр $b = 9.27$ Å) и ди-

октаэдрического (рефлекс 060 равен 1.500 \AA , параметр $b = 9.0 \text{ \AA}$) компонентов аналогично вышеупомянутому. На рисунке 12 (обр. 139) приведена рентгенограмма, несколько отличающаяся от представленных выше, но отнесенная к ректоритовой группе. Исходная проба не отличается от подвергнутой обработке этиленгликолем. Рефлексы не меняют своего положения, а только слегка изменяют форму. Соотношение триоктаэдрического и диоктаэдрического компонентов также остается прежним. Такая картина может принадлежать смешанослойному образованию с неразбухающими переслаивающимися компонентами типа биотит-вермикулит со степенью упорядочения $S = 1$ и содержанием биотитовых слоев $W_6 = 0.3$. Возможно также незначительное присутствие смешанослойного образования типа хлорит-сметит (рефлекс 2.98 \AA).

Необходимо отметить, что высокоупорядоченные смешанослойные разновидности корренситового типа обнаружены, в основном, в цементе песчаников и тяготеют к низам разреза, содержащим грубозернистые отложения (конгломераты, гравелиты и галечники). Смешанослойные образования ректоритового типа чаще связаны с тонкозернистыми осадками (аргиллитами и алевролитами). Цемент песчаников в верхних частях разреза, как правило, содержит преимущественно слюду и хлорит.

Кроме вышеперечисленных минералов были обнаружены каолинит, цеолит, кальцит и гипс (табл. 2). Каолинит встречен в решетниковской (нижняя, средняя пермь) и поспеловской (нижняя, верхняя пермь) свитах (г. Владивосток), липовецкой (нижний мел, с. Занадворовка) и краскинской (эоцен, пос. Посъет) свитах. В отложениях липовецкой свиты он тяготеет к угольным пластам. Цеолит (ломонтит) обнаружен преимущественно в вулканогенно-осадочных породах (туфопесчаниках) галенковской свиты (полуостров Де-Фриза и бухта Сокол). Кальцит, как правило, развит в виде прожилков в породе по вторичной трещиноватости и зеркалам скольжения. Гипс встречен в единичных пробах.

Распределение минералов во временном разрезе соответствует предложенной ранее схеме [18]. В цементе вулканогенно-осадочных и осадочных пород юга Приморья (табл. 2, рис. 13) в интервале от перми до мела прослеживается преимущественно слюда-хлоритовая – хлорит-слюдистая ассоциация. С раннемелового и до эоценового времени в нижних частях осадочных толщ, с перерывом в три этапа (липовецкая, галенкинская нижнемеловые и палеоценовая назимовская свиты) фиксируются корренсит и КПМ, ректорит и ректоритоподобные (РПМ) – высокоупорядоченные смешанослойные минералы с примесью хлорита, дефектного хлорита, вермикулита и слюды.

В средних и верхних частях свит преимущественно развиты слюда и хлорит с незначительным присутствием смешанослойных минералов (возможно, образованных при вторичном выветривании). Начиная с олигоцена до настоящего времени, развит преимущественно смектит с незначительной примесью смешанослойных образований типа смектит-хлорит.

По данным химического анализа (табл. 3) исследованные образцы делятся на две группы (согласно положению на рис. 14), соответственно попадая в поле осадочных [хасанская (7) свита] и гидротермально-измененных [краскинская (6), назимовская (8), галенковская (10) и липовецкая (11) свиты] пород. Первые соседствуют с фракцией меньше 0.001 мм из песчаников Сихотэ-Алиня (18) и большей частью значений для пород дна окраинных морей [нижнемеловые и палеогеновые породы возвышенности Ямато (1, 2), о. Шикотан (3) и п-ова Терпения (4) (о. Сахалин)], а вторые со значениями для фракции меньше 0.001 мм из песчаников п-ова Ильпинского (18) и п-ова Кроноцкого (19) (п-ов Камчатка) и подводного хребта Витязя (5), соответственно.

Образцы из верхней части хасанской? (эоцен-олигоцен) свиты близки по значениям пробам из пород возвышенности Ямато, п-ова Терпения и о. Шикотана (попадающие в поле осадочных пород) и имеют сходный химический состав (меньшее содержание железа и магния во фракции меньше 0.001 мм). Нижние части краскинской (эоцен), назимовской (палеоцен–нижний эоцен) свит, никанской серии* [галенковская и липовецкая (нижний мел) свиты], с угловым несогласием залегающие на консолидированном фундаменте, близки по составу и условиям образования отложениям подводного хребта Витязя и отложениям п-ова Камчатки. Корренситы и КПМ, найденные в основании свит Южного Приморья, подтверждают цикличность условий минералообразования для фор-

*Никанская серия (K_1 nk) распространена в Раздольненской впадине. В её составе выделены три свиты: уссурийская, липовецкая и галенковская. Уссурийская свита залегают несогласно на всех домеловых образованиях, самыми молодыми из которых являются юрские. Низы свиты представлены конгломератами мощностью от 20 до 50 м. Выше залегают песчаники от мелко- до крупнозернистых, алевролиты, конгломераты и пласты угля. Максимальная мощность на Липовецком месторождении до 350 м. Липовецкая свита распространена несколько шире, что указывает на расширение области седиментации. В западной части Раздольненской впадины она залегают на верхелермских отложениях, на юге – на верхнетриасовых. Соотношение её с уссурийской свитой согласное, но в низах почти всюду отмечаются конгломераты и гравелиты. Выше залегают песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты и аргиллиты. Между липовецкой и галенковской свитами контакт согласный [7, 11]. Уссурийская свита не была опробована.

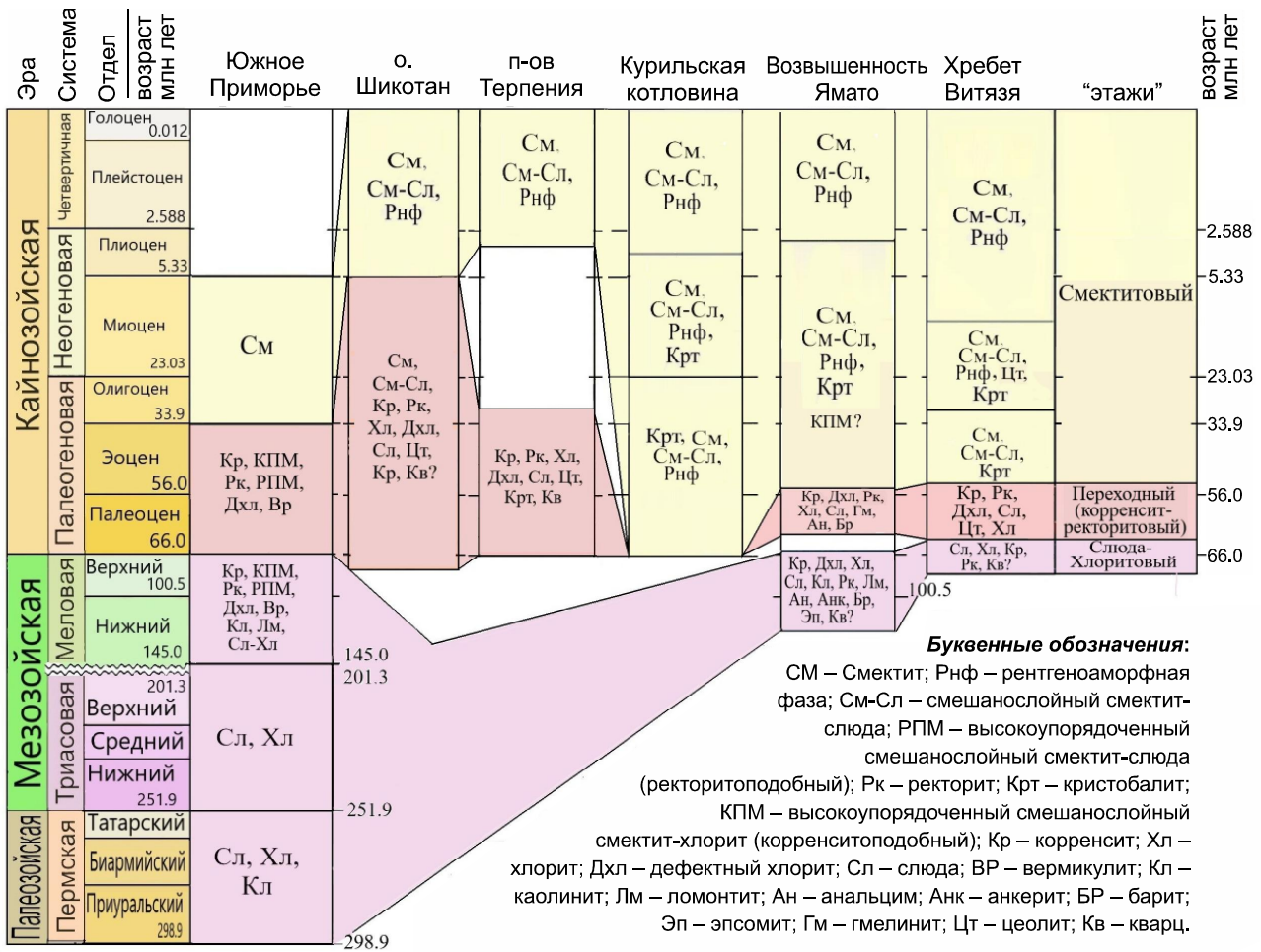


Рис. 13. Ассоциации аутигенных минералов в изученных осадочных бассейнах Дальнего Востока и окраинных морей северо-запада Тихого океана.

мировавшихся пород. В раннемеловое время таких циклов могло быть три (уссурийская(?), липовецкая, галенковская свиты) и более, а в палеогеновое (краскинская, назимовская свиты) – два и более.

Следует отметить, что особенности формирования аутигенных минералов в породах Южного Приморья, отмеченные ранее для изученных отложений окраинных морей и прилегающей суши [10, 18], остаются прежними – по тонкозернистым вулканогенно-осадочным породам (аргиллитам и алевроаргиллитам), эффузивам и вулканогенно-осадочным (много вулканогенного материала) эпигенез: а) отстает от аналогичного процесса в одновозрастных осадочных грубозернистых породах; б) слабо выражен в тонкозернистых разновидностях и имеет преимущественно смектит-слюдистый характер; в) по эффузивам чаще образуются РПМ и цеолиты; г) в крупнозернистых породах (туфопесчаниках, туфоалевролитах) раннемелового и палеоцен-эоценового возраста развивают-

ся более кристаллически-совершенные минеральные образования – корренсит и КПМ. Вероятно, это связано с лучшей циркуляцией поровых растворов или с обстановкой осадконакопления – в прибрежных, более тепловодных условиях формировались осадки с повышенными концентрациями растворенных солей (отшнурованные водоемы, лагуны), аутигенные минералы которых в процессе эпигенеза трансформировались в корренситы [8, 17], а затем в хлориты. В других частях бассейна формировались более тонкозернистые осадки (которые не были столь проницаемы), минералы которых в эпигенезе преобразовались в «дефектные» смешанослойные структуры – дефектные хлориты, смектит-хлориты и хлорит-смектиты (КПМ).

Выявлена общая закономерность для нижнемеловых и палеоцен-эоценовых пород всех изученных осадочных бассейнов – Южное Приморье, возвышенность Ямато, п-ов Терпения, о. Шикотан и хре-

бет Витязя (рис. 14) [18]. Она прослеживается в том, что изученные отложения формировались в прибрежных условиях и залегают с угловым несогласием на породах фундамента [7, 9, 10, 12, 13, 18]. Основание толщи представлено базальными конгломератами, которые начинают трансгрессивную серию. Аутигенные минералы, развитые в этих отложениях, формировались в сходных условиях, прошли одну и ту же ступень эпигенеза и преобразовались в корренсит и КПП, ректорит и РПМ. Источником осадочного материала служили породы коры «континентального» типа с постоянной долей вулканического материала [изредка существенной – зеленевская (о. Шикотан) и краскинская (Южное Приморье) свиты]. Судя по минералогическим данным, мощность накопленных осадков была приблизительно одинакова (до 3–5 км) [15].

Таким образом, можно предположить, что в раннемеловое и палеоцен-эоценовое время эти районы представляли из себя цепь (возможно разрозненную) осадочных бассейнов на материковой окраине, испытавших синхронное прогибание в условиях растяжения земной коры. Условия осадконакопления были мелководными, способствовавшими накоплению минералов, впоследствии преобразовавшихся в корренсит и КПП.

Для меловых и палеогеновых пород региона характерны слюда, хлорит, корренсит, ректорит, каолинит, дефектный хлорит, анальцим, ломонтит, стильбит, шабазит – индекс-минералы анальцимовой фазы эпигенеза и, возможно, ломонитовой. Вероятная глубина погружения пород этого возраста оценивается от 2 до 5 км [15].

На примере изучения аутигенной минерализации мезозойско-кайнозойских вулканогенно-осадочных и осадочных пород дна Японского и Охотского морей, прилегающих территорий, Малой Курильской дуги, подводного хребта Витязя и юга Приморья можно сделать вывод о том, что при эпигенезе осадочных толщ наблюдаются два параллельных процесса – прогрессивная трансформация смектита в слюду при наличии калия и хлоритизация при условии избытка кальция и магния, т.е. присутствие слюды отражает ход процессов эпигенеза [5, 6], а корренсита и КПП – специфические условия осадконакопления для данного региона [8, 17].

В современных и четвертичных осадках смектит занимает подчиненное положение, где доминирующими обломочными минералами являются хлорит и слюда, характеризующие источники сноса. В неогеновых отложениях и вулканогенных породах смектит становится преобладающим минералом, ассоциируя с низкоупорядоченными смешанослой-

Таблица 3. Средний химический состав (в %) корренситоподобных минералов и корренситов различных генетических групп (фракция меньше 0.001 мм).

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	(n=4)	(n=4)	(n=2)	(n=2)	(n=6)	(n=2)	(n=3)	(n=3)	(n=1)	(n=3)	(n=3)	(n=6)	(n=7)	(n=10)	(n=3)	(n=6)	(n=6)	(n=6)	(n=6)
FeO	13.92	15.62	10.27	11.03	14.66	11.2	11.7	9.77	9.8	15.47	17.03	10.27	19.44	9.94	3.88	0.88	6.21	15.50	12.03
MgO	6.24	5.44	2.09	5.06	9.23	1.74	1.23	3.52	1.90	5.55	9.69	16.03	10.47	20.77	23.47	2.78	1.90	7.16	3.65
CaO	0.14	0.09	1.78	0.77	1.02	0.94	0.06	1.26	3.77	1.17	1.13	1.70	2.08	1.67	1.43	0.36	0.35	3.27	1.63
Na ₂ O	1.51	1.61	1.04	1.15	1.01	2.56	1.55	2.54	2.48	1.90	1.60	0.35	1.11	0.51	0.12	0.36	1.09	1.33	1.01
K ₂ O	1.90	2.55	4.17	2.74	1.81	3.16	3.57	2.54	0.93	1.90	1.60	2.62	0.95	0.33	0.64	0.09	5.14	1.24	2.02

Примечание. КППМ: 1 – из нижнемеловых песчаников и алевроаргиллитов хребта Южное Ямато; 2 – из палеоценовых песчаников и алевроаргиллитов хребта Южное Ямато; 3 – из вулканогенно-осадочных пород о. Шикотан; 4 – из вулканогенно-осадочных пород п-ова Терпения; 5 – из вулканогенно-осадочных пород хребта Витязя; 6 – из палеогеновых вулканогенно-осадочных пород (Южное Приморье): краскинской; 7 – хасанской; 8 – назимовской свит; 9 – из нижнемеловых вулканогенно-осадочных пород (Южное Приморье) коркинской; 10 – галенковской; 11 – липовицкой свит. Корренситы: 12 – из терригенно-карбонатно-эвапоритовых вулканогенно-осадочных пород (Южное Приморье) коркинской; 13 – из гидротермально-преобразованных основных и ультраосновных пород, 15 – из карбонатно-доломитовых формаций, 16 – из гидротермально-переработанных гипс-доломитовых пород (12, 15, 16 – I генетический тип; 13 – II; 14 – III) [5]; 17 – фракция меньше 0.001 мм из нижнемеловых песчаников Сихотэ-Алиня; 18 – из палеогеновых песчаников Ильпинского и 19 – Крощоцкого п-овов (Камчатка) [14].

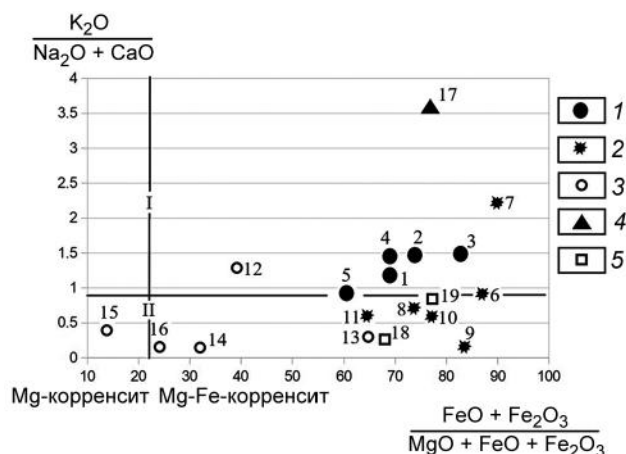


Рис. 14. Корренситы различных генетических групп, по [5], в соответствии с табл. 3.

I – КПМ окраинных морей; 2 – КПМ Южного Приморья; 3 – корренситы различных генетических групп, по [5]; 4 – фракция меньше 0.001 мм из песчаников Сихотэ-Алиня; 5 – из песчаников п-ова Ильпинского и п-ова Кроноцкого (п-ов Камчатка) [14]. Номера полей: I – поле осадочных пород; II – поле гидротермально-измененных магматических пород.

ными образованиями типа смектит-слюда и кристобалитом. В палеогеновых и нижнемеловых породах высокоупорядоченные смешанослойные минералы становятся доминирующими, ассоциируя с дефектным хлоритом и цеолитами. Заметно разделяются и пути их трансформации в зависимости от условий седиментации. Слюда и РПМ, вероятно, сформировались в процессе эпигенеза из смектита, через серию смешанослойных образований типа смектит-слюда. Корренсит и КПМ имеют двойственный генезис. Они могли образоваться как в процессе эпигенеза при трансформации смектита, так и в результате преобразования магнезиальных силикатов типа сепиолита или палыгорскита (?).

ВЫВОДЫ

1. В осадочных комплексах выделены три минералогических «этажа»: 1) слюда-хлоритовый – хлорит-слюдистый (пермь–мел); 2) переходный от хлорита и слюды к смектиту – развиты корренситы и КПМ, ректориты и РПМ (ранний мел–палеоцен–эоцен); 3) смектитовый (олигоцен–настоящее время).

2. Аутигенное минералообразование в изученных древних бассейнах седиментации (Южное Приморье, возвышенность Ямато, п-ов Терпения, о. Шикотан и хребет Витязя) имеет сходные черты и указывает на близкие условия формирования для некоторой части пород. В них в прибрежно-морских условиях образуются осадки, минералы в которых в результате дальнейших преобразований переходят в корренситы

и ректориты. В песчаниках преобладают корренситы и КПМ, а для алевролитов и алевроаргиллитов характерны ректориты и РПМ.

3. Наиболее яркими индикативными свойствами обладают два минерала – корренсит и ректорит. Находки корренсита (КПМ) и ректорита (РПМ) в ассоциации с ломонтитом в осадочных породах могут свидетельствовать о том, что: а) возраст этих пород не моложе эоцена и предполагаемая мощность осадков не менее 2–3 км [15]; б) возможна связь с отложениями, «близкими» к эвапоритовым [4, 6, 8, 16, 17]. Следует ожидать находок подобных образований в других районах Приморья, а возможно, и в других меловых и палеогеновых осадочных бассейнах Дальнего Востока.

4. Поскольку корренсит и КПМ, вероятно, связаны с испарением морской воды и осолонением бассейнов осадконакопления, они могут являться реперными минералами в стратиграфических построениях для корреляции однотипных отложений в дальневосточных окраинных морях и на прилегающей суше.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы ТОИ ДВО РАН, № гос. регистрации 121021700342-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Приморский край. Ч. 1. Геологическое описание. Т. XXXII / Под ред. И.И. Берсенева. М.: Недра, 1969. 696 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1: 1 000 000. Третье поколение. Дальневосточная серия. М.: ВСЕГЕИ, 2011.
3. Дриц В.А., Сахаров Б.А. Рентгеноструктурный анализ смешанослойных минералов / Тр. ГИН АН СССР. Вып. 295. М.: Наука, 1976. 256 с.
4. Дриц В.А., Ивановская Т.А., Сахаров Б.А. и др. Смешанослойные корренсит-хлориты и механизм их образования в глауконитовых песчано-глинистых породах (рифей, Анабарское поднятие) // Литол. и полезные ископаемые. 2011. № 6. С. 635–665.
5. Коссовская А.Г., Дриц В.А. Вопросы кристаллохимической и генетической классификации слюдистых минералов осадочных пород / Эпигенез и его минеральные индикаторы. М.: Наука, 1971. С. 71–95. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 221).
6. Коссовская А.Г., Дриц В.А. Генетические типы корренситов и корренситоподобных минералов // Литол. и полезные ископаемые. 1985. № 5. С. 16–38.
7. Кутуб-Заде Т.К., Коваленко С.В., Короткий А.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1: 200 000. Серия Ханкайская. Листы К-52-ХI, XVII: Объясн. зап. М.: Московский филиал ВСЕГЕИ, 2013.
8. Милло Ж. Геология глин (выветривание, седиментология, геохимия) / Пер. с французского Ж. Мило; под ред. А.Г. Коссовской. Л.: Недра, 1968. 359 с.
9. Можеровский А.В., Терехов Е.П. Аутигенные минералы цемента раннемеловых и палеоценовых осадочных пород подводной возвышенности Ямато (Японское море) // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 1. С. 59–70.

10. Можеровский А.В. Геология и стратиграфия полуострова Посет (Южное Приморье) с минералогической точки зрения // Вестн. КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2019. № 3 (43). С. 26–37.
11. Сясько А.А., Вржосек А.А., Дубинский А.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1: 200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Листы К-52-ХП, XVIII: Объясн. зап. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2016.
12. Терехов Е.П., Можеровский А.В., Горовая М.Т. и др. Вещественный состав мел-палеогеновых пород котиковской серии п-ова Терпения (остров Сахалин) // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 3. С. 97–110.
13. Терехов Е.П., Можеровский А.В., Цой И.Б. и др. Верхнемеловые и кайнозойские комплексы вулканогенно-осадочных пород подводного хребта Витязя (островной склон Курило-Камчатского желоба) и история его развития // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 3. С. 24–31.
14. Чудаев О.В. Глинистые минералы флишевых формаций Сихотэ-Алиня и Камчатки: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 1977. 141 с.
15. Aoyagi K., Kazama T. Transformational changes of clay minerals, zeolites and silica minerals during diagenesis // Sedimentology. 1980. V. 27, N 2. P. 179–188.
16. Brigatti M.F., Poppi L. Crystal chemistry of corrensite: a review // Clays and Clay Minerals. 1984. V. 32, N 5. P. 391–399.
17. Hauff P.L. Corrensite: Mineralogical Ambiguities and Geologic Significance / United States Department of the Interior Geological Survey. Open-File Report 81-850. 1981. p. 45.
18. Mozherovsky A.V., Terekhov E.P. Authigenic minerals of Meso-Cenozoic volcanic-sedimentary rocks of marginal seas bottom of the North-Western Pacific // Standard Global Journal of Geology and Explorational Research. 2016. V. 3(3). P. 105–114. (https://www.researchgate.net/publication/303811393_Authigenic_minerals_of_Meso-Cenozoic_volcanic-sedimentary_rocks_of_marginal_seas_bottom_of_the_North-Western_Pacific).

Рекомендована к печати И.Б. Цой
 после доработки 09.06.2021 г.
 принята к печати 21.07.2021 г.

A.V. Mozherovsky

Authigenic minerals of volcanogenic-sedimentary rocks of the paleozoic–cenozoic age of the Southern Primorye

Authigenic minerals in volcanogenic-sedimentary and sedimentary rocks of Southern Primorye from Permian to Miocene time have been studied. Corrensite, rectorite, highly ordered mixed-layer differences of the chlorite-smectite (corrensite-like) and mica-smectite (rectorite-like) types, mica, vermiculite-like differences (?), chlorite, defective chlorite, kaolinite, smectite, calcite, and zeolites were found. Such a set of minerals indicates that the sedimentary layer in the studied sedimentary basins could be three to five kilometer thick, and the temperature of their formation is more than 150°C. The formation of the Lower Cretaceous and Paleocene sedimentary strata has similar features, and probably proceeded first in a shallow sea basin setting of the continental margin (rift stage), sometimes under conditions close to evaporitic (presence of corrensite?), with a frequent change of the facial situation from shallow to deep sedimentation, episodic supplies of volcanic material, and gradual deepening of sedimentation basins. It can be assumed that in Early Cretaceous and Paleogene times, a series of discrete sedimentation basins along the northeastern Asia continental margin developed in a single mineralogical, tectonic, and sedimentological regime of crustal extension: minerals accumulated in the sediments, which in the process of epigenesis transformed in the following directions: a) smectite-rectorite-mica; and b) smectite (palygorskite, sepiolite?) - corrensite-chlorite. In the studied sedimentary complexes three mineralogical «layers» are distinguished: 1) chlorite-mica – mica-chlorite (Permian - Cretaceous); 2) transitional from chlorite and mica to smectite - developed are corrensite, rectorite and highly ordered mixed-layer corrensite-like and rectorite-like minerals (Cretaceous - Paleocene-Eocene), and 3) smectite (from Oligocene to the present).

Key words: volcanogenic-sedimentary and sedimentary rocks, authigenic minerals, chlorite, mica, mixed-layer smectite-chlorite (corrensite-like), smectite-mica (rectorite-like), Primorye.