

УДК 551

АССОЦИАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В СОСТАВЕ ТРИАС-НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДАЛЬНЕГОРСКОГО ОПОРНОГО РАЗРЕЗА (ЮЖНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

© 2004 г. М. И. Тучкова, Н. Ю. Брагин, К. А. Крылов*

Геологический институт РАН

119017 Москва, Пыжевский пер., 7; E-mail: tuchkova@ginras.ru

** Стэнфордский Университет*

г. Стэнфорд, США

Поступила в редакцию 18.06.2003 г.

В ходе исследований триас-нижнемеловых кремнистых отложений Дальнегорского опорного разреза (южный Сихотэ-Алинь) установлены четыре последовательно сменяющие друг друга ассоциации аутигенных глинистых минералов: 1) – серицит-хлоритовая (нижний триас), 2) – слюдисто-хлоритовая (анизий–норий), 3) – хлорит-слюдистая (рэт-нижняя юра), 4) – смектит-хлорит-слюдистая (верхняя юра–нижний мел). Данные ассоциации отражают первичный состав терригенной примеси в составе кремнистых осадков, являясь, таким образом, важными индикаторами палеоусловий осадконакопления. Первая ассоциация представляет собой продукты размыва метаморфических комплексов пород. Вторая отражает начало проявлений вулканической деятельности в пределах бассейна, ее возникновение совпадает по времени с крупной вспышкой развития кремневого планктона (радиолярий) и с кратковременным появлением в разрезе своеобразных углеродистых осадков аноксидной природы. Третья ассоциация характеризует эпоху минимального поступления в бассейн обломочного материала как вулканогенного, так и терригенного происхождения, и доминирующего накопления почти чистых планктоногенных осадков. Четвертая ассоциация знаменует смену пелагической обстановки окраинно-морской, выражаясь в значительном притоке пирокластического и обломочного материала и формировании дистальных флишевых отложений.

В составе кремнистых пород постоянно встречаются различные глинистые минералы, которые представляют несомненный интерес для восстановления условий формирования этих отложений. Однако до недавнего времени их минеральный состав и закономерности размещения не были достаточно изучены и не могли быть полноценно использованы. В настоящее время изучение глинистых минералов с помощью прецизионных методов позволяет выявлять их структурные характеристики и генезис, поэтому установление ассоциаций глинистых минералов и особенностей их распределения в кремнистых породах является чрезвычайно актуальной задачей. Изучение глин в составе мезозойских и палеозойских кремнистых пород северо-востока России позволило заключить, что терригенная примесь в кремнях, как правило, аллотигенна [Волохин, 1980; Константиновская 1997, 1998 и др.]. В последнее время, благодаря развитию детальной (зональной) стратиграфии мезозойских кремнистых толщ, появились предпосылки для точной стратиграфической привязки изучаемых минеральных ассоциаций и анализа их смены и эволюции в опорных разрезах. В настоящей статье приводятся результаты изучения глинистых минералов, которое проводилось в триас-

нижнемеловом опорном разрезе кремнистых толщ у п. Дальнегорск на р. Рудной в южном Сихотэ-Алине, детально расчлененном на зоны по радиоляриям. В этом разрезе выявлены основные рубежи смены таксонов, вычислена скорость осадконакопления, для каждого временного интервала определены характерные ассоциации радиолярий [Брагин, 2000].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение глинистых минералов производилось в несколько этапов. Первоначально глинистые минералы и/или их ассоциации определялись микроскопически в прозрачных шлифах, также проводилось петрографическое описание кремнистых пород. Дальнейшее выделение глинистой составляющей производилось по стандартной методике – отмучиванием глинистой фракции и приготовлением ориентированных препаратов. Состав глинистых минералов во фр. < 0.001 мм устанавливался методом рентгено-дифрактометрии. Наиболее представительные образцы с максимальным содержанием глинистых минералов анализировались на микрозонде с количественным определением основных окислов, морфоло-

гические особенности глинистых минералов устанавливались на сканирующем электронном микроскопе.

Количественный подсчет раковин радиолярий произведен во всех образцах на микроскопе (ПОЛАМ Л-213М) при одном увеличении (объектив 10*, окуляр 10*). Подсчитывались остатки радиолярий по 5 замерам.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Кремнистые толщи мезозоя широко распространены на северо-востоке России (Сихотэ-Алинь, Корякия, Сахалин и др.). Эти образования или их фрагменты вскрыты во многих террейнах Тихоокеанского обрамления, их строение было подробно описано ранее на Камчатке [Гречин, 1972], в Приморье [Волохин и др., 1989, 1990; Волохин, 1980; Кемкин, Кемкина, 1998; Брагин, 1991, 2000; Брагин и др., 2002], на полуострове Тайгонос [Константиновская, 1998], в южной части Срединного хребта Камчатки [Константиновская, 1997]. Основная часть встречающихся в Приморском аккреционном поясе мезозойских океанических комплексов представлена эффузивно-кремнистыми, туфокремнистыми и кремнисто-глинистыми породами, в которых кремнистые отложения являются главной составляющей разрезов [Волохин и др., 1990; Брагин, 1991; Голозубов, Мельников, 1986]. В Приморье строение терригенно-кремнистых толщ было подробно описано ранее на р. Рудной, (Сихотэ-Алинь, Дальнегорский район) [Волохин и др., 1990; Волохин, 1980; Кемкин, Кемкина, 1998; Брагин, 1991, 2000; Брагин, Крылов, 2002]. Дальнегорский рудный район расположен в пределах Таухинского террейна (рис. 1), представляющего собой аккреционную призму раннемелового возраста [Голозубов и др., 1992; Кемкин, Ханчук, 1993; Кемкин, Кемкина, 1998]. Для Таухинского террейна характерно многократное чередование турбидитовыхolistостромовых и палеоокеанических образований, а также развитие сложных покровно-складчатых структур, в которых совмещены тектонические пластины различного происхождения. Одна из таких пластин сложена кремнистыми толщами триас-раннемелового возраста – и вскрывается по берегам р. Рудной на восточной окраине п. Дальнегорск (см. рис. 1а). Разрез представлен различными кремнистыми (триас-ранняя юра), флишоидными образованиями (ранний мел) и в средней части пиллоу-лавами базальтов, переслаивающимися с плотными красными радиоляриевыми яшмами (поздний карний) (рис. 2).

Дальнегорский разрез является опорным при разработке зональной стратиграфии триаса и

юры Дальнего Востока по радиоляриям [Брагин, 1991, 2000; Кемкин, Кемкина, 1998]. Однако до настоящего времени в представленной шкале существует несколько до конца не ясных моментов. Датирование нижней части разреза сопряжено с определенными трудностями и наименее обосновано вследствие крайней бедности, а часто и отсутствия радиолярий в раннем триасе [Брагин, 2000]. Индские отложения остаются датированными лишь предположительно, какие-либо определяемые фоссилии в них не обнаружены, и их стратиграфическая принадлежность обосновывается по положению в разрезе ниже датированного оленека и по литологическому сходству с индскими образованиями Японии [Ishiga et al., 1996; Kakuwa, 1996; Yamakita et al., 1999]. В разрезе пород предполагаемого инда доминируют углистые сланцы (мощностью 8 м), представленные слабоглинистым силицитом, содержащем большое количество рассеянной органики и немногие алевритовые частицы. В породе наблюдается обилие неопределимой растительной органики, частично сульфидизированной. По пустотам, прожилкам и трещинам развиваются гидроксиды железа. Агрегаты глинистых минералов очень мелкие, размер 0.01–0.02 мм и менее (рис. 3а). Согласно рентгенографическим исследованиям, ассоциация глинистых минералов для этого возрастного интервала представлена слюдистым минералом типа серицита с небольшой примесью хлорита.

Пачки, относимые к нижнему оленеку, представлены кремнями, сложенными спикулами губок, радиолярии в этой части разреза редки, датирование произведено по характерным конодонтам. В разрезе присутствуют частые маломощные прослой высококремнистых спонголитов, сложенных переотложенными обломками крупных спикул (макросклер). Стратиграфическим и литологическим аналогом этих образований являются так называемые “сланцы Гоиши”, широко развитые в Японии [Matsuoka et al., 1994]. Пачки верхнеоленекских кремней, наоборот, сложены радиоляриями, спикулы губок редки. В разрезе появляются прослой радиоляритов, в которых иногда выражена сортировка остатков радиолярий, также присутствуют красноцветные кремни, обогащенные гидроксидами железа.

Микроскопические исследования показали, что оленекские отложения представлены алеврито-кремнистой массой, с редкими одиночными псевдоморфозами кремнезема по деформированным раковинам радиолярий и тонкодисперсным органическим веществом, равномерно распределенным по породе. Среди кремнистой массы присутствуют тонкочешуйчатые агрегаты серицита размером 0.01–0.02 мм и менее. На отдельных участках породы чешуйки имеют однонаправленную ориентировку. По прожилкам и некоторым пустотам в ассоциации с серицитом наблюдается

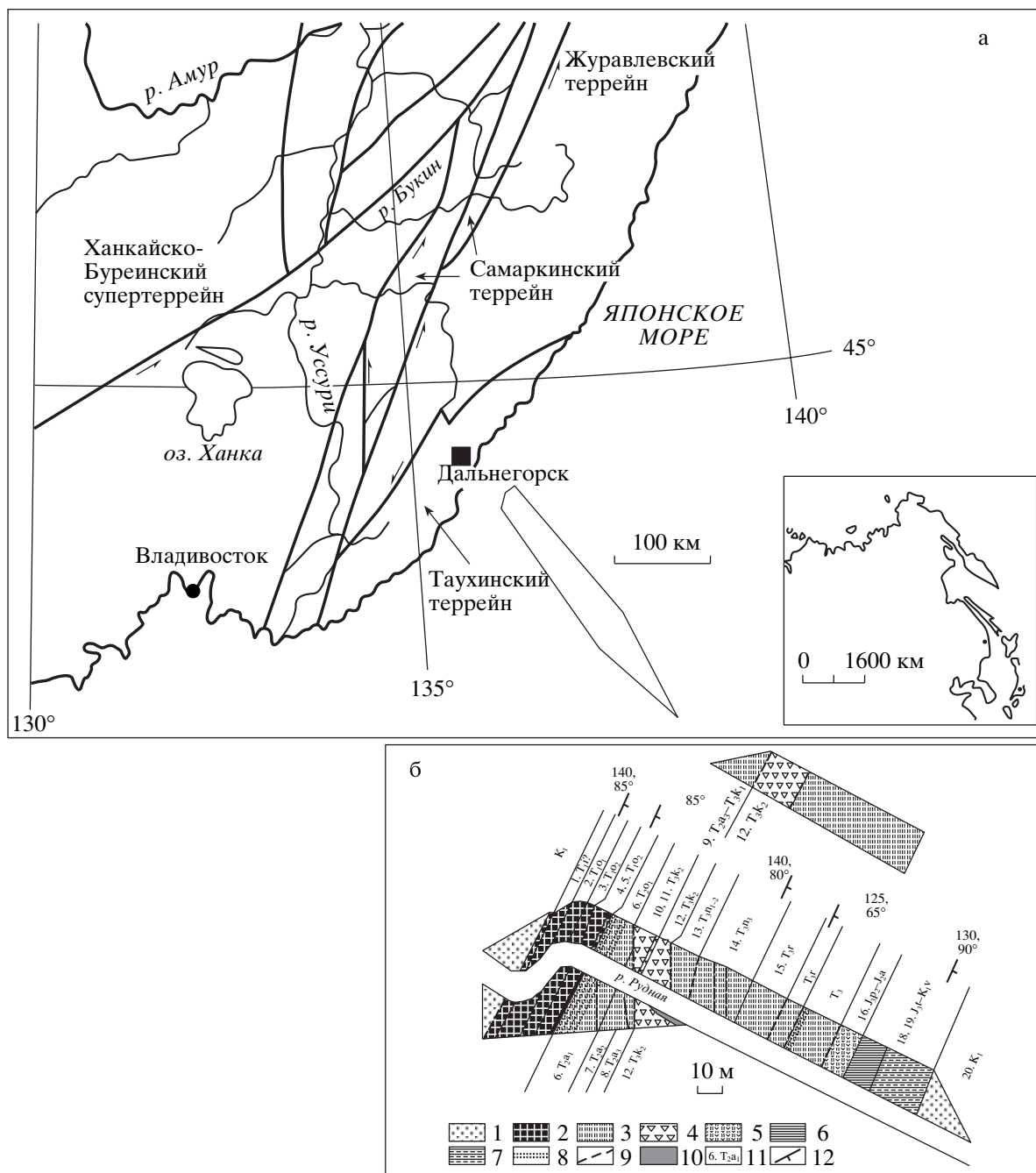


Рис. 1. Геолого-тектоническое строение южной части Сихотэ-Алинского региона.

а – тектоническая схема (по [Натальин, 1991]). На врезке – положение региона на карте мира;

б – геологическая схема опорного разреза триасовых отложений по р. Рудной у пос. Дальнегорск.

1 – терригенные отложения нижнего мела, преимущественно песчаники, 2 – кремнистые аргиллиты и аргиллиты с отдельными прослоями спонголитовых кремней, 3 – серые радиолариевые кремни, 4 – основные лавы, 5 – переслаивание биогенных кремней, туфосилицитов и кремнистых аргиллитов, 6 – аргиллиты с отдельными маломощными прослоями косослоистых песчаников, 7 – переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов, 8 – углистые аргиллиты, фтаниты, 9 – разрывные нарушения, 10 – дайки среднего состава, 11 – возрастные привязки, 12 – элементы залегания пород.

развитие гидроксидов железа и чешуек железистого хлорита (размер чешуек 0.01–0.02 мм), иногда также присутствуют аутигенный кварц и карбонат (табл. 1). В отдельных пустотных простран-

ствах хлорит отмечен лишь в реликтах, так как почти нацело замещен карбонатом. Содержание глинистого матрикса в породе невелико, поэтому глинистой фракции мало. Согласно рентгеногра-

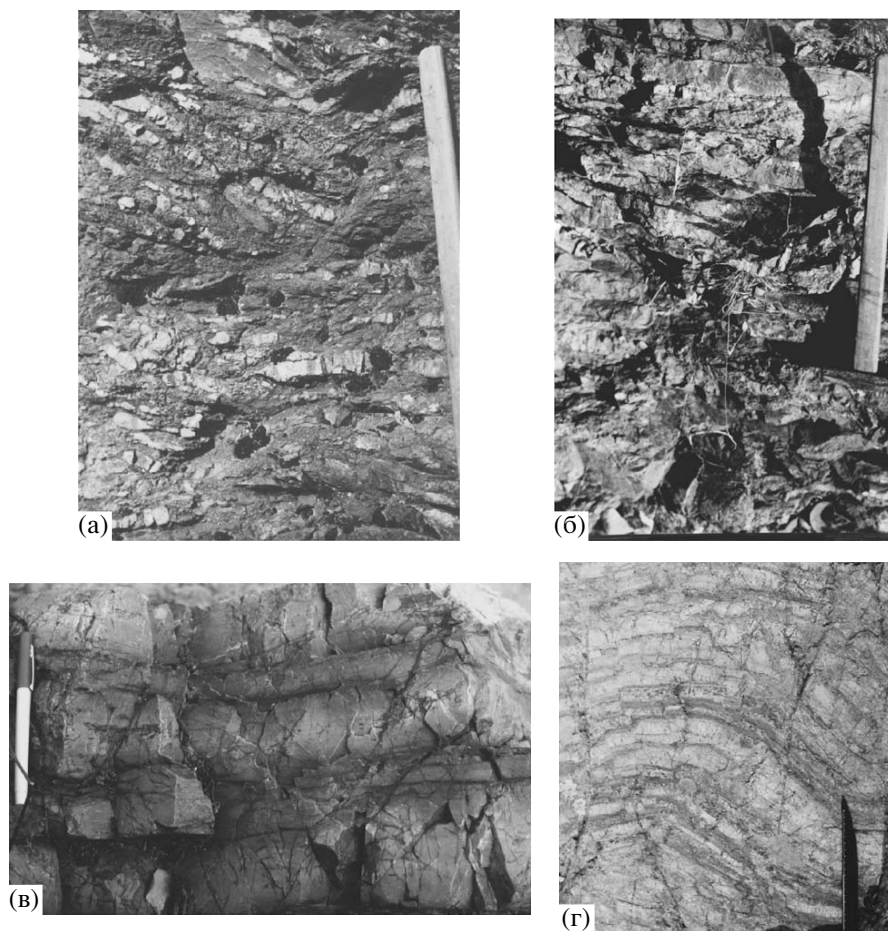


Рис. 2. Типовые фотографии кремнистых отложений разреза р. Рудной.
 а – оленекские отложения нижнего триаса (T_{1o2});
 б – анизийские отложения среднего триаса (T_{2a2});
 в – ниже-среднениорийские отложения верхнего триаса (T_{3n1-2});
 г – рэтские отложения верхнего триаса (T_{3r}).

фическим исследованиям, глинистые минералы представлены серицитом с небольшой примесью хлорита.

В отложениях нижнего анизия увеличивается количество прослоев радиоляритов и появляются горизонты углеродистых пород [Брагин, Крылов, 2002]. Последние представлены несколькими маломощными пластами среди монотонного переслаивания кремнистых аргиллитов и радиоляриевых кремней. Углеродистые горизонты имеют резкие и четкие контакты со вмещающими породами, характеризуются повышенным содержанием органического вещества и обогащены сульфидами (преимущественно пиритом). Породы нижнего анизия представляют собой глинистые радиоляриты с сильно деформированными остатками радиолярий и отсутствием первичных седиментационных текстур. Преобладанием радиоляритов над кремнистыми аргиллитами отличаются отложения среднего и верхнего анизия – в разрезе

чередуются прослой с высоким содержанием остатков радиолярий и прослой с их низким содержанием. Мощность анизийских образований около 25 м.

Согласно микроскопическим исследованиям, анизийские слабоглинистые силициты состоят из тонкозернистых агрегатов кварца с криптокристаллической структурой и почти неразличимых отдельных агрегатов. Остатки радиолярий выполнены криптокристаллическим кварцем с примесью рассеянного гематита (см. рис. 3б). Промежуточная масса, в которой расположены остатки радиолярий, состоит из тонкодисперсного кремнистого вещества, в котором содержится небольшое количество (не более 3–5%) растительных остатков, сульфидных минералов и цеолитов. Содержание глинистой составляющей непостоянно и закономерно меняется по разрезу. Среди глинистых минералов (размер агрегатов 0.01 мм и менее) установлены серицит и хлорит. Содержа-

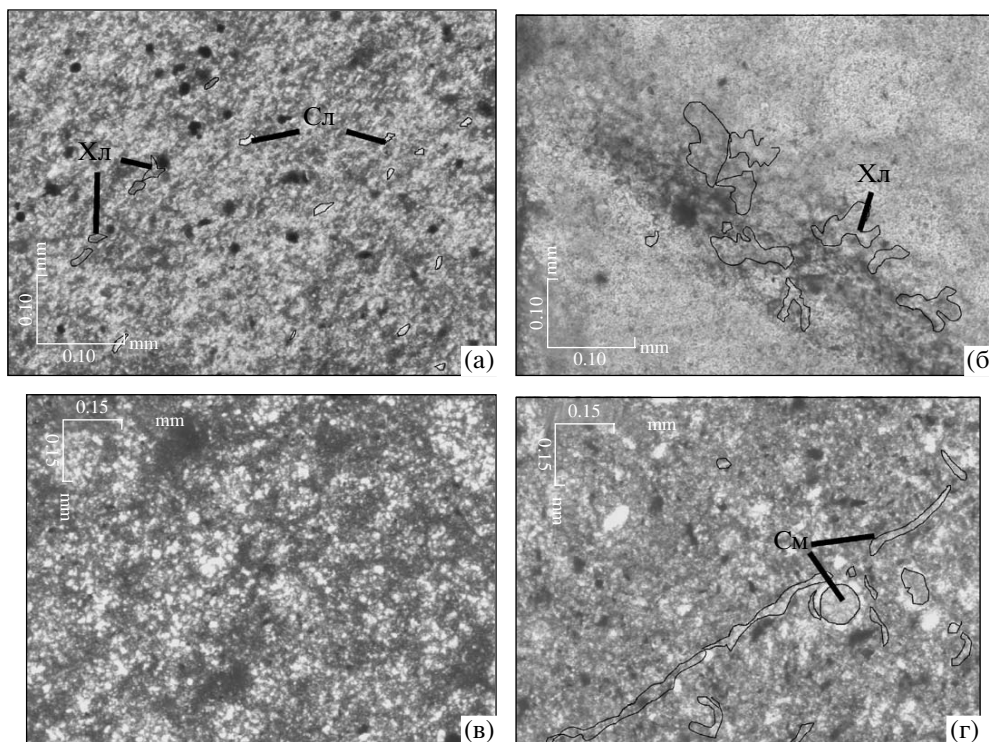


Рис. 3. Типовые шлифы кремней, характерные для различных частей разреза р. Рудной.
 а – кремнистый аргиллит с частично сульфидизированными растительными остатками (черное) и трудно различимыми чешуйками и агрегатами серицита. Инд(?), обр. 19–2;
 б – кремнистая порода, состоящая из криптокристаллического кварца и некоторого количества реликтов радиолярий. Глинистое вещество (слюда, хлорит) присутствует в виде отдельных чешуек или агрегатов. Средний анизий, обр. 19–54;
 в – силицит с высоким содержанием остатков радиолярий, присутствует сульфидизированная органика (черное). Глинистых минералов почти нет. Раковины радиолярий выполнены халцедоном (в центре) и криптокристаллическим кварцем (по периферии). Нижняя – средняя юра (J_{1p2} – J_{2a}), обр. 19–80;
 г – алевро-аргиллит с высоким содержанием глинистых минералов и рассеянной органики. Раковины радиолярий выполнены смектитом (СМ, в центре) и криптокристаллическим кварцем (по периферии). Верхняя юра – нижний мел (J_{3t} – K_{1v}), обр. 19–100.

ние хлорита постепенно увеличивается к верхней части анизийского разреза. Иногда агрегаты слюдистого минерала образуют скопления, пятна, в которых хорошо различимы отдельные чешуйки серицита с пониженной интерференционной окраской. Как правило, порода пронизана многочисленными разноразмерными прожилками, вдоль которых наблюдаются сферические агрегаты рудного минерала. Прожилки выполнены гидроксидами железа, чешуйками хлорита и слюдистого минерала. В относительно более крупных прожилках в центральной зоне развиваются агрегаты кварца или такое же кремнистое вещество, из которого состоит сама порода.

Датируемые верхним анизием–нижним карнием (мощность около 35 м) вышележащие отложения представлены светло-серыми кремнями и красно-бурыми яшмами. В породах присутствуют почти не деформированные остатки радиолярий, их иголки и иные органические остатки. Силициты слабоглинистые, состоят из криптокристалли-

ческого кварца, отдельные агрегаты которого практически не различимы. Как правило, порода пронизана многочисленными хаотически ориентированными прожилками, по периферической части которых развивается халцедон. Центральные участки прожилков выполнены мелкими чешуйчатými агрегатами буровато-зеленого хлорита, иногда в ассоциации с серицитом и гидроксидами железа. Размеры агрегатов глинистых минералов не превышают 0.01 мм.

Выше залегают верхнекарнийские базальты, содержащие маломощные прослои и редкие линзы (0.5–2 м) красно-сургучных яшм с радиоляриями, фораминиферами и конодонтами.

Отложения, датированные норийским ярусом, мощностью около 20 м представлены серыми кремнями разных оттенков с редкими прослоями желтовато-серых кремнистых аргиллитов. Микроскопические исследования показали, что они состоят из криптокристаллических агрегатов кварца с трудно различимыми ограничениями зерен и

Таблица 1. Состав хлоритов в кремнистых породах (по данным микронзондового анализа, аналитик Г.В. Карпова, ГИН РАН)

Компоненты	кремнисто-глинистая порода	кремнисто-глинистая порода	кремнисто-глинистая порода	кремнисто-глинистая порода	слабо-глинистая кремнистая порода	слабо-глинистая кремнистая порода
	T_1O_2	T_1O_2	T_3n_{1-2}	T_3n_{1-2}	T_3r	T_3r
	19/30	19/30	19/64	19/64*	19/77	19/77
SiO ₂	29.666	29.036	26.160	25.667	25.454	25.291
Al ₂ O ₃	20.294	19.014	20.01	27.871	23.322	23.040
FeO*	28.385	29.273	33.64	31.292	30.649	30.815
MgO	12.080	13.446	8.336	6.595	8.406	8.075
CaO	0.123	0.041	0.089	0.085	0.074	0.052
K ₂ O	0.064	0.046	0.062	0.699	0.031	0.169
Сумма	90.611	90.856	88.297	88.209	87.936	87.442

Примечание. * Хлорит в жилке, остальное – в массе породы.

тонкодисперсного рудного вещества. Редкие реликты недеформированных радиолярий и их иголки выполнены криптокристаллическим кремнистым веществом или халцедоном. Отмечается зональность выполнения радиолярий – в центральной части раковин присутствует халцедон, а в периферической – мелкие агрегаты криптокристаллического кварца. Характерно, что количество радиолярий с халцедоновым выполнением в верхнетриасовых отложениях существенно возрастает по сравнению со среднетриасовыми. В “межрадиоляриевых” участках породы содержится большое количество мелких разноориентированных чешуек хлорита и слюдистого минерала. В некоторых случаях агрегаты слюды, характеризующиеся пониженными интерференционными окрасками, образуют скопления. Хлорит представлен чешуйчатыми, реже розетковидными индивидами с бледно-зеленой окраской. Для отложений нория, как и для более древних, характерно широкое развитие разноразмерных и разноориентированных прожилков, выполненных мелкозернистыми агрегатами кварца, мелкочешуйчатыми агрегатами хлорита, редкими чешуйками слюдистого минерала, гидроксидами железа, которые тяготеют к периферическим участкам прожилков, а также цеолитовым минералом. Количество последнего невелико, и он встречается преимущественно в прожилках с кварцевым выполнением.

Силициты, относимые к рэтскому ярусу, имеют мощность более 8 м и представлены серыми, темно-серыми и зеленовато-серыми кремнями, тонкоплитчатыми, с прослоями массивных окварцованных кремней светло-серого цвета и редкими прослоями буровато-серых кремнистых аргиллитов. Силициты состоят из мелкозернистого кварца с криптокристаллической структурой, содержат тонкодисперсное рудное и органическое

вещество, тонкораспыленное по всей породе и незначительное количество недеформированных реликтов радиолярий, выполненных халцедоном, с трудно различимыми краями раковин. Содержание глинистых минералов в породе незначительно, установлены бледно-зеленый тонкочешуйчатый хлорит и немного слюдистого минерала.

По прожилкам (мощностью до 1–1.5 мм) развивается интенсивно окрашенный оливково-зеленый хлорит, часто в ассоциации с гидроксидами железа и с некоторым количеством слюдистого и рудного минералов. В отдельных участках породы наблюдается обилие мелких прожилков, которые, часто пересекаясь между собой, обособляют отдельные участки породы, образуя псевдоглобули, выполненные кремнистой массой, а иногда халцедоном.

Кремнистые породы юрского возраста в разрезе представлены светло-серыми кремнями, иногда яшмами. Датированные ранней юрой силициты состоят из микрозернистого кварца с агрегатной поляризацией. В породе присутствуют тонкорассеянное глинистое вещество и довольно крупные выделения гидроксидов железа (см. рис. 3в). Содержание реликтов радиолярий высокое, раковины недеформированные, выполнены халцедоном в центральной части раковин и криптокристаллическим кварцем – в периферической. Количество глинистых минералов в кремнях ранней юры измеряется первыми процентами. В составе породы наблюдаются редкие, очень мелкие чешуйки хлорита и слюдистого минерала, количество которых в шлифе не превышает 0.5%. По многочисленным разноориентированным прожилкам развиваются аутигенный кварц, чешуйки буро-зеленого хлорита и слюдистого минерала. В некото-

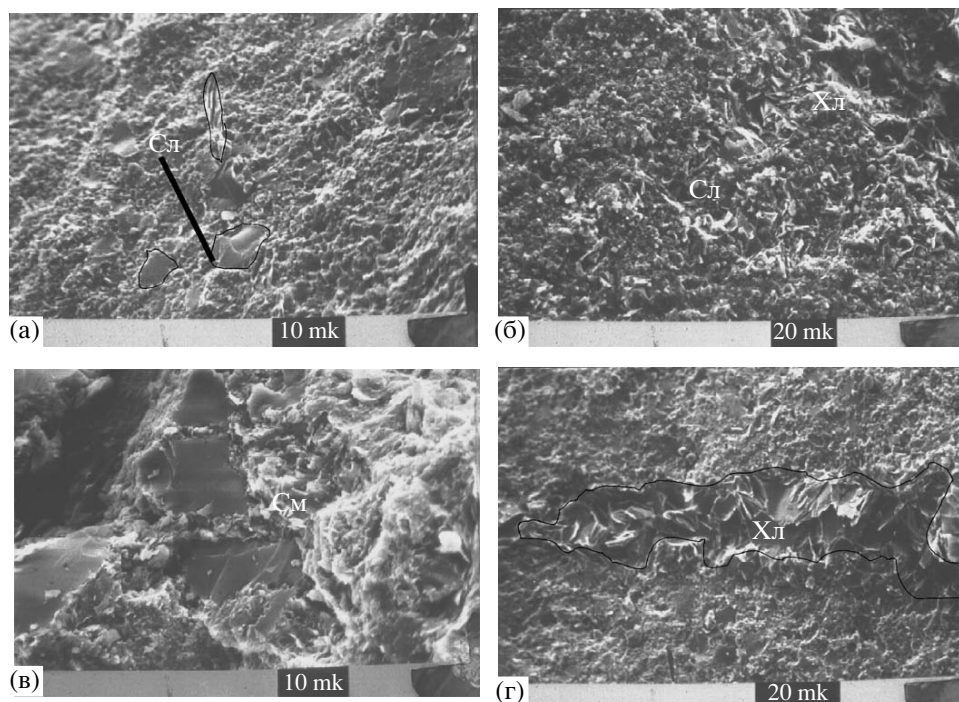


Рис. 4. Типовые фотографии глинистых минералов (СЭМ).

а – чешуйки слюды (сл.) в массе кварца. Инд (?). обр. 19–11; б – чешуйки слюды (сл.) и хлорита (хл.) в массе кремнистой породы. Норийский ярус позднего триаса, обр. 19–70; в – чешуйки смектита (см), развивающиеся по обломку вулканического стекла. Нижний мел. Обр. 19–100; г – чешуйки хлорита, заполняющие трещину в породе. Инд (?). Обр. 19–11.

рых участках породы в прожилках присутствуют только гидроксиды железа, возможно гематит.

Верхнеюрско-нижнемеловые образования представлены флишеподобным чередованием мелкозернистых песчаников и аргиллитов. Алевро-аргиллиты, слагающие представленную толщ, имеют полимиктовый состав, среди кластических компонентов встречаются растительные остатки, радиолярии, обломки кремнистых пород, обломки кварца, глинистые минералы. Пустотные пространства практически отсутствуют, обломки кластитов и органических остатков погружены в гидрослюдизированную тонкодисперсную массу, вероятно, состоящую из смеси глинистых минералов, тонкорассеянного органического и рудного вещества и мелкозернистой терригенной составляющей (см. рис. 3г). Содержание глинистых минералов в породе высокое, в их составе определены слюда, смектит (рис. 4) и немного хлорита. Раковины радиолярий слабо деформированы, в центральной части выполнены глинистым минералом (вероятно, смектитом), а в периферической части – криптокристаллическим кварцем.

Таким образом, в составе кремнистых пород триас-раннемелового возраста установлены четыре ассоциации аутигенных глинистых минералов, постепенно сменяющих друг друга во времени (рис. 5):

- серицитовая с незначительной примесью хлорита (инд–верхний оленек),
- слюдисто-хлоритовая, с постепенным уменьшением слюд и увеличением хлорита вверх по разрезу (нижний анизий–норий),
- хлорит-слюдистая, с низким содержанием глинистого вещества, (рэт–нижняя юра),
- смектит-хлорит-слюдистая (верхняя юра–валанжин).

Кроме того, снизу вверх по разрезу наблюдается смена реликтов раковин радиолярий, выполненных кремнистой массой (оленок–средний анизий) на радиолярии, выполненные халцедоном (карний–рэт). Количество раковин, выполненных халцедоном, до карния невелико (3–5%), в среднем карнии их количество возрастает (15–20%), а с конца карния почти все раковины радиолярий (80%) в породе выполнены халцедоном. В яшмах, ассоциирующих с верхнекарнийскими базальтами, реликты радиолярий вместо халцедона выполнены лютецитом. Раковины радиолярий в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях выполнены криптокристаллическим кварцем в периферической зоне, а в центральной части – смектитом.

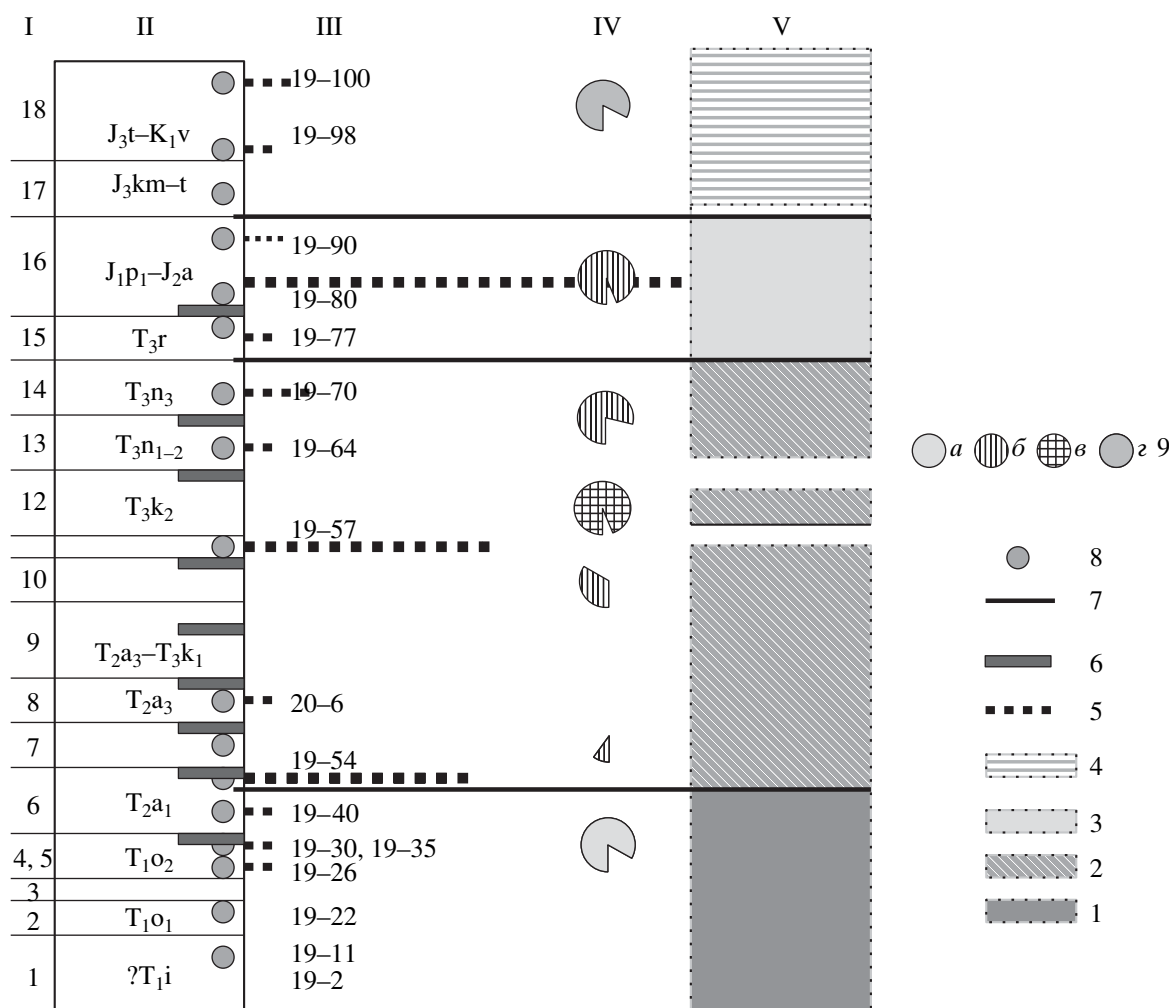


Рис. 5. Распределение и состав глинистых минералов в разрезе р. Рудной.

I – номера слоев в разрезе (соответствуют номерам на рис. 1б); II – колонка с указанным возрастом слоев; III – номера образцов; IV – выполнение радиолярий типами кварца (размер закрашенного сектора соответствует процентному количеству радиолярий, выполненных различными типами кварца); V – ассоциации глинистых минералов: 1 – серицитовая с незначительной примесью хлорита (инд-верхний оленек), 2 – слюдисто-хлоритовая, с постепенным уменьшением количества слюд и увеличением – хлорита вверх по разрезу (нижний анизий-норий), 3 – хлорит-слюдистая, в породе отмечено низкое содержание глинистого вещества, (рэт-нижняя юра), 4 – смектит-хлорит-слюдистая (верхняя юра-валанджин); 5 – максимумы радиоляриевых сообществ; 6 – границы смены радиоляриевых сообществ; 7 – границы смены ассоциаций глинистых минералов; 8 – положение и номера образцов в стратиграфической колонке; 9 – выполнение радиолярий: а – криптокристаллическим кварцем, б – халцедоном, в – лютецитом, г – смектитом.

ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ФАУНИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД

Остатки радиолярий являются практически постоянным компонентом осадочных пород Дальнегорского разреза, начиная с нижнеанизийских слоев. Между тем, в разрезе присутствуют как породы, содержащие некоторое количество скелетов радиолярий, так и почти нацело сложенные ими (радиоляриты). Подсчет в шлифах остатков радиолярий позволил выявить в изученном разрезе три максимума, связанных с резким увеличением содержания органических остатков в кремнистых породах. Первый максимум установ-

лен в части разреза, относимой к границе раннего и среднего анизия (обр. 19–50); второй – в верхнекарнийских отложениях, в линзовидном прослое яшмы, залегающем между базальтовыми потоками (обр. 19–57); третий, и самый крупный в количественном отношении, максимум проявляется в нижнеюрских отложениях (обр. 19–80). Остальные горизонты, в которых происходит исчезновение или появление новых радиоляриевых сообществ, характеризуются относительно стабильным количеством органических остатков (табл. 2). По положению в разрезе нижний (анизийский) и верхний (триас-юрский) максимумы находятся непосредственно выше пачек углеродистых аргил-

литов, наличие которых интерпретируется как проявления аноксидных событий [Брагин, Крылов, 2002]. Средний (верхнекарнийский) максимум проявляется после появления в разрезе базальтов. Радиоляриты из аноксидных горизонтов сильно кливажированы, сфероидные радиолярии имеют уплощенную, “раздавленную” форму и характеризуются частичным растворением скелета.

Эти максимумы свидетельствуют о вспышках продуктивности радиолярий в морском бассейне. Поскольку в Дальнегорском разрезе два максимума приурочены к завершению бескислородных эпизодов раннего анизия и раннего тоара, очевидно на связь аноксидных явлений с биопродуктивностью радиолярий. Для многих аноксидных событий Мирового океана доказаны последующие вспышки развития кремневого планктона. Так, раннетюрский эпизод в кремнистых толщах Японии сопровождается появлением радиоляритов, а также значительным качественным обогащением комплексов радиолярий [Hori, 1993]. Широко известное сеноман-туронское бескислородное событие в карбонатно-терригенных разрезах Средиземноморья и Крыма предшествует появлению существенно кремнистых радиоляритов, которые образуют регионально выдержанный уровень, так называемый “горизонт Бонарелли” [Kuhnt, et al., 1985; Marcucci et al., 1991; O’Dogherty, 1994; Брагина и др., 1999]. При этом для радиолярий начала турона отмечено не только количественное, но и качественное обогащение, что, вероятно связано с увеличением биопродуктивности фитопланктона. Такая интенсивная вспышка биопродуктивности в морском бассейне возникает в период трансгрессии, когда море заливаает обширные низинные территории с формированием озерно-болотных ландшафтов в условиях гумидного климата. Это было убедительно доказано Ю.О. Гавриловым с соавторами на примере ряда геологических объектов [Гаврилов и др., 1996, 1997, 2002]. За счет бурного развития фитопланктона с одной стороны, происходит кратковременная вспышка развития кремневого зоопланктона (радиолярий), с другой стороны – угнетение и даже вымирание бентосных организмов при развитии бескислородных условий в придонных частях бассейна. Еще одной, не менее важной причиной биотических событий, являются вулканические процессы, вызывавшие изменения в химическом составе морской воды и взаимодействие базальтовых лав с морской водой при повышенных температурах. Ранее исследователи уже обращали внимание на связь между глобальными глубоководными аноксидными событиями и вспышками вулканизма [Bralower et al., 1993; Волохин и др., 1990; Каипов, Левин, 1982; Красный, Михайлов, 1966]. Таким образом, по крайней мере два фактора приводят к увеличению продуктивности кремневого планктона (радиолярий): трансгрессии и вспышки вулканизма.

Таблица 2. Количество остатков раковин радиолярий, подсчитанных в прозрачных шлифах

№ обр.	Возраст	Количество радиолярий
19/-2	инд?	0
19/-10	оленок	1
19/11	оленок	0
19/22	оленок	2
19/26	верхний оленек	2
19/30		36
19/35	нижний анизий	3
19/40		3
19/47		28
19/50		218
19/54	средний анизий	17
20/6	верхний анизий	38
19/57	верхний карний	235
19/64	норий	29
19/70	верхний норий	65
19/77	рэт	58
19/80	плинсбах-аален	490
19/90		58
19/98	титон-валанжин	18
19/100		4

Согласно существующим на сегодняшний день интерпретациям, кремнистые толщи Дальнего Востока России рассматриваются как планктоногенные осадки пелагической зоны палеоокеана, при этом скорость кремнеаккумуляции оценивается в 1.6 мм/1000 лет, а с учетом уплотнения – 4.8–9.6 мм/1000 лет [Брагин, 1991]. В кремнистых породах южного Сихотэ-Алиня установлено, что цикличность кремневых слоев обусловлена периодическим импульсивным привнесом терригенного тонкозернистого (глинистого) материала в момент формирования глинистых элементов циклитов, происходивших на фоне непрерывного медленного осаждения скелетов радиолярий [Волохин, 1988, 1985, 1980; Мазарович, 1981, 1985; Мазарович, Рихтер, 1985; Константиновская, 1998]. Обнаруженные в рассматриваемых кремнистых породах глинистые минералы являются аллотигенными – принесенными извне, их ассоциация определялась размывом тех кластических компонентов, которые поступали с суши, а формирование кремнистых пород происходило за счет биогенного (радиоляриты и спонголиты) и терригенного (глины) осадконакопления.

Рассматриваемые кремнистые образования можно сопоставить с одновозрастными песчаниками, накапливающимися в той же структурной

зоне. В работах [Волохин, 1988; Маркевич, 1978, Маркевич, Коновалов, 2000 и др.] состав песчаников горбушинской и таухинской свит относится к аркозо-грауваккам (по классификационной диаграмме В.Д. Шутова [1972]), с преобладанием аркозового и кварцево-песчаного материала в нижнемеловых отложениях. Предполагается, что питающей провинцией для этих образований служат кристаллические породы кислого состава (типа гранитоиды и метаморфогенных), а также осадочные и внутрибассейновые вулканогенные породы основного состава. Терригенная примесь в кремнях зависит от состава питающей провинции, и смена ассоциаций глинистых минералов указывает на смену источников сноса при осадконакоплении. Но представленная выше вертикальная зональность может возникать не только как результат смены питающих провинций, но и за счет литогенетических преобразований кремнистых толщ. Одним из важных методов определения степени постседиментационных изменений кремнистых пород является рентгено-структурный анализ [Гречин, 1972; Волохин, 1989]. Рентгено-графические исследования позволяют определять состав глинистых минералов и формы выделений кремнезема. Анализ дифрактограмм указывает на то, что кремнистые породы представлены только кварцем, менее устойчивые разновидности кварца (опал, кристобалит и др.) отсутствуют, что предполагает достаточно высокий уровень изменения кремнистых образований разреза р. Рудной.

Парагенезы глинистых минералов, их химические и структурные особенности также являются одним из индикаторов постседиментационных преобразований пород. Уровень преобразования анализируемых пород также можно устанавливать по индексу кристалличности слюды (IC), [Kubler, 1967; Weaver et al., 1984 и др.], который определяется по ширине 10 Å пика насыщенного этиленгликолем образца иллита на половине его высоты (в мм). Коэффициент кристалличности слюды в глинистой фракции кремнистых пород р. Рудной от триаса до аалена не изменяется (IC = 2), и только для верхней части разреза, в интервале верхняя юра-нижний мел он увеличивается (IC = 3). Числовое выражение коэффициента кристалличности свидетельствует о том, что кремнистые породы триаса были преобразованы до стадии метагенеза, а верхняя часть разреза (поздняя юра-ранний мел) была преобразована несколько меньше, возможно, до начальной стадии метагенеза.

Другим распространенным минералом глинистой фракции кремнистых пород является хлорит. Анализ состава хлоритов¹ указывает на их принад-

лежность к Fe-Mg разновидностям метагенетически преобразованных пород. По кристаллохимической характеристике они занимают следующее положение: хлориты в кремнях оленекского и норийского возраста относятся к полю железомagneзиевых хлоритов кластогенных формаций, хлориты из кремней рэтского возраста к полю хлоритов основных магматических пород (рис. 6).

Таким образом, минералы терригенной примеси, содержащиеся в кремнистых породах, и сами кремнистые породы подверглись значительным литогенетическим преобразованиям. Однако уровень их не столь интенсивен, чтобы породы утратили свои первичные седиментационные признаки. Поэтому изменение исходного состава терригенной примеси заключается в формировании более устойчивых структурных типов ассоциаций глинистых минералов, а парагенезы глинистых минералов определяются характером питающих провинций на сопредельной суше.

Одним из важных параметров, характеризующих кремнистые образования, является их химический состав, главным образом распределение редких и рассеянных элементов (табл. 3). Исследование химического состава кремнистых пород, основанное на представлениях о закономерном изменении состава океанских вод в направлении от окраин континентов к пелагическим областям, позволяет устанавливать обстановки осадконакопления и выявлять особенности изучаемых пород. На диаграмме [Adachi et al., 1986, рис. 4], кремнистые породы Дальнегорска являются осадочными образованиями и относятся к полю негидротермальных пород. Триасовые отложения характеризуются распределением редкоземельных элементов (РЗЭ), близким к PAAS, независимо от их общей концентрации в породе. Подобное распределение указывает на формирование глинистой фракции за счет размыва сиалической суши, при этом биогенное вещество выступало в качестве разбавителя.

В составе редкоземельных элементов кремнистых пород, нормированных по хондриту, хорошо проявлена отрицательная европиевая аномалия (см. рис. 5а), что является характерной особенностью всех осадочных пород и указывает на отсутствие гидротермальной составляющей (рис. 7). Исключением являются анизийские кремнистые породы, которые имеют несколько иные геохимические параметры: для нижнеанизийских характерна положительная Tb аномалия, общее обогащение средней части спектра РЗЭ, для среднеанизийских – слабая отрицательная цериевая аномалия. Отрицательная цериевая аномалия свидетельствует о накоплении кремнистых осадков в удалении от окраины континента, в пелагической зоне, но ее слабая интенсивность и слабое проявление только в отложениях анизия позволяют

¹ К сожалению, хлориты, содержащиеся в юрских и нижнемеловых кремнистых породах, имеют чрезвычайно мелкий размер агрегатов, что затрудняет анализ их состава.

предположить, что формирование пород происходило на внутриокеаническом поднятии, на границе зоны глубинных вод с дефицитом церия.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В течение раннего и среднего триаса на низкой суши, расположенной западнее морского бассейна, была хорошо развита речная сеть, существовали равномерно-влажные условия и высокая степень испарения, которая еще возросла в позднем триасе [Ясаманов, 1985]. Основным типом ландшафта являлась лесная саванна с массивами слабо ксерофитизированной растительности. В качестве питающих провинций выступали размываемые сиалические комплексы – кристаллические породы кислого состава (типа гранитоидов и метаморфогенных). Об этом свидетельствует слюдисто-хлоритовая ассоциация в кремнистых породах. В составе ассоциации преобладает слюда, в меньшем количестве присутствует железомagneвий хлорит кластогенной формации. Количество хлорита увеличивается и уменьшается постепенно, соотношение слюда-хлорит в течение среднего триаса незакономерно меняется, а к низанию содержание хлорита преобладает. В среднем триасе началось погружение прибрежных зон суши, и в бассейн стало поступать большое количество органического вещества, до этого сконцентрированного на территории прибрежной равнины. После использования органического вещества последовала массовая гибель планктона и развитие интенсивной анизийской аноксии в бассейне. В результате в разрезе глубоководных кремней появляются прослои углеродистых аргиллитов, а непосредственно выше этих прослоев в кремнистых породах фиксируются горизонты с повышенным содержанием остатков радиолярий.

В позднем триасе на территории Приморья существовали субтропический климат с высокими температурами, гумидными условиями и высоким уровнем испарения. Ландшафты возвышенностей оставались опустыненными, а растительность произрастала только на обводненных низменностях [Ясаманов, 1985]. Появление внутрибассейновых вулканических образований и их разрушение вызвало смену терригенной составляющей в кремнистых отложениях, и вместо слюдистого минерала в кремнях стал накапливаться преимущественно хлорит (конец среднего анизия-рэт), максимальное содержание которого устанавливается в отложениях карния и нория. Примерно в этом же возрастном интервале отмечается выполнение раковин радиолярий халцедоном (средний анизий-средняя юра). Кроме того, в яшмах, находящихся между базальтовыми потоками (поздний карний), наблюдается выполнение раковин радиолярий лютецитом. В кремнях позднего карния также установлен максимум остат-

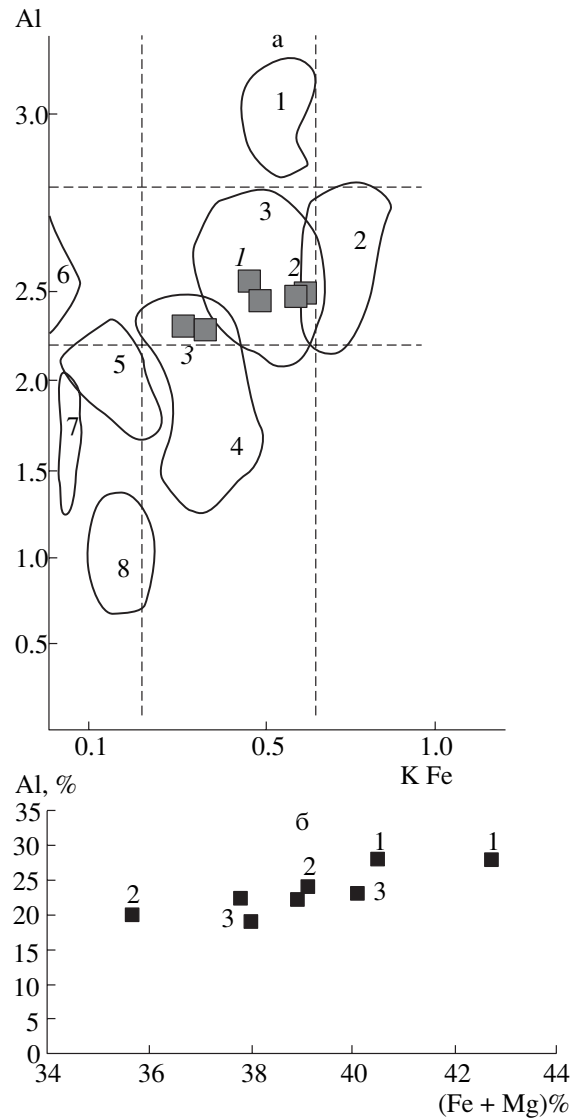


Рис. 6. Распределение типов хлоритов в зависимости от степени железистости и содержания алюминия. а – кристаллохимическая характеристика хлоритов различного генезиса из кремнистых пород разреза р. Рудной (поля диаграммы по [Дриц, Коссовская, 1991]). Маленькими цифрами обозначены: 1 – хлориты из оленекских кремней (обр.19/30), 2 – хлориты из норийских кремней (19/64), 3 – хлориты из рэтской слабоглинистой кремнистой породы (обр. 19/77). Большими цифрами обозначены поля: 1 – ди-триоктаэдрические Al-Fe-Mg -хлориты, 2 – Fe-хлориты железных руд, 3 – Fe-Mg-хлориты кластогенных формаций, 4 – Fe-Mg и Mg-Fe-хлориты основных магматических пород, 5 – Mg-хлориты эвапоритовых формаций, 6 – Mg-хлориты из галитов и Mg-K солей высоких стадий засоления бассейна, 7 – Mg-хлориты из офиолитов, 8 – Mg-хлориты из кимберлитов. б – диаграмма соотношения Al – (Fe + Mg), % в хлоритах из триасовых кремней Дальнегорского разреза р. Рудная. Классификационная диаграмма из работы [Коссовская, Шутов, 1971]. Цифрами на диаграмме обозначены: 1 – хлориты из оленекских кремней (обр. 19/30), 2 – хлориты из норийских кремней (19/64), 3 – хлориты из рэтской слабоглинистой кремнистой породы (обр. 19/77).

Таблица 3. Средний химический состав среднетриасовых-нижнеюрских силицитов южного Сихотэ-Алиня [Волохин, 1988, табл. 5]

Компоненты	Кремни	Фтаниты	Глинистые кремни	Глинистые фтаниты
	р.Рудная, (г.Дальнегорск, пос.Садовый)			
	(9)	(8)	(11)	(11)
SiO ₂	91.88	91.6	79.27	81.85
TiO ₂	0.09	0.09	0.41	0.32
Al ₂ O ₃	3.16	2.83	9.25	6.81
Fe ₂ O ₃	0.35	0.44	0.83	1.09
FeO	2.25	1.89	3.2	1.97
MgO	0.61	0.37	1.58	1.26
CaO	0.15	0.18	0.45	0.47
MnO	0.09	0.03	0.1	0.06
K ₂ O	0.39	0.56	1.56	1.63
Na ₂ O	0.07	0.07	0.25	0.13
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.05	0.13
п.п.п.	0.57	1.35	2.59	3.68
C _{орг}	0.09	0.28	0.1	1.59
C _{карб}	0.01	0	0.004	0
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.034	0.031	0.117	0.083
FeO*-0.578 Al ₂ O ₃	0.77	0.69	-1.32	-0.88
(FeO + MgO)/TiO ₂	29.89	26.22	10.07	9.75

Примечание. В скобках – количество проанализированных образцов.

ков радиолярий, который свидетельствует о высокой биопродуктивности радиолярий в это время. Вероятно, проявление верхнекарнийского базальтового вулканизма вызывало смену геохимической обстановки в морском бассейне, что, как и присутствие органики, обусловило рост биопродуктивности планктона и последующее его массовое вымирание после завершения интенсивной вулканической деятельности и новой смены геохимической обстановки.

В конце лейаса в регионе отмечается смена климата в сторону гумидного умеренно-теплого, и в ранне-позднеюрское время на суше, периодически затопляемой морем в прибрежных зонах, накапливались углистые образования. В морском бассейне происходил приток пресных вод за счет максимальной трансгрессии с развитием в приморских зонах сильно обводненного ландшафта, а привнос терригенного материала в морской бассейн был минимален. В результате в разрезе наблюдается доминирование биогенного кремненакопления с чрезвычайно низким содержанием глинистой составляющей в интервале рэт-ранняя юра. В начале ранней юры вновь проявилось наиболее интенсивное на протяжении рассматриваемого времени аноксидное событие. В этом временном интервале происходит наиболее массовая

вспышка развития радиолярий (см. табл. 2), обусловленная, как и в анизии, привнесом органики в морской бассейн из прибрежных зон.

В конце поздней юры в регионе произошла смена палеогеодинамической обстановки – глубоководное осадкообразование сменилось окраинно-континентальным в поздней юре и раннем мелу. И.В. Кемкин и Р.А. Кемкина [1998] отмечают, что в это время фиксируется момент приближения данного участка океанической плиты к зоне аккреции. Кремненакопление в бассейне сменилось терригенной седиментацией. В результате в бассейне стали формироваться флишеподобные терригенные осадки, содержащие большое количество смектит-хлорит-слюдистых компонентов. Количество радиоляриевых сообществ сократилось, а сохранившиеся остатки раковин, в отличие от радиолярий нижележащей части разреза, в центральной части выполнены смектитом, а в периферической – криптокристаллическим кварцем.

На границе юры и мела в Сихотэ-Алинском регионе происходила субдукция зоны спрединга под континентальную окраину, хотя процесс окончательного формирования чешуйчатой структуры региона завершился в позднем мезозое, Таухинский терреин соответствует зоне суб-

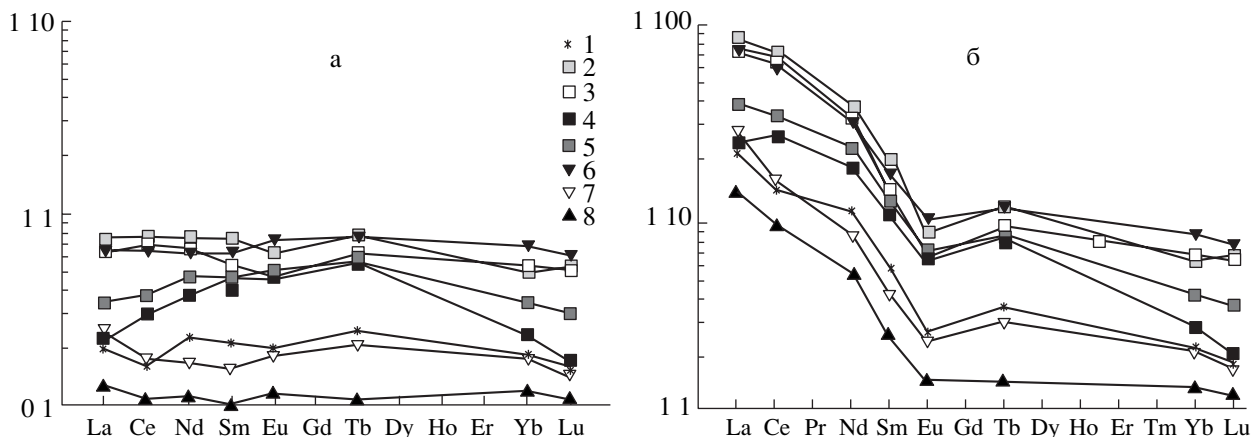


Рис. 7. Графики распределения редкоземельных элементов в кремнистых породах Дальнегорского разреза р. Рудной. а – нормированный по PAAS, б – нормированный по хондриту (№ образцов – К.А. Крылова).
 1 – силициты верхнеоленекского возраста (T_{1o2}), слой 4 – номера слоев соответствуют номерам слоев на рис. 1, обр. 1002–3; 2 – силициты верхнеоленекского возраста (T_{1o2}), слой 5, обр. 1011–4; 3 – силициты с контакта отложений верхнего оленека и нижнего анизия, слой 6, обр.1011–8; 4 – силициты нижнеанизийского возраста (T_{2a1}), на контакте с углеродистым горизонтом, слой 6, обр.1011–14; 5 – силициты нижнеанизийского возраста (T_{2a1}), выше углеродистого горизонта, слой 6, обр. 1011–15; 6 – силициты нижнеанизийского возраста (T_{2a1}), верхняя часть слоя 6, обр. 1011–32; 7 – силициты среднеанизийского возраста (T_{2a2}), основание слоя 7, обр. 1011–38; 8.– силициты среднеанизийского возраста (T_{2a2}), средняя часть слоя 7, обр. 1011–42.

дукции [Ханчук, 2001]. Вовлечение глубоководных кремнистых образований в состав аккреционного комплекса, произошедшее в раннем мелу, привело к развитию измененных до стадии метатектонизма кремнистых пород, перекристаллизации раковин радиолярий и преобразованию глинистых минералов в устойчивые разновидности. Но ассоциации глинистых минералов в кремнях сохраняют черты первичного материала. Выполнение раковин (халцедоном и смектитом) и появление хлорита в составе кремней отмечается в едином временном интервале, что предполагает единый источник их формирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Смена ассоциаций глинистых минералов в составе кремнистых пород южного Сихотэ-Алиня совпадает с крупными сменами радиоляриевых сообществ и обусловлена изменением палеогеографических, палеотектонических и палеоклиматических условий. Формирование триасово-нижнемеловых кремней р. Рудной происходило в глубоководных условиях, в триасе – в относительном удалении от континентальной окраины, в раннем мелу – в основании континентального склона.

В триас-нижнемеловом разрезе р. Рудной отмечены углеродистые горизонты, которые знаменуют собой крупные структурные перестройки в регионе. Состав глинистых ассоциаций, как и смена радиоляриевых сообществ, меняется чуть позже таких структурных перестроек. Ассоциации глинистых минералов в составе кремнистых пород яв-

ляются свидетелями первичного состава терригенной примеси в составе кремнистых пород.

Авторы выражают большую благодарность коллегам, которые своими замечаниями и советами способствовали написанию настоящей статьи, а также М.Е. Горшковой, Н.В. Горьковой, Г.В. Карповой, Е.В. Покровской за подготовку и лабораторную обработку исследованных образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 00-05-64618).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брагин Н.Ю. Радиолярии и нижнемезозойские толщи Востока СССР // Тр. ГИН СССР. Вып. 469. М.: Наука, 1991. 126 с.
Брагин Н.Ю. Радиоляриевые зоны триаса Дальнего Востока России // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8. № 6. С. 59–73.
Брагин Н.Ю., Крылов К.А. Горизонты углеродистых пород в триасовых и нижнеюрских кремнистых отложениях Дальнегорского опорного разреза (Приморье) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2002. Т. 10. № 5. С. 85–91.
Брагина Л.Г., Беньямовский В.Н., Застрожнов А.С. Радиолярии, фораминиферы и стратиграфия верхнемеловых отложений юго-востока Русской плиты (правобережье Волгоградского Поволжья) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7. № 5. С. 84–92.
Голозубов В.В., Ханчук А.И., Кемкин И.В., Панченко И.В., Симаненко В.П. Таухинский и Журавлевский террейны (Южный Сихотэ-Алинь). Владивосток: Препринт, 1992. 83 с.

- Волохин Ю.Г.* Глинистые минералы геосинклинальных кремнистых пород палеозоя и мезозоя юга Дальнего Востока // Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 76–99.
- Волохин Ю.Г.* Кремневые породы Сихотэ-Алиня и проблема происхождения геосинклинальных кремневых толщ. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1985. 196 с.
- Волохин Ю.Г.* Геохимические критерии при корреляции кремневых толщ и палеогеографических реконструкциях // Литология и полез. ископаемые. 1988. № 3. С. 64–81.
- Волохин Ю.Г., Бурый Г.И., Руденко В.С., Михайлик Е.В.* Мезозойская кремневая формация Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская окраина Азии. Геология. М.: Наука. 1989. С. 95–106.
- Волохин Ю.Г., Бурый Г.И., Руденко В.С., Филипов А.Н.* Триасовая кремневая формация южного Сихотэ-Алиня // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 4. С. 45–57.
- Гаврилов Ю.О., Копаевич Ф.* О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4. № 4. С. 3–14.
- Гаврилов Ю.О., Кодина Л.А., Лубченко И.Ю., Музылев Н.Г.* Позднепалеоценовое аноксическое событие в эпиконтинентальных морях Пери-Тетиса и образование сапропелевого горизонта: седиментология и геохимия // Литология и полез. ископаемые. 1997. № 5. С. 492–517.
- Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А.* Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: седиментология и геохимия // Литология и полез. ископаемые. 2002. № 4. С. 359–380.
- Голозубов В.В., Мельников Н.Г.* Тектоника геосинклинальных комплексов южного Сихотэ-Алиня // ИТиг ДВНЦ АН СССР. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1986. 128 с.
- Гречин В.И.* О методах изучения катагенетического преобразования кремнистых пород (на примере миоцена Камчатки и Сахалина) // Литология и полез. ископаемые. 1972. № 4. С. 147–151.
- Дриц В.А., Коссовская А.Г.* Глинистые минералы: слюда, хлориты. // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 465. М.: Наука, 1991. 176 с.
- Каипов А.Д., Левин В.Л.* Атлас микроструктур кремнистых пород (колчеданные месторождения Казахстана). Алма-Ата: Наука, 1982. 80 с.
- Кемкин И.В., Кемкина Р.А.* Юрско-раннемеловая био-стратиграфия кремнистых и терригенных отложений Дальнегорского рудного района (Южный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 1. С. 59–75.
- Кемкин И.В., Ханчук А.И.* Первые данные о раннемеловом аккреционном комплексе в бассейне р. Черная (Южный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеанская геология. 1993. № 1. С. 140–143.
- Константиновская Е.А.* Камчатское позднемеловое окраинное море // Литология и полез. ископаемые. 1997. № 1. С. 58–73.
- Константиновская Е.А.* Мезозойские океанические кремнистые, карбонатные и терригенные породы юго-восточной части полуострова Тайгонос (северо-восток России) // Литология и полез. ископаемые. 1998. № 4. С. 397–412.
- Красный Л.И., Михайлов А.Ф.* Кремнисто-вулканогенная группа формаций северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса // Осадочные и вулканогенные формации // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. 1966. Т. 128. С. 132–140.
- Мазарович А.О.* О тектонике южной части Сихотэ-Алиня // Геотектоника. 1981. № 5. С. 84–95.
- Мазарович А.О.* Тектоническое развитие южного Приморья в палеозое и раннем мезозое // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 392. М.: Наука. 1985. 104 с.
- Мазарович А.О., Рихтер А.В.* Палеотектоника и палеогеография юга Дальнего Востока в триасе // Геотектоника. 1985. № 6. С. 74–85.
- Маркевич П.В.* Флишевые формации северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса. М.: Наука, 1978. 143 с.
- Маркевич П.В., Коновалов А.И.* Нижнемеловые образования Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука. 2000. 256 с.
- Натальин Б.А.* Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеанская геология. 1991. № 5. С. 3–23.
- Ханчук А.И.* Реконструкция раннемеловой трансформной континентальной границы плит в Япономорском регионе // Тезисы 7-ой Международной конференции по тектонике плит им. Л.П. Зоненшайна. М.: Научный мир, 2001. С. 316–317.
- Шутов В.Д.* Классификация терригенных пород и граувакк // Граувакки, М.: Наука, 1972. С. 9–29.
- Ясаманов Н.А.* Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеопиздат, 1985. 294 с.
- Adachi M., Yamamoto K., Sugisaki N.* Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the northern Pacific – their geological significance as indications of ocean ridge activity // Sediment. Geol. 1986. V. 47. № 1/2. P. 125–148.
- Bralower T.J., Sliter W.V., Arthur M.A., Leckie R.M., Al-lard D., Schanger S.O.* Dysoxic / Anoxic Episodes in the Aptian-Albian (Early Cretaceous) // The Mesozoic Pacific: geology, tectonics and volcanism // Geophysical Monograph 77. AGU Books Board. 1993. P. 5–38.
- Hori R.* Toarcian Oceanic Event in deep-sea sediments // Bull. Geol. Surv. Japan. 1993. V. 44. № 9. P. 555–570.
- Ishiga H., Ishida K., Dozen K., Musashino M.* Geochemical characteristics of pelagic chert sequences across the Permian-Triassic boundary in southwest Japan // The Island Arc. 1996. № 5. P. 180–193.
- Kubler B.* Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinite de l'illite // Bull. Cent. Rech. Pau SNPA. 1968. V. 2. P. 385–397.
- Kuhnt W., Thurov J., Wiemann J., Herbin J.P.* Oceanic anoxic conditions around the Cenomanian-Turonian boundary and the response of the biota // Mitteilungen Geologia an Paleontologia. 1986. V. 60. P. 205–246.

- Marcucci Passerini M., Bettini P., Dainelli J., Sirugo A.* The “Bonarelli Horizon” in the central Apennines (Italy): radiolarian biostratigraphy // *Cretaceous Research*. 1991. № 12. P. 321–331.
- O’Dogherly L.* Biochronology and paleontology of Mid-Cretaceous radiolarians from Northern Apennines (Italy) and Betic Cordillera (Spain) // *Mem.de Geologie (Lausanne)*. 1994. № 21. 415 p.
- Yamakita S., Kadota N., Kato T. et al.* Confirmation of the Permian/Triassic boundary in deep-sea sedimentary rocks; earliest Triassic conodonts from black carbonaceous claystone of the Ubara section in the Tamba Belt // *Southwest Japan*. 1999. V. 105. №.12. P. 895–898.
- Matsuoka A., Hori R., Kuwahara K. et al.* Triassic-Jurassic radiolarian-bearing sequences in the Mino Terrane, central Japan // *Guide Book for Interrad VII field excursion*. Osaka, 1994. P. 19–61.
- Weaver C.E., Broekstra B.R., Highsmith P.B. et al.* Shale-slate metamorphism in Southern Appalachians// *Developments in petrology*. V. 10. Amsterdam, N.Y.: Elsevier, 1984. 239 p.