ЛИТОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ, 2024, № 3, с. 358–375

УДК 551.86:551.762.2:552.5:552.14

СРЕДНЕЮРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КРЯЖА УЛАХАН-СИС (РЕСПУБЛИКА САХА): БИОСТРАТИГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

© 2024 г. В. В. Костылева[a, *], О. А. Лутиков[a], М. В. Герцева[b], Е. В. Ватрушкина[a], М. И. Тучкова[a]

[a] *Геологический институт РАН, Пыжевский пер., 7, стр. 1, Москва, 119017 Россия*

[b] *Московский филиал ФГБУ "Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского", ул. Маршала Тухачевского, 32, корп. "А", Москва, 123154 Россия*

** e-mail: kovikto@yandex.ru*

Поступила в редакцию 17.07.2023 г.
После доработки 13.11.2023 г.
Принята к публикации 28.12.2023 г.

Обсуждаются возраст и обстановки осадконакопления среднеюрских терригенных отложений кряжа Улахан-Сис, венчающих мезозойский разрез северо-восточного фланга Нагонджинского террейна. На основании собственных находок ретроцерамов и анализа биостратиграфических данных предшественников возраст отложений принимается нами как байосский–среднебатский. В разрезе выделено три литологически различные толщи. Песчаники из нижних толщ относятся к полевошпатовым литаренитам, а из верхней толщи – к литаренитам с преобладанием внебассейновой карбонатной кластики (кальклититам). Анализ текстурно-структурных признаков, минералого-петрографического состава и распределения редкоземельных элементов в литаренитах позволяет предположить, что все эти толщи накопились в шельфовой части палеобассейна, связанного с действующей вулканической островной дугой, которая существовала предположительно с ранней юры на Омулевском кратонном террейне до завершения формирования Колымо-Омолонского супертеррейна.

Ключевые слова: кряж Улахан-Сис, Нагонджинский террейн, биостратиграфия, байос, средний бат, лититовые арениты, кальклититы, РЗЭ, обстановки осадконакопления, вулканическая дуга

DOI: 10.31857/S0024497X24030055, **EDN:** xvxvdt

Кряж Улахан-Сис расположен в междуречье Индигирки и Алазеи (рис. 1, врезка). В его геологическом строении участвуют интенсивно деформированные нижне-среднепалеозойские карбонатные толщи Улахан-Тасского блока Омулевского террейна, терригенные и вулканогенно-терригенные образования верхнего триаса – средней юры Нагонджинского террейна, верхнеюрские вулканиты реликтов Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса и нижнемеловые гранитоиды Северного батолитового пояса (см. рис. 1). Структуры кряжа Улахан-Сис являются продолжением структур кряжа Полоусный и относятся к тектоническим элементам широтного отрезка Колымской структурной петли, образовавшейся в результате аккреции Колымо-Омолонского супертеррейна (микроконтинента) к Северо-Азиатскому кратону в поздней юре и начале раннего мела [Зоненшайн и др., 1990; Оксман, 2000; Оксман и др., 2003; Тектоника ..., 2001; Парфенов и др., 2003; Соколов, 2010; Константиновский, Липчанская, 2011; Прокопьев, 2011; Nokleberg et al., 2001].

Нагонджинский террейн, входящий в состав Колымо-Омолонского супертеррейна, расположен между Омулевским и Полоусно-Дебинским террейнами и отделен от них крупными надвигами, имеющими на широтном отрезке Колымской структурной петли северо-западную вергентность [Тектоника ..., 2001; Парфенов и др. 2003; Оксман, 2000; Оксман и др., 2003; Прокопьев, 2011; Константиновский, Липчанская, 2011; Третьяков, 2019] (см. рис. 1). На западном фланге, в районе кряжа Полоусный и поворота структур Колымской петли Нагонджинский террейн сложен морскими глубоководными и относительно глубоководными кремнисто-вулканогенно-терригенными толщами верхнего палеозоя – нижнего мезозоя [Басов и др., 1977; Тектоника ..., 2001; Оксман,

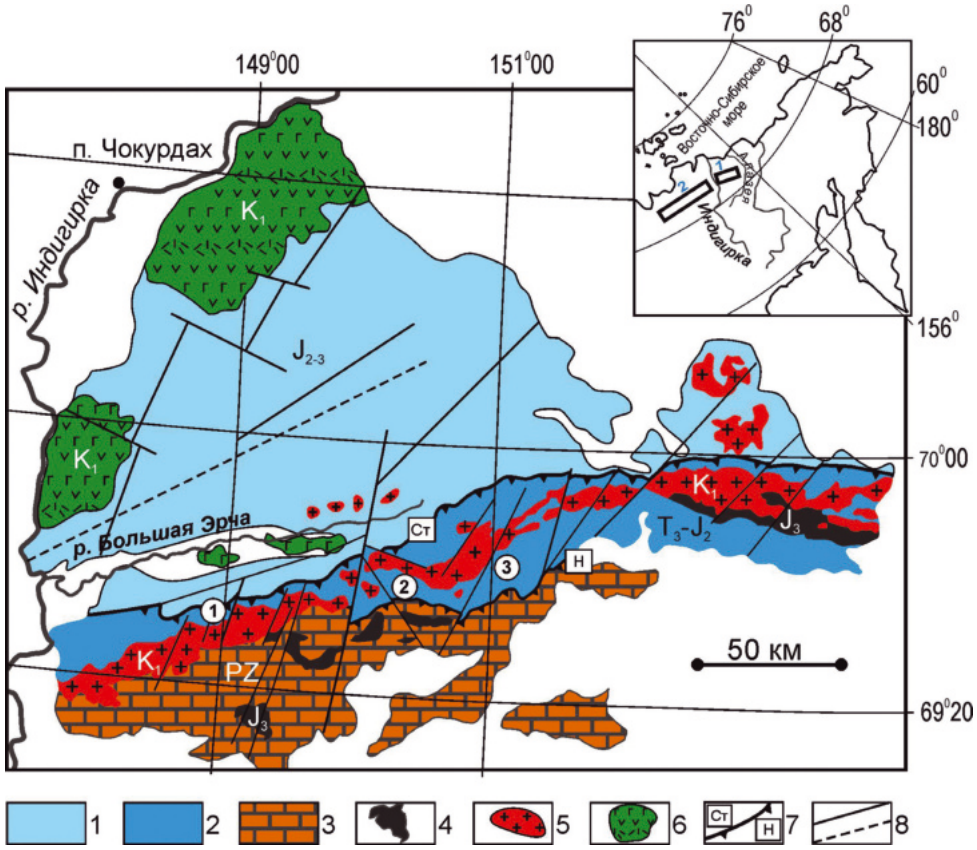


Рис. 1. Схема геологического строения кряжа Улахан-Сис (по [Государственная ..., 2000; Тектоника ..., 2001]; с упрощениями); на врезке показано географическое расположение: 1 – кряжа Улахан-Сис, 2 – кряжа Полоусный.
1 – Полоусно-Дебинский террейн (северо-восточный фланг); 2 – Нагонджинский террейн (северо-восточный фланг); 3 – Улахан-Тасский блок Омулевского террейна; 4 – верхнеюрские терригенно-вулканогенные толщи Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса; 5 – нижнемеловые гранитоиды (Северный батолитовый пояс); 6 – нижнемеловые базальты, андезиты, риолиты; 7 – региональные надвиги (СТ – Сетакчанский, Н – Нальчанский); 8 – прочие разрывные нарушения.
Цифрами в кружках показаны: 1 – район наших наблюдений по р. Нижний Тогучан, 2 – район наших наблюдений по р. Кусаган-Юрях; 3 – район наблюдений Г.В. Сонина [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]] в верховьях бассейнов р. Нанчан, Балыктах.

2000; Оксман и др., 2003; Прокопьев, Оксман, 2005; Соколов, 2010; Вишневская и др., 2011; Амон и др., 2019; Третьяков, 2019]. На северо-восточном фланге, в пределах кряжа Улахан-Сис, в составе террейна достоверно известны только верхнетриасовые, нижнеюрские и среднеюрские относительно мелководные карбонатно-терригенные и вулканогенно-терригенные отложения [Сонин, Агафонов, 1976[1]; Сонин и др., 1983[2], 1988[3]].

Согласно доминирующей точке зрения, палеозойские-раннемезозойские толщи, слагающие Нагонджинский террейн, накопились в Оймяконском палеобассейне на западной (в современных координатах) окраине Омулевского кратонного террейна преимущественно до формирования Колымо-Омолонского микроконтинента [Оксман, 2000; Оксман и др., 2003; Тектоника ..., 2001; Соколов, 2010; Константиновский, 2011; Третьяков, 2019; Nokleberg et al., 2001]. Верхи среднеюрского разреза, представленные мелководно-морскими отложениями с горизонтами олистостром, интерпретировались как наиболее ранние постамальгамационные образования [Архипов, Волкодав, 1984; Тектоника ..., 2001; Оксман, 2000; Оксман и др.,

[1] *Сонин Г.С., Агафонов Г.Е.* Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1:50000 в бассейне верхнего течения рр. Большая Эрча и Кусаган-Юрэх (хребет Улахан-Сис) в 1973–1976 гг. ПГО "Якутскгеология", пос. Батагай, 1976. Т. 1. 274 с.

[2] *Сонин Г.С., Агафонов Г.Е., Мусалитина В.П. и др.* Отчет о результатах групповой геологической съемки и поисков масштаба 1:50000 в центральной части хребта Улахан-Тас в 1978–1982 гг. ПГО "Якутскгеология", пос. Батагай, 1983. Т. 1. 299 с.

[3] *Сонин Г.С., Малютин Е.И., Мусалитина В.П. и др.* Отчет о результатах групповой геологической съемки и поисков масштаба 1:50 000 в восточной части Улахан-Тасского золотоносного района (хребет Улахан-Сис; листы R-56–65; R-56–66; R-56–76; R-56–77; R-56–78) в 1982–1987 гг. ПГО "Якутскгеология", пос. Батагай, 1988. Т. 1. 300 с.

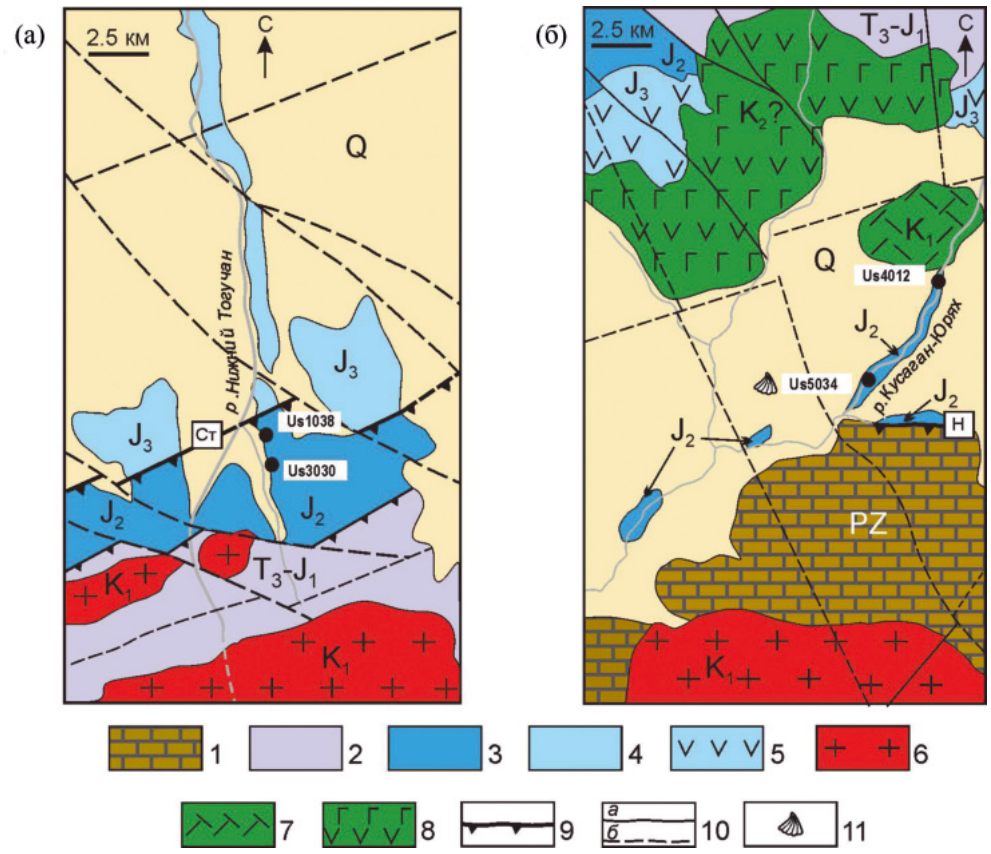


Рис. 2. Схемы геологического строения районов исследования (по [Сонин, Агафонов, 1976[1]] с упрощениями).
а – северный склон кряжа Улахан-Сис, обнажения по р. Нижний Тогучан (район наблюдения 1, см. рис. 1), б – осевая часть кряжа, обнажения по р. Кусаган-Юрях (район наблюдения 2, см. рис. 1).
1 – нижне-среднедевонские известняки Улахан-Тасского блока Омулевского террейна; 2, 3 – Нагонджинский террейн: 2 – верхнетриасовые-нижнеюрские карбонатно-терригенные отложения, 3 – среднеюрские вулканогенно-терригенные отложения; 4 – верхнеюрские терригенные отложения Полоусного синклинория, 5 – верхнеюрские вулканиты (андезиты, дациты), 6 – нижнемеловые гранитоиды, 7 – нижнемеловые липариты, 8 – верхнемеловые(?) андезито-базальты; 9 – надвиги, 10 – прочие разрывные нарушения (а – достоверные, б – недостоверные), 11 – местонахождение ретроцерамов.
Буквы в квадратах: СТ – Сетакчанский надвиг, Н – Нальчанский надвиг. Буквенно-цифровые обозначения в белых прямоугольниках обозначают номера точек наблюдения.

2003; Константиновский, Липчанская, 2011; Соколов, 2010]. Вмещающие олистолиты отложения охарактеризованы ретроцерамами. В соответствии с существовавшими в 1970–1980 гг. представлениями о стратиграфическом положении слоев с ретроцерамами относительно бореальной аммонитовой шкалы [Решения ..., 1978] возраст вмещающих отложений рассматривался как позднебатский [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]]. В связи с уточнением возрастного диапазона бореальных родов Arctocephalites и Arcticoceras, найденных в Среднем Поволжье совместно с перитетическими аммонитами [Митта, Сельцер, 2002], схема аммонитовых зон байос-батского интервала Европейской части России, Сибири и Северо-Востока России существенно изменилась [Решения ..., 2009; Меледина, 2014; Mitta et al., 2014]. В результате ревизии бореальной аммонитовой шкалы пересмотрен и возраст зональных подразделений в шкале по ретроцерамам [Шурыгин и др., 2011; Никитенко и др., 2013; De Lagausie, Dzyuba, 2017; Урман и др., 2022]. Следовательно возраст мелководно-морских отложений, содержащих горизонты олистостром, также должен быть пересмотрен.

Менее известная точка зрения изложена в объяснительной записке к геологической карте 1:1 000 000 масштаба [Государственная ..., 2000], описывающей стратиграфию и геологическое строение кряжа Улахан-Сис. По мнению авторов записки, Нагонджинский террейн здесь

сложен только постамальгамационными нижне-среднебатскими отложениями, венчающимися верхнебатской толщей, содержащей горизонты олистостром. Формирование этой толщи авторы связывают с заложением в позднем бате на западном краю Колымо-Омолонского микроконтинента непротяженной Улахан-Сисской островной дуги.

Причина существования различных палеореконструкций для среднеюрской эпохи заключается в слабой геологической изученности осадочных толщ этого возрастного интервала, венчающих мезозойский разрез Нагонджинского террейна, а также в отсутствии минералого-петрографических и литохимических характеристик отложений, которые могут позволить уточнить обстановки осадконакопления на важном среднеюрском этапе тектонической истории Северо-Востока Азии, связанном с образованием Колымо-Омолонского микроконтинента.

В 2020 г. в ходе работ по созданию комплектов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (листы R55–56) на кряже Улахан-Сис нами было проведено изучение среднеюрских отложений северо-восточного фланга Нагонджинского террейна (см. рис. 1). Полевые исследования проводились на северном склоне кряжа по р. Нижний Тогучан (рис. 2а), левому притоку р. Большая Эрча, и в осевой части кряжа по р. Кусаган-Юрях (см. рис. 2б).

Целью данной работы является уточнение особенностей строения, возрастного диапазона, обстановок осадконакопления среднеюрских отложений северо-восточного фланга Нагонджинского террейна с использованием новых палеонтологических, литолого-петрографических и литохимических данных, полученных авторами в результате детального исследования терригенных пород из разных частей среднеюрского разреза кряжа Улахан-Сис.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Первые сведения о среднеюрских образованиях были получены в результате крупномасштабных геолого-съемочных работ [Сонин, Агафонов, 1976[1]; Сонин и др., 1983[2], 1988[3]]. Среднеюрские отложения развиты на северном склоне кряжа Улахан-Сис и в его осевой части [Сонин, Агафонов, 1976[1]; Сонин и др., 1983[2], 1988[3]; Архипов, Волкодав, 1984]. На северном склоне кряжа в обнажениях по рр. Нижний и Верхний Тогучан, Г.С. Сониным описан трехчленный разрез средней юры без признаков внутриформационных несогласий [Сонин, Агафонов, 1976[1]]. Нижняя алевролитово-аргиллитовая толща (~ 650–700 м) была ими отнесена к аалену на основании находок в верхней ее части двустворок Retroceramus sp. indet и белемнитов Belemnites gen. indet., а согласно перекрывающая ее песчаниковая толща (~ 320–400 м) по положению в разрезе – к байосу. Верхняя толща (~ 140 м) переслаивания аргиллитов, алевролитов и песчаников была описана Г.В. Сониным только по р. Верхний Тогучан и отнесена им к батскому ярусу. В верховьях р. Нижний Тогучан коренные выходы верхней толщи погребены под курумником. Общая видимая мощность среднеюрского разреза по оценке авторов отчета [Сонин, Агафонов, 1976[1]] составляет около 1200 м (рис. 3а). В современном структурном плане этого района среднеюрские породы слагают тектоническую пластину, на которую надвинуты верхнетриасовые–нижнеюрские образования. В совокупности пластины среднеюрских и верхнетриасовых–нижнеюрских пород являются частью тектонического покрова, шарьированного в северо-западном направлении на верхнюю юру Полоусного синклинория по Сетакчанскому региональному надвигу (см. рис. 2а).

В осевой части кряжа среднеюрские отложения выходят в отдельных тектонических блоках и эрозионных окнах среди поля развития четвертичных образований (см. рис. 2б). Здесь алевролитово-аргиллитовая и песчаниковая толщи, на северном склоне кряжа отнесенные к аалену и байосу, фаунистически не охарактеризованы; их суммарная видимая мощность составляет около 1100 м [Сонин, Агафонов, 1976[1]] (см. рис. 3б). Породы интенсивно ороговикованы вследствие внедрения гранитоидных батолитов в раннемеловую эпоху. Вышележащая преимущественно песчаниковая толща с пластами и линзами гравелитов и конгломератов имеет выходы в русле и по берегам р. Кусаган-Юрях (см. рис. 2б). Видимая мощность верхней толщи в этом районе составляет около 500 м [Сонин, Агафонов, 1976[1]]. На основании находок ископаемых остатков двустворчатых моллюсков Retroceramus sp. indet (R. ex gr. retrorsus Keys), R.cf. bulunensis Kosch., R. ex gr. porrectus (Eichw.), R. ex gr. polaris Kosch.?, Arctotis sp. (A. ex. gr. lenaensis Lah.) и белемнитов Belemnites gen. indet. (определения А.М. Трущелёва и В.Г. Данилова) верхняя толща была отнесена к нерасчлененному бату (см. рис. 3б).

Восточнее (см. рис. 3в), за пределами изученных нами районов также известны разрозненные выходы алевритово-глинистых

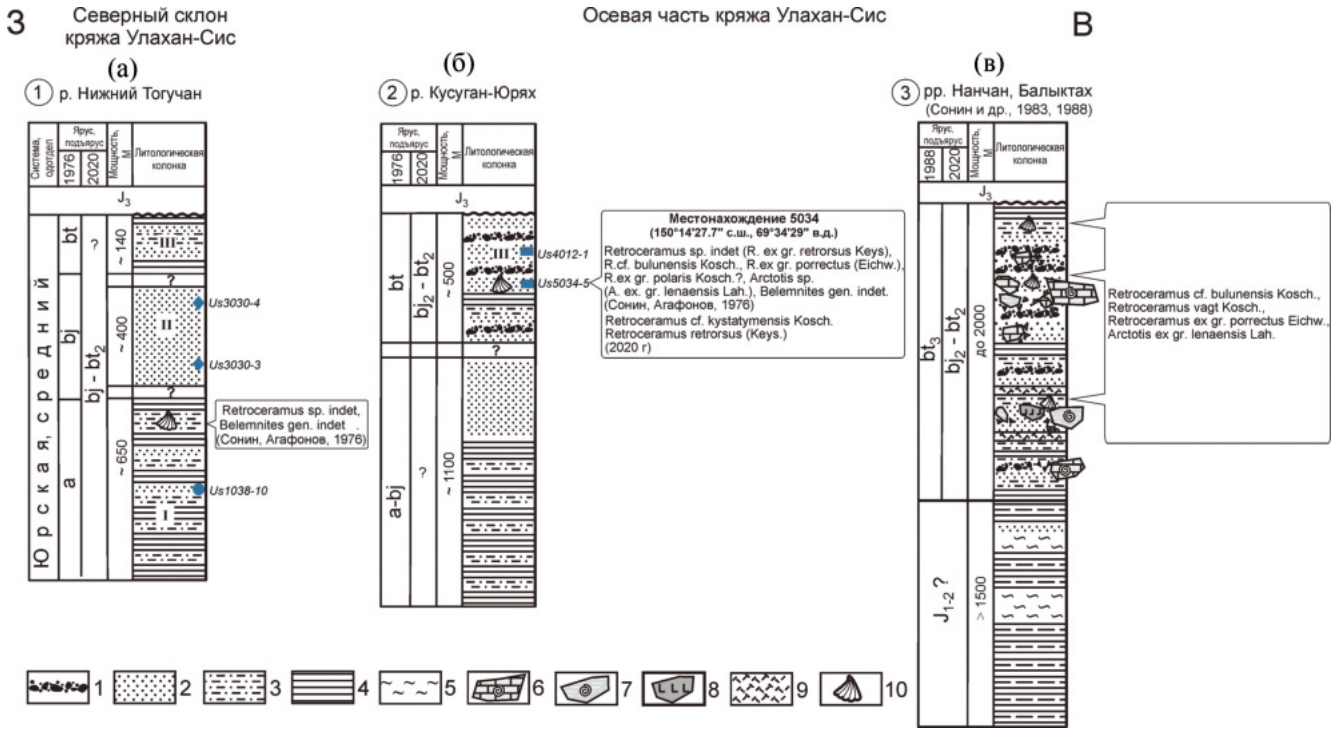


Рис. 3. Строение разреза среднеюрских отложений: а – по р. Нижний Тогучан, б – по р. Кусаган-Юрях, в – строение толщи с горизонтами олистостром на сопредельной территории (по [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]] с упрощениями). Цифры в кружках обозначают районы наблюдения (см. рис. 1), для которых построены разрезы.
На стратиграфических колонках: 1 – конгломераты, гравелиты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты, 5 – алевритово-глинистые сланцы, 6 – олистолиты фаунистически охарактеризованных Улахан-Тасских девонских известняков, 7 – олистолиты фаунистически охарактеризованных верхнетриасовых терригенно-карбонатных пород, 8 – олистолиты базальтовых порфиритов, 9 – прослои и линзы риолитов и их туфов, 10 – ретроцерамы. Буквенно-цифровыми обозначениями показано положение в разрезах образцов песчаников, отобранных для геохимических и других видов исследований.

и песчано-гравийно-галечных пород, содержащих олистостромы, маломощные пласты риолитов и их туфов [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]; Архипов, Волкодав, 1984]. Эти авторы установили, что олистостромы содержат олистолиты фаунистически охарактеризованных девонских известняков Улахан-Тасского блока Омулевского террейна и верхнетриасовых терригенных тонкозернистых пород. Реже встречаются олистолиты базальтовых порфиритов. Суммарная мощность разреза, содержащего кислые вулканиты и горизонты олистостром превышает 1500 м [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]]. На основании находок остатков двустворчатых моллюсков Retroceramus cf. bulunensis Kosch., Retroceramus vagt Kosch., Retroceramus ex gr. porrectus Eichw., Arctotis ex gr. lenaensis Lah. (определения А.М. Трущелёва и В.Г. Данилова) возраст вмещающих эти остатки отложений считался позднебатским (см. рис. 3в) [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]].

В результате полевых наблюдений и последующего анализа полученных данных, Г.С. Сонин с соавторами пришли к заключению, что олистостромы в верхнебатских отложениях в осевой части кряжа Улахан-Сис являются "... признаком развития явлений покровной тектоники в конце батского века" [Сонин и др., 1983[2]]. С учетом этого заключения большинством геологов [Архипов, Волкодав, 1984; Тектоника ..., 2001; Оксман, 2000; Оксман и др., 2003; Соколов, 2010; Константиновский, Липчанская, 2011] была предположена постамальгамационная природа отложений верхов среднеюрского разреза Нагонджинского террейна ("бат-келловейская олистострома").

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Среднеюрские интенсивно дислоцированные отложения на всех изученных участках вскрываются в разрозненных высыпках, глыбовых развалах и редких коренных выходах, по которым

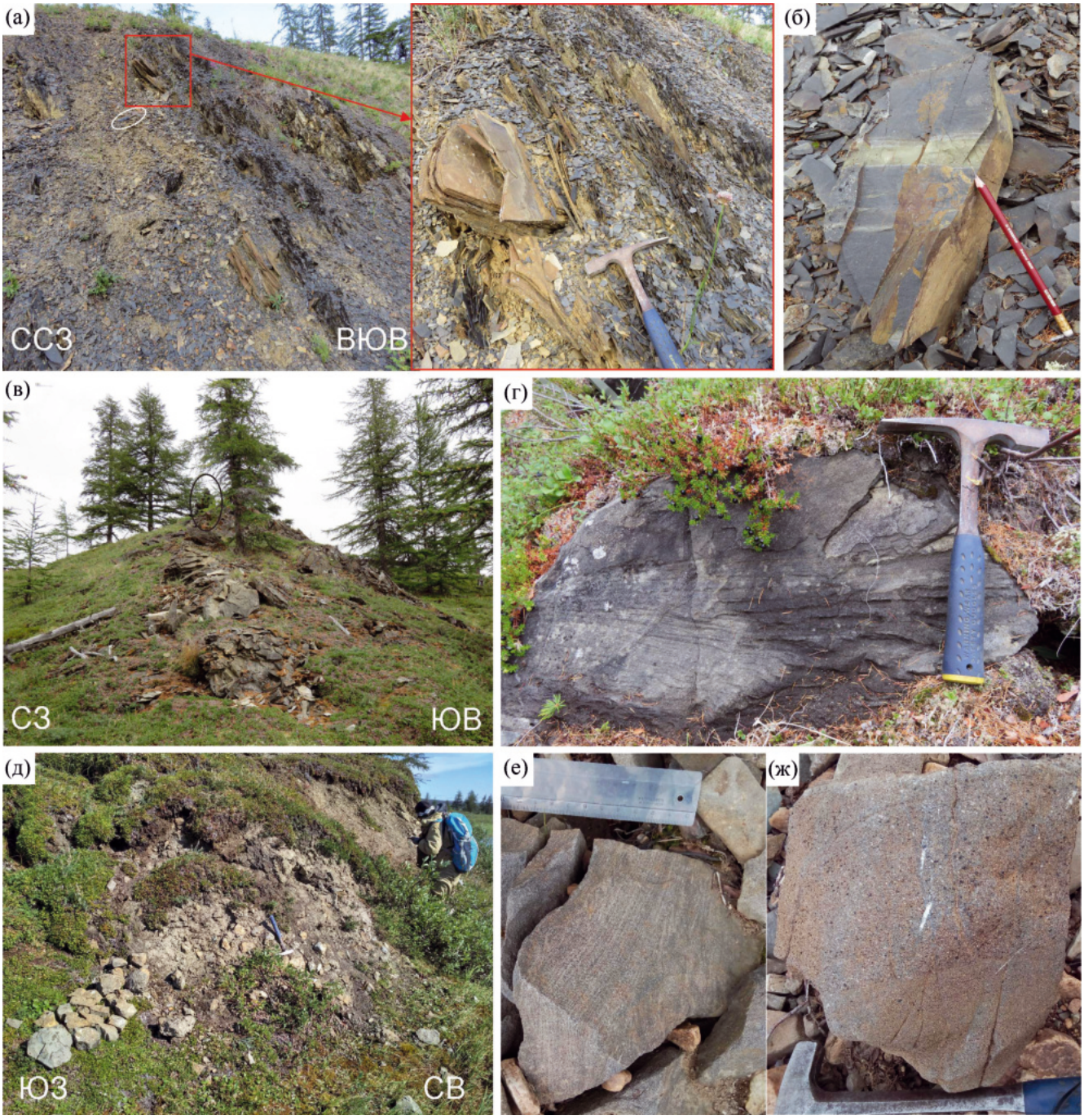


Рис. 4. Обнажения среднеюрских отложений кряжа Улахан-Сис (а–г – по р. Нижний Тогучан, д–ж – по р. Кусаган-Юрях).
а, б – нижняя толща: а – коренное обнажение; переслаивание тонколистоватых аргиллитов и плитчатых алевролитов, б – обломок алевролита с прослоем зеленого тонкозернистого туффита; в, г – средняя толща: в – коренной выход песчаников, г – оползшая глыба песчаника с крупной косой разнонаправленной слоистостью; д–ж – верхняя толща: д – коренной выход песчаников, е – фрагмент косослоистого известкового песчаника, ж – фрагмент песчаника и его контакт с полимиктовым известковым гравелитом.



Рис. 5. Находки ретроцерамов из верхней толщи (местонахождение 5034, р. Кусаган-Юрях.
1 – Retroceramus retrorsus (Keys.), верхний байос: экз. № 5034/1, ядро левой створки; 2, 3 – Retroceramus cf. retrorsus (Keys.), возраст тот же: 2 – экз. № 5034/2, примакушечная часть ядра левой створки, 3 – экз. № 5034/3, ядро правой створки с отпечатками связочных ямок и гребней; местонахождение и возраст те же; 4–6 – Retroceramus cf. kystatymensis Kosch., возраст тот же: 4 – экз. № 5034/4, примакушечная часть ядра левой створки и макушка правой створки, выступающая над замочным краем, 5 – экз. № 5034/5, часть ядра левой створки без макушки и примакушечной части, 6 – экз. № 5034/6, ядро правой створки.

невозможно составить непрерывное послойное описание разреза.

Согласно Г.С. Сонину, составной разрез среднеюрских отложений имеет трехчленное строение, что и было подтверждено нашими наблюдениями (см. рис. 3а, 3б). Контакты между литологически различными толщами задернованы.

Нижняя и средняя толщи исследованы нами на северном склоне кряжа по правому берегу р. Нижний Тогучан (см. рис. 3а). Верхняя толща изучена в осевой части кряжа по р. Кусуган-Юрях (см. рис. 3б).

Нижняя толща обнажается на склоне речной террасы и представлена неравномерным переслаиванием черных листоватых алевритистых аргиллитов и темно-серых тонкоплитчатых алевролитов (рис. 4а) с редкими прослоями серых средне-мелкозернистых и мелкозернистых массивных песчаников. В верхней части толщи среди сероцветных пород появляются алевролиты и аргиллиты с зеленоватым оттенком и маломощные прослои светло-зеленых тонкозернистых туффитов (см. рис. 4б).

Средняя толща сложена песчаниками серыми мелко-среднезернистыми, массивными (см. рис. 4в) или толстоплитчатыми, известковыми. В оползших глыбах песчаников наблюдается крупная косая разнонаправленная слоистость, характерная для мелководных морских отложений (см. рис. 4г).

Верхняя толща, изученная в развалах и коренных выходах по берегам р. Кусаган-Юрях, представлена преимущественно светло-серыми, на выветрелой поверхности рыжеватыми, разнозернистыми гравелитистыми, мелко-среднезернистыми и мелкозернистыми массивными и косослоистыми, сильно известковыми песчаниками (см. рис. 4д, 4е), реже алевролитами, аргиллитами, полимиктовыми гравелитами (см. рис. 4ж) и конгломератами с несортированным песчаным матриксом, сцементированным вторичным кальцитом. Материал псефитовой размерности имеет среднюю, реже хорошую степень окатанности. В его составе диагностированы галька и гравий известняков, реже аргиллитов, черных кремней, метаморфических сланцев, базальтов, кислых эффузивов, еще реже молочно-белого кварца. В коренном выходе верхней толщи (местонахождение 5034) в песчаниках нами обнаружены скопления отдельных створок и частей створок Retroceramus cf. kystatymensis Kosch., Retroceramus retrorsus (Keys.) (определения О.А. Лутикова) (см. рис. 3б, рис. 5).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наибольшее внимание при изучении среднеюрских пород было уделено песчаникам, которые являются наиболее информативным типом терригенных пород для установления источников терригенного материала и реконструкции обстановок осадконакопления.

Для песчаников проведена количественная оценка минерального состава методом подсчета терригенных компонентов в петрографических шлифах (по [Граувакки, 1972]). При этом отдельно подсчитывались зерна поликристаллического кварца (без учета обломков кремней и кислых эффузивов) и монокристаллического обломочного кварца.

Силикатный анализ песчаников выполнен рентгенофлуоресцентным методом (РФА) в аккредитованной лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН с использованием последовательного спектрометра S8 TIGER. Техника подготовки проб и статистические показатели точности анализа соответствуют требованиям отраслевой методики НСАМ № 439-РС. Элементный анализ образцов проведен в Аналитическом сертифицированном испытательном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка) в лаборатории ядерно-физических и масс-спектральных методов анализа по методике автоклавного разложения [Карандашев и др., 2016].

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНИКОВ

Песчаники из нижней и средней толщ имеют близкие структурно-вещественные характеристики. По классификации [Граувакки, 1972] они относятся к кварцево-полевошпатовым и полевошпатово-кварцевым грауваккам. Песчаники верхней тощи содержат значительное количество литокластов внебассейновых карбонатных пород (более 50%), продуктов разрушения и переотложения девонских известняков Улахан-Тасского блока Омулевского террейна [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]]. Такой состав песчаников не отражен на классификационной диаграмме В.Д. Шутова. Поэтому для унификации описания нами применена классификация Р.Л. Фолка [Folk, 1974], согласно которой песчаники двух нижних толщ относятся к полевошпатовым лититовым аренитам, а верхней толщи – к лититовым аренитам (рис. 6а). Для всех песчаников характерны вторичная карбонатизация

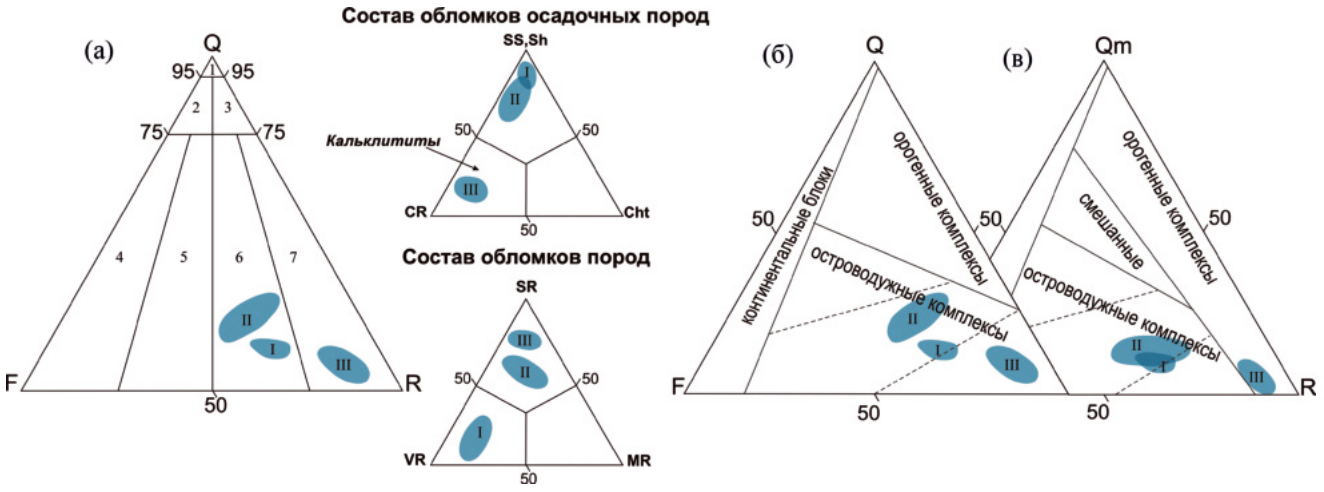


Рис. 6. Состав среднеюрских песчаников на классификационной диаграмме Q–F–R и дочерних диаграммах, по [Folk, 1974] (а), диаграммах Q–F–R и Qm–F–R, по [Dickinson et al., 1983] (б).
Q – кварц (моно- и поликристаллический), Qm – кварц (монокристаллический), F – полевые шпаты, R – обломки пород, MR – обломки метаморфических пород, VR – обломки вулканогенных пород, SR – обломки осадочных пород, CR – обломки внебассейновых карбонатных пород, Cht – обломки кремней, SS, Sh – обломки песчаных и глинистых пород.
Поля: 1 – кварцевые аренитты, 2 – субаркозы, 3 – сублитаренитты, 4 – аркозы, 5 – лититовые аркозы, 6 – полевошпатовые лититовые аренитты, 7 – лититовые аренитты.
Римскими цифрами указаны толщи: I – нижняя, II – средняя, III – верхняя (см. рис. 3).

в виде кальцитового корозионного цемента и межзерновой кливаж, отмеченный концентрированным темно-бурым органическим веществом (ОВ).

В нижней толще полевошпатовые литаренитты мелко-среднезернистые и мелкозернистые. Окатанность песчаного материала различная, в основном зерна остроугольные и плохо окатанные со слабо округленными краями; некоторые литокласты, кварцевые и полевошпатовые зерна имеют среднюю степень окатанности. Общее содержание терригенного кварца низкое – 13–15% (Qm_{9-11}). Зерна полевого шпата, в основном плагиоклаза, присутствуют в значительном количестве – 28–30%; калиевый полевой шпат представлен микроклином. Литокласты доминируют – 55–60%. Среди них преобладают обломки вулканогенных пород (см. рис. 6а, дочерние диаграммы) основного состава (рис. 7а); кислые эффузивы с микрофельзитовой структурой содержатся в подчиненном количестве (рис. 8а). В подчиненном количестве также присутствуют обломки метаморфических и осадочных пород. Среди первых диагностированы слюдисто-кварцевые и углеродисто-кремнистые сланцы (см. рис. 8б, 8в). Среди вторых – черные аргиллиты и алевролиты (см. рис. 8г, 8д); черные кремни с криптозернистой структурой единичны. Наблюдается незначительное количество сингенетичной пирокластики, предположительно основного состава, в виде мелких (0.1–0.15 мм) фрагментов хлоритизированных вулканических стекол с пузырчатой структурой (см. рис. 8е). Поровый кальцитовый коррозионный цемент развит слабо.

Средняя толща сложена полевошпатовыми лититовыми аренитами мелко-среднезернистыми (см. рис. 7б). Обломочный материал неокатанный и плохоокатанный, редко средней степени окатанности. Содержание терригенного кварца низкое – 20–25% (Qm_{10-15}). Полевые шпаты, главным образом плагиоклазы, изредка микроклин, присутствуют в значительном количестве – 20–35%. Литокласты преобладают – 45–55% (см. рис. 6а, дочерние диаграммы). Наиболее распространены черные аргиллиты. В подчиненном количестве содержатся обломки микритовых известняков (см. рис. 8з, 8и), вулканических и метаморфических пород, иногда черных кремней. Вулканиты представлены основными, реже кислыми разностями с микрофельзитовой структурой. Среди обломков метаморфических пород диагностированы слюдисто-кварцевые и углеродисто-кремнистые сланцы. Присутствует незначительная примесь сингенетичного пирокластического материала в виде мелких

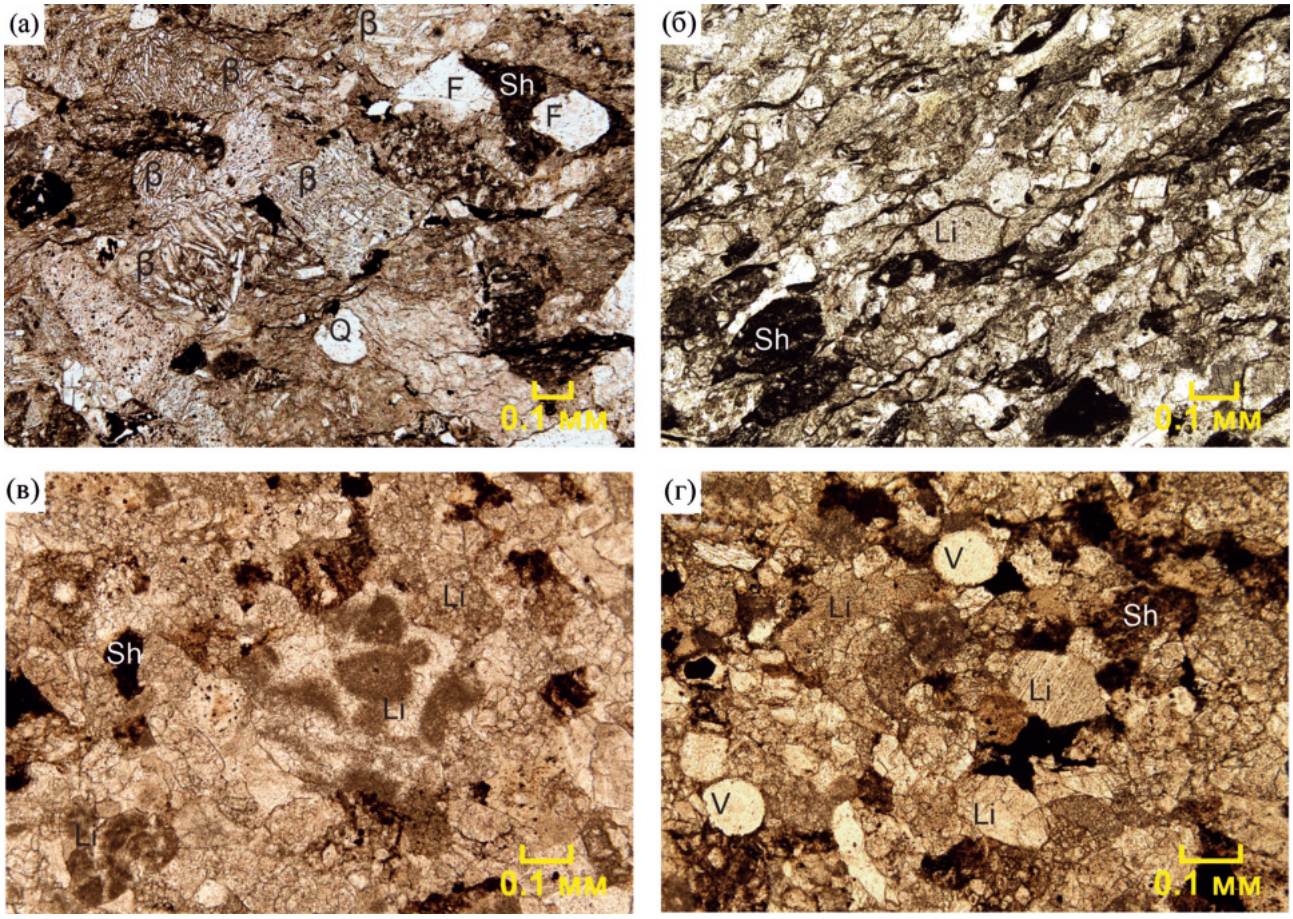


Рис. 7. Микрофотографии среднеюрских песчаников.
а – полевошпатовый лититовый аренит с преобладанием базальтовой кластики (нижняя толща, шлиф Us1038-10), б – полевошпатовый лититовый аренит с преобладанием обломков осадочных пород (средняя толща, шлиф Us3030-3,); в, г – лититовые арениты (верхняя толща): в – кальклитит (шлиф Us5034–5), г – кальклитит со сфероидальными витрокластами (шлиф Us5034-5).
Q – кварц, F – полевые шпаты, β – обломки базальтов, Li – обломки известняков, Sh – обломки глинистых пород, V – сингенетичная витрокластика. Фотографии сделаны в проходящем свете оптического микроскопа, николи параллельны.

фрагментов хлоритизированных вулканических стекол с характерной пузырчатой структурой, иногда веретенообразных (см. рис. 8ж). Поровый кальцитовый коррозионный цемент развит интенсивно, но неравномерно.

В верхней толще лититовые арениты средне-мелкозернистые и мелко-среднезернистые иногда с примесью обломков крупнопесчаной размерности. Окатанность терригенного материала различная: преобладают средне- и плохоокатанные зерна (см. рис. 7в, 7г), но встречаются и хорошо окатанные литокласты. Матрикс интенсивно кальцитизирован. Содержание обломочного кварца очень низкое – 5–10% (Qm_{2-5}). Количество полевых шпатов также незначительное – 5–10%. Не исключено, что кварцевой и полевошпатовой кластики в исходном осадке было больше, но в настоящее время эти обломки корродированы или замещены поздним кальцитом. Литокласты резко преобладают – 80–90% и представлены в основном осадочными породами (см. рис. 6а, дочерние диаграммы), среди которых доминируют различные разновидности внебассейновых известняков иногда доломитизированных (см. рис. 6в, 7в, 7г): органогенных, микритовых и разнозернистых (см. рис. 8к, 8л). Края обломков иногда окаймлены тонкими железисто-окисными пленками. В подчиненном количестве присутствуют обломки черных аргиллитов и черных кремней. Литокласты метаморфических пород представлены углеродисто-кремнистыми

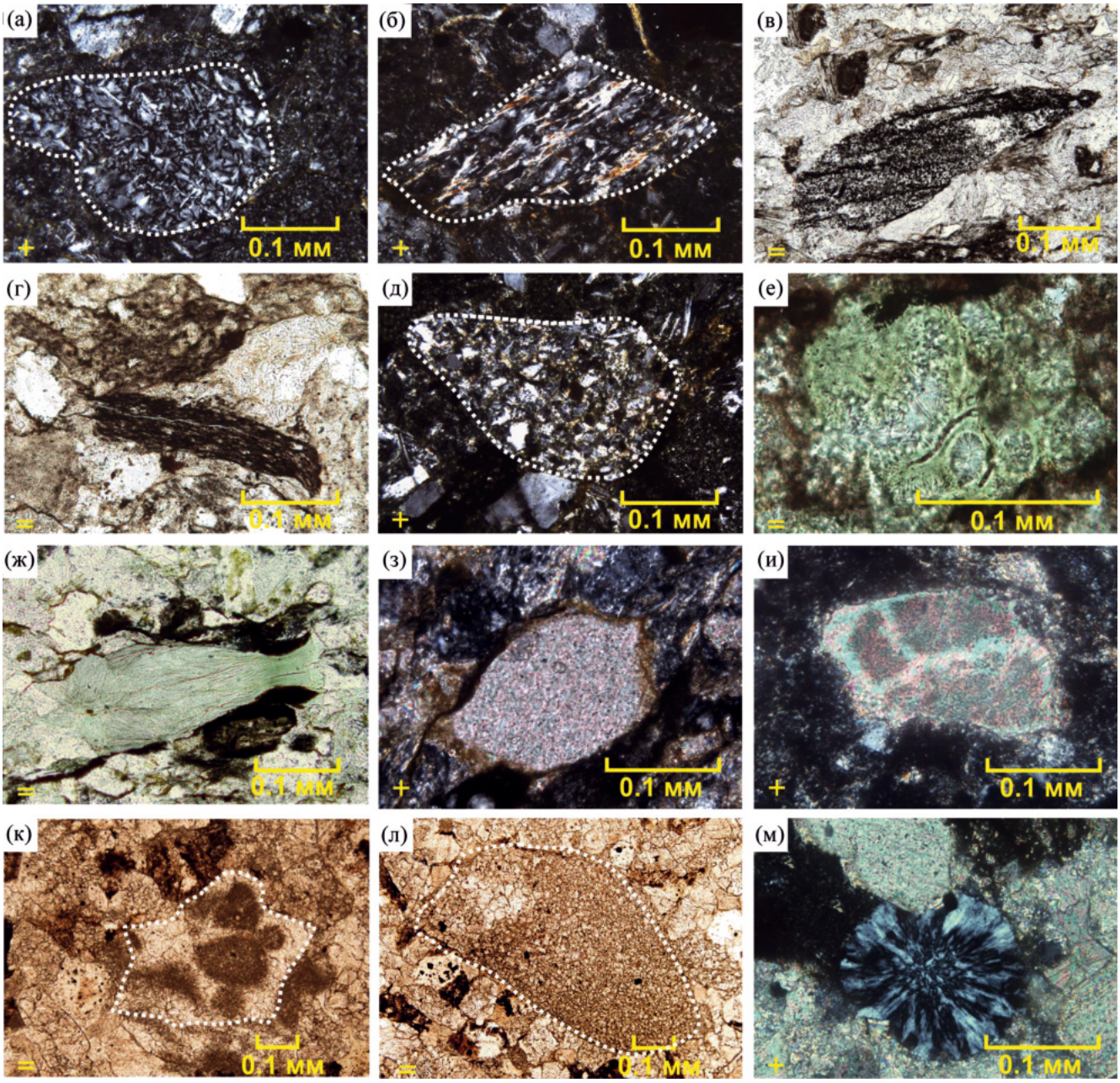


Рис. 8. Типы обломков пород и сингенетичных витрокластов в среднеюрских песчаниках.
а – фельзит, б – слюдисто-кварцевый сланец, в – углеродисто-кремнистый сланец, г – аргиллит, д – алевролит, е – витрокласт пузырчатый хлоритизированный, ж – витрокласт веретеновидный хлоритизированный, з, и – микритовые известняки, к – водорослевый известняк, л – мелкокристаллический известняк, м – сфероидальный витрокласт с радиально-лучистой структурой. Фотографии сделаны в проходящем свете оптического микроскопа, положение николей указано на фотографиях.

и слюдисто-кварцевыми сланцами. Встречаются обломки основных и кислых эффузивов и в незначительном количестве сингенетичная пирокластика предположительно кислого состава в виде мелких (0.1 мм) сферул с радиально-лучистой структурой (см. рис. 8м) и фрагментов хлоритизированных вулканических стекол. Согласно классификации Р.Л. Фолка [Folk, 1974] лититовые аренитты с преобладанием внебассейновой известняковой кластики относятся к кальклититам (см. рис. 6а, дочерняя диаграмма).

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНИКОВ

Среди петрогенных компонентов (табл. 1) в полевошпатовых литаренитах нижней и средней толщ содержание SiO_2 колеблется от 41 до 62%, а в кальклититах верхней толщи составляет 19–28%. Следовательно, все рассматриваемые песчаники относятся к обедненным кварцем отложениям, что хорошо согласуется с петрографическими наблюдениями.

По сравнению с постархейским средним австралийским сланцем (PAAS) [Nance, Taylor, 1976; Тейлор, Мак Леннан, 1988] песчаники характеризуются пониженными концентрациями редкоземельных элементов (РЗЭ) (см. табл. 1), спектры распределения которых близки между собой во всех изученных образцах (рис. 9а).

Таблица 1. Содержание петрогенных оксидов и элементов-примесей в среднеюрских литаренитах

Компонент	Номер образца				
	I толща	II толща		III толща	
	Us1038-10	Us3030-3	Us3030-4	Us5034-5	Us4012-1
SiO_2, мас. %	61.57	41.24	56.90	18.83	27.50
TiO_2	0.92	0.34	0.72	0.10	0.19
Al_2O_3	11.67	7.81	14.12	2.78	5.72
$Fe_2O_3^{\#}$	7.34	2.53	4.31	0.66	1.66
MnO	0.19	0.06	0.06	0.04	0.03
MgO	2.68	5.85	2.72	12.33	5.31
CaO	5.55	19.80	7.71	27.84	27.62
Na_2O	3.28	0.53	1.98	0.02	<0.01
K_2O	0.56	1.15	2.22	0.65	0.81
P_2O_5	0.18	0.13	0.17	0.05	0.08
п.п.п.	6.06	20.57	9.10	36.70	31.07
Сумма	100.00	100.00	100.00	99.99	99.99
Sc, г/т	12.6	7.3	10.8	2.3	4.0
V	106.0	82.3	94.5	28.5	53.5
Cr	69.1	54.8	40.5	16.2	27.9
Co	13.9	6.1	8.9	1.7	3.5
Ni	25.5	32.6	18.4	5.3	13.5
Rb	13.8	30.1	46.8	11.2	20.5
Sr	237	430	267	189	379
Y	19.1	14.1	21.5	5.9	8.4
Zr	133	80.2	197	30.2	55.2
Nb	8.2	5.8	10.4	3.0	3.8
Ba	184	396	724	516	418
Hf	3.5	2.0	4.8	0.75	1.4
Ta	0.48	0.34	0.64	0.17	0.22
Pb	7.9	4.0	10.1	2.3	3.2
Th	3.2	2.7	5.7	1.1	2.0
U	1.8	1.7	2.6	1.5	1.5
La	16.2	12.2	22.3	6.4	8.7
Ce	35.5	24.3	46.2	11.9	17.0
Pr	4.6	3.0	5.5	1.5	2.1
Nd	20.4	12.6	22.2	5.9	8.5
Sm	4.9	3.1	4.8	1.2	1.8
Eu	1.1	0.78	1.2	0.28	0.42
Gd	4.4	2.9	4.2	1.1	1.6

Окончание таблицы 1

Компонент	Номер образца				
	I толща	II толща		III толща	
	Us1038-10	Us3030-3	Us3030-4	Us5034-5	Us4012-1
Tb	0.67	0.42	0.66	0.18	0.25
Dy	3.8	2.4	3.8	1.0	1.5
Ho	0.74	0.49	0.78	0.20	0.29
Er	2.1	1.5	2.4	0.59	0.89
Tm	0.30	0.21	0.34	0.08	0.12
Yb	2.2	1.5	2.4	0.55	0.86
Lu	0.30	0.21	0.35	0.09	0.12
∑РЗЭ	97.2	65.6	117.2	31.1	44.2
La_n/Yb_n	5.1	5.5	6.3	7.9	6.9
Th/U	1.8	1.5	2.2	0.7	1.3
La/Th	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2
Th/Sc	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
Eu/Eu*	0.69	0.80	0.81	0.75	0.74

Примечание. # – суммарное железо.

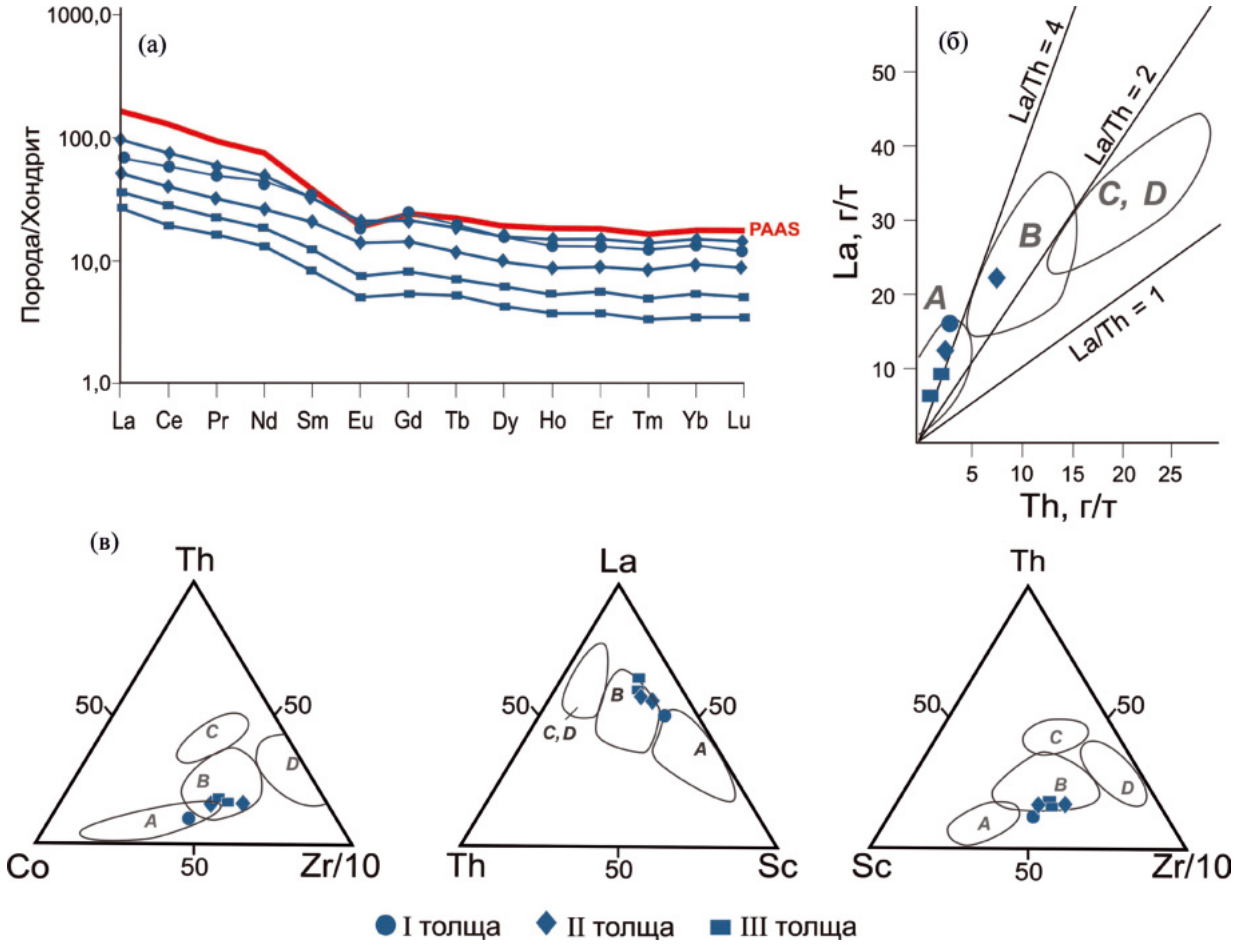


Рис. 9. Распределение нормализованных по хондриту [McDonough, Sun, 1995] редкоземельных элементов в среднеюрских песчаниках, совместно с данными по PAAS [Тейлор, МакЛеннан, 1988] (а), диаграммы для классификации тектонических обстановок [Bhatia, Crook, 1986] (б, в).
Поля: A – энсиматические островные дуги, B – энсиалические островные дуги, C – активные окраины, D – пассивные окраины.

Суммарное содержание РЗЭ (31.1–117.2) и отношение La_n/Yb_n (5.1–7.9) ниже, чем для PAAS. Особенно обеднены РЗЭ кальклититы верхней толщи, что в целом характерно для известняков, в том числе и для обломочных, содержащих внебассейновую карбонатную кластику [Левицкий и др., 2019; Мизенс, Дуб, 2018; Zhang et al., 2017]. Европиевый минимум (Eu/Eu*) выражен слабее, чем для PAAS: 0.69–81 против 0.66 по [Тейлор, Мак Леннан, 1988] (см. рис. 9а), что обычно связывают с андезитовобазальтовым островодужным источником обломочного материала [Тейлор, Мак Леннан, 1988; Дмитриева и др., 2013].

ОБСУЖДЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Согласно предыдущим исследованиям [Сонин, Агафонов, 1976[1]; Сонин и др., 1983[2], 1988[3]], стратиграфический объем среднеюрских отложений на северном склоне кряжа Улахан-Сис и в его осевой части, соответствовал аалену – верхнему бату включительно (см. рис. 3).

В осевой части кряжа на р. Кусусуган-Юрях в верхней толще, содержащей кальклититы, нами обнаружены остатки двустворчатых моллюсков Retroceramus cf. kystatymensis Kosch., Retroceramus retrorsus (Keys.) (см. рис. 3б, 5). Ранее из этого местонахождения были определены Retroceramus sp. indet (R. ex gr. retrorsus Keys.), R. cf. bulunensis Kosch., R. ex gr. porrectus (Eichw.), R. ex gr. polaris Kosch.(?), Arctotis sp. (A. ex. gr. lenaensis Lah.) [Сонин, Агафонов, 1976[1]].

В Региональной стратиграфической схеме Северо-Востока России вид Retroceramus kystatymensis входит в комплекс зоны Retroceramus tongusensis – R. electus, которая соответствует зонам borealis, pompeckji региональной аммонитовой шкалы. Вид Retroceramus retrorsus входит в комплекс зоны Retroceramus retrorsus – R. polaris, которые соответствуют зонам arcticus и greenladicus [Решения ..., 2009]. В Восточной Сибири совместное распространение Retroceramus kystatymensis, R. retrorsus характерно для зоны gracilis [Урман и др., 2022].

В Региональной стратиграфической схеме Северо-Востока России слои с Retroceramus bulunensis соответствуют зонам greenlandicus, harlandi, а слои с Retroceramus vagt – зонам ishmae и cranocephaloide региональной аммонитовой шкалы [Решения ..., 2009]. В Сибири последовательность биостратонов с ретроцерамами аналогичная – b-зона Retroceramus bulunensis соответствует зонам greenlandicus, harlandi, b-зона Retroceramus vagt соответствует зонам ishmae и cranocephaloide [Шурыгин и др., 2011]. При этом зоны harlandi и ishmae могут считаться синонимами [Киселев, 2022].

Согласно последним данным, зона gracilis соответствует верхнему байосу, зоны greenlandicus и ishmae отвечают нижнему бату, а зона cranocephaloide соответствует среднему бату [Morton et al., 2020; Митта, 2021].

С учетом проведенного анализа стратиграфического распространения ретроцерамид, возраст верхней толщи, содержащей кальклититы, охватывает стратиграфический диапазон от верхнего байоса до среднего бата, а возраст всех изученных среднеюрских толщ можно принять как байос-среднебатский.

Восточнее, за пределами изученных нами районов, в верховьях р. Нанчан и Балыктах (см. рис. 1, 3в – по [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]]), известны алевритово-глинистые и песчано-гравийно-галечные среднеюрские отложения с горизонтами олистостром, содержащие сходный комплекс двустворок: Retroceramus cf. bulunensis Kosch., Retroceramus vagt Kosch., Retroceramus ex gr. porrectus Eichw., Arctotis ex gr. lenaensis Lah. Таким образом, эти отложения можно считать одновозрастными с верхней толщей в изученном нами районе.

Разрез байос-среднебатских отложений имеет регрессивное строение. Отсутствие несогласий в разрезе и резкой смены минерально-терригенных ассоциаций в песчаниках различных частей среднеюрского разреза свидетельствуют, что все изученные толщи, вероятнее всего, сформировались на едином этапе осадконакопления.

В отложениях нижней толщи отсутствуют свидетельства формирования осадков в глубоководных обстановках или в условиях склона (тонкоотмученные илы, знаки внедрения, механоглифы, конволютная слоистость, дистальные турбидиты [Обстановки ..., 1990] в разрезе не наблюдаются). Вероятнее всего, преимущественно алевритово-глинистая толща с прослоями тонкозернистых туффитов накопилась в спокойных относительно мелководных шельфовых условиях. Вышележащие преимущественно песчаные толщи демонстрирует признаки мелководно-морских условий седиментации с активной гидродинамикой. Об этом свидетельствуют как разнообразные косые текстуры песчаников, так и находки в верхней толще раковин ретроцерамов, обитавших в мелководных шельфовых условиях. Плохая сортировка и хорошая окатанность гравийно-галечного материала в составе верхней толщи указывают на интенсивную волновую переработку псефитовых обломков.

Петрографические наблюдения позволили выяснить состав породных комплексов в источниках сноса обломочного материала для исследуемой области морской седиментации. В составе нижней и средней толщ песчаники характеризуются низкой структурно-вещественной зрелостью терригенного материала. Песчаники представлены полевошпатовыми лититовыми аренитами с незначительным содержанием кварца и высоким содержанием полевых шпатов и обломков пород (см. рис. 6а). Среди последних в нижней толще заметно преобладают обломки вулканитов (см. рис. 6а, дочерняя диаграмма). В средней толще в полевошпатовых литаренитах изменяется соотношение типов литокластов, и среди них появляются обломки известняков (см. рис. 6а дочерние диаграммы). Интерпретация подобного компонентного состава песчаников по В.Р. Дикинсону [Dikinson et al., 1983] предполагает существование активной или слабо эродированной островной дуги, в качестве главного источника обломочного материала (см. рис. 6б, 6в). Появление в более мелководных косослоистых песчаных отложениях средней толщи обломков известняков, вероятно, маркирует начало выведения в область эрозии карбонатных толщ Улахан-Тасского блока Омулевского террейна. Песчаные отложения верхней толщи отличаются от песчаников нижней и средней толщ преобладанием литокластов разнообразных внебассейновых известняков: микритовых, спаритовых, крупнокристаллических, органогенных (см. рис. 7в, 8к, 8л) – продуктов размыва и переотложения палеозойских карбонатных пород Улахан-Тасского блока Омулевского террейна. Песчаники с преобладанием внебассейновой карбонатной кластики относятся к кальклититам [Folk, 1974] (см. рис. 6а, дочерняя диаграмма). Кальклититовые толщи формируются при сочетании ряда факторов: воздымания в области сноса древних карбонатных массивов, высокой скорости их эрозии, короткого переноса до бассейна седиментации карбонатной кластики и быстрого ее захоронения [Folk, 1974; Петтиджон, 1981].

В публикациях [Caja et al., 2010; Creaser, 1977; Garzanti et al., 1995; Fontana et al., 1989; Weltje et al., 1996; Zuffa et al., 1980], которые посвящены кальклититам, их накопление всегда связывают с орогенезом, в том числе с разрушением и переотложением древних карбонатных пород, слагающих надвиговые пластины при формировании покровно-складчатых сооружений. Это согласуется с интерпретацией состава кальклититов по В.Р. Дикинсону [Dikinson et al., 1983], для которых источником сноса предполагается орогенная область (см. рис. 6в). Таким образом, верхняя толща, содержащая кальклититы, вероятнее всего, формировалась в условиях быстрого воздымания Улахан-Тасского блока Омулевского террейна, служившего главным источником карбонатной кластики.

Присутствие во всех толщах сингенетичного витрокластического материала указывает на постоянную, синхронную осадконакоплению, эксплозивную деятельность на прилегающей суше. Во время накопления верхней толщи синхронная слабая эффузивно-эксплозивная деятельность, вероятно, происходила в непосредственной близости от области седиментации, что подтверждается присутствием маломощных пластов и линз риолитов и их туфов в одновозрастных отложениях, содержащих олистостромы на сопредельной к востоку территории.

Геохимическая характеристика среднеюрских песчаников дополняет интерпретацию литолого-петрографических наблюдений и уточняет палеотектоническую обстановку их накопления. Обедненность песчаников SiO_2 и низкие значения параметров Th/U (0.7–2.2), Th/Sc (0.3–0.5) и La/Th (0.1–0.4) (см. табл. 1) характерны для бассейнов, связанных с вулканическими дугами [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]. Предположению об андезибазальтовом (островодужном) источнике кластики не противоречит и слабовыраженный Eu минимум [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]. Для реконструкции палеотектонического режима осадконакопления информативны также соотношения Co, Th, Zr, Sc и La [Bhatia, Crook, 1986]. На диаграмме в координатах La–Th (см. рис. 9б) и треугольных диаграммах с вершинами Th–Sc–Zr/10, La–Th–Sc и Th–Co–Zr/10 (см. рис. 9в) все фигуративные точки, в том числе и кальклититов, располагаются в полях или близ полей характеризующих островодужные обстановки осадконакопления.

Суммируя результаты проведенных исследований, можно рассмотреть следующий сценарий эволюции обстановок осадконакопления в байосе – среднем бате на западной окраине Омулевского террейна. Отложения сформировались на едином седиментационном этапе на морском шельфе, непосредственно связанном с действующей вулканической островной дугой, которая заложилась, вероятно, в ранней юре на Омулевском кратонном террейне и поставляла в восточную часть Оймяконского палеобассейна преимущественно обломки вулканогенных пород. Позднее, в процессе воздымания и эрозии Улахан-Тасского блока Омулевского террейна, сложенного преимущественно нижне-среднедевонскими карбонатными толщами, на прилегающий морской шельф началось поступление некоторого количества карбонатной кластики, а также обломков аргиллитов, вероятно,

также связанных с выведением в область эрозии и размывом верхнетриасовых тонкозернистых обломочных пород. В конце рассматриваемого этапа, не позднее среднего бата, накопление верхней толщи, содержащей кальклититы, также как и одновозрастной ей толщи, содержащей горизонты олистостром, было обусловлено началом горизонтальных тектонических движений, связанных с процессом амальгамации кратонных и островодужных террейнов, завершившейся формированием Колымо-Омолонского супертеррейна в позднем бате – келловее.

В седиментогенезе также участвовали дополнительные источники терригенного материала. Размыву, вероятно, подвергались разновозрастные метаморфические, вулканогенные и осадочные толщи других блоков Омулевского террейна, а также, возможно, Омолонского и Приколымского террейнов, сблизившихся к байосскому веку. Сингенетичная мелкая и тонкая витрокластика, так же, как и описанные Г.В. Сониным [Сонин и др., 1983[2], 1988[3]] прослои риолитов и их туфов в составе толщи, содержащей олистостромы, были связаны с вулканическими центрами в пределах этой раннесреднеюрской энсиалической вулканической дуги. Кроме этого, присутствие туфов и вулканогенно-осадочных отложений в нижне-среднеюрских толщах Нагонджинского террейна к западу от исследованной территории также подтверждает существование вулканической дуги в пределах Омулевского террейна в ранне-среднеюрское время.

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа биостратиграфических данных предшественников [Сонин, Агафонов, 1976[1]; Сонин и др., 1983[2], 1988[3]] и собственных находок ретроцерамов возраст среднеюрских толщ кряжа Улахан-Сис, венчающих мезозойский разрез северо-восточного фланга Нагонджинского террейна, принимается нами как байос-среднебатский. Возраст синамальгамационной верхней толщи, содержащей кальклититы, так же, как и одновозрастной ей толщи, содержащей горизонты олистострром, на сопредельной к востоку территории, уточнен до позднего байоса – среднего бата.

2. Байос-среднебатские отложения накопились в шельфовой части Оймяконского палеобассейна, примыкающей к действующей вулканической островной дуге, которая существовала предположительно с ранней юры на Омулевском кратонном террейне. В разрезе выделено три литологически различные толщи. Песчаники из нижних толщ относятся к полевошпатовым литаренитам, а из верхней толщи – к литаренитам с преобладанием внебассейновой карбонатной кластики (кальклититам). Накопление кальклититовой толщи, и одновозрастной ей толщи, содержащей горизонты олистострром происходило синхронно горизонтальным тектоническим движениям, связанным с началом амальгамации кратонных и островодужных террейнов на этой территории.

3. Отсутствие в разрезе северо-восточного фланга Нагонджинского террейна верхнебатских и келловейских отложений, по-видимому, является косвенным свидетельством завершения формирования Колымо-Омолонского супертеррейна на рубеже батского и келловейского веков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны всему коллективу сектора мелкомасштабных региональных геолого-съемочных работ на территории ДФО Московского филиала ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского за обсуждение и конструктивные замечания в процессе подготовки материалов статьи. Особую благодарность за высокий профессионализм выражаем организатору полевых работ 2020 г начальнику Оленегорской партии И.А. Котову и участникам экспедиции геологам Е.Д. Котовой, И.В. Абрамову и И.В. Сысоеву. Авторы также выражают благодарность М.А. Рогову за консультации и ценные замечания.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Аналитические работы выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 20-17-00197-П. Базовое финансирование осуществлено по госзаданию Геологического института РАН (Москва).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Амон Э.О., Вишневская В.С., Шульгина В.С. и др. Новые данные о пермских радиоляриях восточной Якутии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2019. Т. 94. Вып. 1. С. 64–80.

Архипов Ю.В., Волкодав И.Г. Офиолиты и олистостромы Верхояно-Колымской складчатой системы // Тектоника Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. Т. 11. С. 177–185.

Басов В.А., Бурдыкина М.Д., Вороховская А.И. и др. К стратиграфии мезозойских отложений Полоусного кряжа и прилегающих районов // Мезозойские отложения Северо-Востока СССР. Л.: НИИГА, 1977. С. 5–15.

Вишневская В.С., Шульгина В.С., Тарабукин В.П. и др. Новые палеонтологические находки в глубоководных отложениях Селенняхского хребта (восточная Якутия)

требуют разработки новейших тектонических концепций // Современное состояние наук о Земле // Материалы Международной конференции, посвященной памяти В.Е. Хаина. М.: Геол. факультет МГУ, 2011. С. 2186–2190.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-(55)-57 – Нижнеколымск. Объяснительная записка. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 163 с.

Граувакки / Ред. В.Д. Шутов // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 238. М.: Наука, 1972. 345 с.

Дмитриева Н.В., Летникова Е.Ф., Буслов М.М. и др. Позднедокембрийские терригенные породы Анамакит-Муйской зоны Байкало-Муйского пояса: геохимия и данные по LA-ICP-MS датированию детритовых цирконов // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 10. С. 1491–1506.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Книга 2. М.: Недра, 1990. 334 с.

Карандашев В.К., Хвостиков В.А., Носенко С.Ю. и др. Использование высокообогащенных стабильных изотопов в массовом анализе образцов горных пород, грунтов, почв и донных отложений методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82. № 7. С. 6–15.

Киселев Д.Н. Аммониты и инфразональная стратиграфия бореального и суббореального бата и келловея // Труды ГИН РАН. Вып. 628. М.: ГЕОС, 2022. 667 с.

Константиновский А.А., Липчанская Л.Н. Строение и формации северной части Яно-Колымской складчатой системы (Якутия) // Геотектоника. 2011. № 6. С. 40–57.

Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Левицкий И.В. Геохимия карбонатных пород в раннедокембрийских и фанерозойских метаморфических комплексах Восточной Сибири, Северо-Запада России, Памира // Геохимия. 2019. Т. 64. № 4. С. 409–426.

Мизенс Г.А., Дуб С.А. Редкоземельные элементы в отложениях карбонатных платформ на рубеже раннего и среднего карбона (Южный и Средний Урал) // ЕЖЕГОДНИК-2017 // Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 165. 2018. С. 136–143.

Митта В.В., Сельцер В.Б. Первые находки Arctocephalitinae (Ammonoidea) в юре юго-востока Русской платформы и корреляция бореального батского яруса со стандартной шкалой // Труды НИИГеологии. Новая серия. Т. X. Саратов, 2002. С. 12–39.

Митта В.В. О стратиграфии пограничных отложений байоса и бата (средняя юра) бассейна р. Ижма (европейский север России) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2021. Т. 29. № 5. С. 113–120.

Меледина С.В. О корреляции зон байоса и бата Сибири в свете новых палеонтологических данных // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 6. С. 45–45.

Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г. и др. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 1047–1082.

Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х. Рединга. М.: Мир, 1990. Т. 2. 384 с.

Оксман В.С. Тектоника коллизинного пояса Черского (Северо-Восток Азии). М.: ГЕОС, 2000. 268 с.

Оксман В.С., Ганелин А.В., Соколов С.Д. и др. Офиолитовые пояса арктических регионов Верхояно-Чукотской орогенной области: геодинамическая модель формирования // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 62–75.

Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.

Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 751 с.

Прокопьев А.В., Оксман В.С. Тектонические структуры зоны сочленения Нагонджинского террейна и Полоусного синклинория северо-востока Якутии // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 74–80.

Прокопьев А.В. Структурное строение и позднемезозойско-кайнозойская деформационная история юго-западной части Полоусного синклинория (северо-восток Якутии) // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 20–27.

Решения 2-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою Северо-Востока СССР. Магадан, 1978. 215 с.

Решения Третьего Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002) / Ред. Т.Н. Корень, Г.В. Котляр. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 268 с.

Соколов С.Д. Очерк тектоники северо-востока Азии // Геотектоника. 2010. № 6. С. 60–78.

Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 379 с.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республика Саха (Якутия) / Ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: Наука, 2001. 571 с.

Третьяков Ф.Ф. Террейны Верхоянского складчато-надвигового пояса (Восточная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24. № 4. С. 67–78.

Урман О.С., Шурыгин Б.Н., Дзюба О.С. Стратиграфические диапазоны ретроцерамовых зон байоса–бата п-ова Юрюнг-Тумус (север Сибири) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2022. № 11. С. 21–28.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Меледина С.В. и др. Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркумарктических корреляций // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1051–1074.

Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contr. Miner. Petrol. 1986. V. 921. P. 181–193.

Caja M.A., Marfil R., Garcia D., et al. Provenance of siliciclastic and hybrid turbiditic arenites of the Eocene Hecho Group, Spanish Pyrenees: implications for the tectonic evolution of a foreland basin // Basin Research. 2010. V. 22. P. 157–180. https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2009.00405.x

Creaser P.H. Lithogenesis and diagnostic features of recent and ancient terrigenous limestones (calclithites) // Unpublished thesis manuscript guidelines. Canberra: Australian National University, 1977. 392 p. https://doi.org/10.25911/5D666894BE567

De Lagausie B., Dzyuba O.S. Biostratigraphy of the Bajocian-Bathonian boundary interval in northern Siberia: new data on belemnites from the Yuryung-Tumus peninsula // Bulletin de la Société Géologique de France (Bull. Soc. Géol. Fr.). 2017. V. 188(1-2). P. 1–9.

Dickinson W.R., Beard L.S., Brakenridge G.R., et al. Provenance of North American sandstones in relation to tectonic setting // Geol. Soc. Am. Bull. 1983. V. 94. P. 222–235.

Folk R.L. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, TX: Hemphill Publishing Co., 1974. 182 p.

Fontana D., Gaspare Zuffa G., Garzanti E. The interaction of eustacy and tectonism from provenance studies of the Eocene Hecho Group Turbidite Complex (South-Central Pyrenees, Spain) // Basin Research. 1989. V. 2. P. 223–237.

Garzanti E., Gnaccolini M., Jadoul F. Anatomy of a semiarid coastal system: the Upper Carnian of Lombardy (Italy) // Riv. Ital. Paleontol. Stratigraph. 1995. V. 101(1). P. 17–36

Nance W.B., Taylor S.R. Rare earth element patterns and crustal evolution – I. Australian post-Archean sedimentary rocks // Geochim. Cosmochim. Acta. 1976. V. 40. P. 1539–1551.

Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H. et al. Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific // US Geol. Survey prof. Paper. 1626. 2001. 132 p.

McDonough W.F., Sun S.S. The Composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.

Mitta V., Kostyleva V., Dzyuba O., et al. Biostratigraphy and sedimentary settings of the Upper Bajocian–Bathonian in the vicinity of Saratov (Central Russia) // N. Jb. Geol. Paläontol. 2014. V. 271(1). P. 95–121.

Morton N., Mitta V.V., Underhill J.R. Ammonite occurrences in North Sea cores: implications for Jurassic Arctic – Mediterranean marine seaway connectivity // Scot. J. Geol. 2020. V. 56(2). P. 175–195.

Weltje G.J., Van Ansenwoude S.O.K.J., De Boer P.L. High-frequency detrital signals in Eocene fan-delta sandstones of mixed parentage (South-Central Pyrenees, Spain): A reconstruction of chemical weathering in transit // SEPM J. Sed. Res. 1996. V. 66. P. 119–130.

Zhang K-J., Qiu-Huan L., Yana L–L. et al. Geochemistry of limestones deposited in various plate tectonic settings // Earth-Sci. Rev. 2017. P. 2–20.

Zuffa G.G. Hybrid arenites: their composition and classification // J. Sed. Petrol. 1980. V. 50(1). P. 21–29.

MIDDLE JURASSIC DEPOSITS OF ULAKHAN-SIS RIDGE (SAKHA REPUBLIC): BIOSTRATIGRAPHY, LITHOLOGICAL FEATURES AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS

V. V. Kostyleva[1, *], O. A. Lutikov[1], M. V. Gertseva[2], E. V. Vatrushkina[1], M. I. Tuchkova[1]

[1] *Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Pyzhevsky lane, 7, bld. 1, Moscow, 119017 Russia*

[2] *Karpinsky Russian Geological Institute, Moscow branch, Marshal Tukhachevsky str., 32, bld. "A", Moscow, 123154 Russia*

** e-mail: kovikto@yandex.ru*

The age and sedimentation conditions of the Middle Jurassic terrigenous deposits crowning the Mesozoic section of the northeastern flank of the Nagondzha terrane within the Ulakhan-Sis Ridge are discussed. Based on our own finds of retrocerams and analysis of biostratigraphic data of predecessors, we accept the age of the deposits as Bajocian–Middle Bathonian. Three lithologically different strata are identified in the section. Sandstones from the lower unit belong to feldspathic litharenites, and from the upper strata – to litharenites with a predominance of extrabasinal carbonate clastics (calklithites). Analysis of textural and structural features, mineralogical, petrographic composition and distribution of trace elements in litharenites suggests that all these strata had been accumulated in the shelf part of the paleobasin associated with an active volcanic island arc, which presumably existed from the Early Jurassic on the Omulevka craton terrane until the completion of the formation of Kolyma-Omolon microcontinent.

Keywords: Ulakhan-Sis Ridge, Nagondzha terrane, biostratigraphy, Bajocian, Middle Bathonian, litharenite, calclithites, REE, depositional environments, volcanic arc