———— ЛИТОЛОГИЯ ———

УДК 551.8:551.76:552.5:552.23

ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НАКОПЛЕНИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА НАГОНДЖИНСКОГО ТЕРРЕЙНА (КРЯЖ УЛАХАН-СИС)

© 2022 г. В. В. Костылева^{1,*}, М. В. Герцева², О. А. Лутиков¹, Е. В. Ватрушкина¹, М. И. Тучкова¹, член-корреспондент РАН С. Д. Соколов¹

> Поступило 23.06.2022 г. После доработки 29.08.2022 г. Принято к публикации 01.09.2022 г.

Возраст среднеюрских отложений кряжа Улахан-Сис принимается как байос-среднебатский. Выделены три терригенные толщи, сформированные на едином этапе осадконакопления в шельфовой части осадочного бассейна, связанного с действующей вулканической дугой в условиях постепенного воздымания палеозойских известняков Улахан-Тасского блока Омулевского террейна. Установлен кальклититовый состав верхней толщи, являющийся надежным маркером начала процесса надвигообразования в байосе-среднем бате, связанного с амальгамацией террейнов, завершившейся образованием Колымо-Омолонского супертеррейна. Отсутствие в разрезе верхнебатских и келловейских отложений является подтверждением завершения формирования Колымо-Омолонского микроконтинента к началу поздней юры.

Ключевые слова: Нагонджинский террейн, байос, средний бат, кальклититы, вулканическая дуга, амальгамация

DOI: 10.31857/S2686739722601818

Среднеюрская эпоха является важным этапом в тектонической истории Северо-Востока Азии. В средней юре произошли разномасштабные тектонические события, наиболее значимым из которых была амальгамация кратонных и островодужных террейнов, завершившаяся образованием Колымо-Омолонского супертеррейна (микроконтинента) [1–3]. В состав Колымо-Омолонского супертеррейна входит Нагонджинский террейн [1–3]. На юго-западном фланге, в районе поворота структур Колымской петли, Нагонджинский террейн сложен гемипелагическими кремнисто-вулканогенно-терригенными толщами верхнего палеозоя—средней юры [1–3]. На северо-восточном фланге, в пределах кряжа Улахан-Сис, в составе

²Московский филиал "Всероссийского научноисследовательского геологического института им. А.П. Карпинского", Москва, Россия террейна достоверно известны только верхнетриасовые, нижнеюрские и среднеюрские карбонатно-терригенные и вулканогенно-терригенные отложения [4, 5]. Согласно существующим представлениям, палеозойско-мезозойские толщи, слагающие Нагонджинский террейн, являются осадочными образованиями, заполнявшими восточную часть (в современных координатах) Оймяконского палеобассейна [1-3]. Толщи накопились на западной окраине Омулевского кратонного террейна до формирования Колымо-Омолонского микроконтинента. Верхи среднеюрского разреза, представленные фациально разнообразными отложениями, содержащими горизонты олистостром, интерпретируются этими авторами как наиболее ранние постамальгамационные образования [1-3]. Возраст этих отложений по двустворкам был определен как батский [4, 5]. В связи с ревизией зональной аммонитовой шкалы байоса-бата, стратиграфическое положение биостратонов по двустворкам ныне пересмотрено [6, 7].

В данной работе проведен анализ биостратиграфических данных 1976—1983 гг. прошлого века

¹Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

^{*}E-mail: kovikto@yandex.ru

ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НАКОПЛЕНИЯ



Рис. 1. Схема геологического строения кряжа Улахан-Сис (по [2], с упрощениями); черным прямоугольником на врезке показано расположение района исследований. *1* – Полоусный синклинорий; *2* – Нагонджинский террейн (северовосточный фланг); *3* – Улахан-Тасский блок Омулевского террейна; *4* – нижнемеловые гранитоиды (Северный батолитовый пояс); *5* – нижне-верхнемеловые основные и кислые вулканиты; *6* – надвиги (СТ – Сетакчанский, Н – Нальчанский); *7* – прочие разрывные нарушения. На стратиграфических колонках: *8* – гравелиты, конгломераты; *9* – песчаники; *10* – алевролиты; *11* – аргиллиты; *12* – олистолиты Улахан-Тасских девонских известняков; *13* – олистолиты верхнетриасовых терригеннно-карбонатных пород; *14* – олистолиты базальтовых порфиритов; *15* – прослои и линзы риолитов и их туфов; *16* – ископаемые двустворки. Районы наблюдений показаны цифрами в кружках. 1, 2 – районы наших исследований: 1 – по р. Нижний Тогучан, 2 – по р. Кусаган-Юрях; 3 – район исследования Г.В. Сонина [5], верховья рр. Нанчан, Балыктах.

и представлены новые фаунистические находки, что позволило уточнить возраст среднеюрских отложений кряжа Улахан-Сис до байоса—среднего бата. В статье также впервые приведен детальный анализ вещественного состава байосскихсреднебатских отложений Нагонджинского террейна, на основании которого установлен островодужный источник части кластогенного материала и пересмотрены палеотектонические обстановки осадконакопления для этого временного интервала.

Исследования проводились на северном склоне кряжа по р. Нижний Тогучан и в осевой части кряжа по р. Кусаган-Юрях (рис. 1), где в глыбовых развалах и редких коренных выходах вскрываются интенсивно дислоцированные терригенные среднеюрские толщи.

Сводный разрез среднеюрских отложений, видимой мощностью по оценке [4] около 1500 м, расчленен на три толщи. Нижняя и средняя толщи исследованы нами на северном склоне кряжа по р. Нижний Тогучан (рис. 1, район наблюдения 1). Верхняя толща изучена в осевой части кряжа по р. Кусуган-Юрях (рис. 1, район наблюдения 2). Согласно предыдущим исследованиям, эти отложения имели стратиграфический объем от аалена до верхнего бата включительно [4, 5].

Нижняя толща представлена переслаиванием аргиллитов и алевролитов с подчиненными прослоями песчаников. Из верхней части толщи известны редкие находки двустворок Retroceramus sp. indet и белемнитов [4] (рис. 1, район наблюдения 1). Средняя немая толща сложена известковистыми песчаниками с крупной косой разнонаправленной слоистостью, характерной для мелководных шельфовых отложений. Верхняя толща представлена преимущественно разнозернистыми известковыми песчаниками, гравелитами и конгломератами (рис. 1, район наблюдения 2). В толще нами обнаружены скопления створок Retroceramus cf. kystatymensis Kosch., Retroceramus retrorsus (Keys.). На Северо-Востоке России биозона вида Retroceramus kvstatymensis охватывает аммонитовые зоны borealis и pompeckii [9], биозона вида Retroceramus retrorsus объемлет зоны borealis, pompeckji, arcticus, greenladicus [9]. Стратиграфический диапазон этого комплекса двустворок, вероятнее всего, соответствует байосу [7]. Из толщи приводились также Retroceramus ex gr. porrectus Eichw., Retroceramus cf. bulunensis Kosch., Retrocer-



Рис. 2. Классификационная диаграмма QFR и диаграммы составов обломков пород (a) [11], диаграммы QtFR и диаграмма QmFR (б) [12] для среднеюрских песчаников. Qt – кварц (моно- и поликристаллический), Qm – кварц (моно-кристаллический), F – полевые шпаты, R – обломки пород, RM – обломки магматических пород, Rmt – обломки метаморфических пород, RS – обломки осадочных пород, Cal (кальклититы) – обломки карбонатных пород, Cht – обломки кремней, SS, Sh – обломки песчаников, алевролитов и аргиллитов. Поля: I – кварцевые арениты, II – субаркозы, III – сублитарениты, IV – аркозы, V – лититовые аркозы, VI – полевошпатовые лититовые арениты.

amus vagt Kosch., *Arctotis ex gr. lenaensis* Lah. [4]. На Северо-Востоке России слои с Retroceramus bulunensis соответствуют зонам harlandi, greenlandicus, слои с Retroceramus vagt — зонам ishmae и сгапосерhaloide [9]. Стратиграфический диапазон этого комплекса двустворок соответствует нижнему-среднему бату [6]. Соответственно возраст всей верхней толщи можно принять как байосский-среднебатский (рис. 1, район наблюдения 2).

Восточнее, за пределами изученного нами участка, в верховьях рр. Нанчан и Балыктах (рис. 1, район наблюдения 3 по [5]), известны выходы алевритово-глинистых и песчано-гравийно-галечных пород, содержащих маломощные пласты риолитов, риолитовых туфов и горизонты олистостром [5, 10]. Олистолиты представлены фаунистически охарактеризованными Улахан-Тасскими девонскими известняками, верхнетриасовыми карбонатнотерригенными породами, изредка базальтовыми порфиритами. Видимая мощность этого разреза превышает 1000 м [5]. Из толщи приведен [5] аналогичный комплекс двустворок. Таким образом, эти олистостромовые образования можно считать одновозрастными с верхней толщей в изученном нами районе.

Разрез байос-среднебатских отложений имеет регрессивное строение. Отсутствие признаков несогласий в разрезе и резкой смены минеральнотерригенных ассоциаций в песчаниках свидетельствует, что все изученные среднеюрские толщи сформировались на едином этапе осадконакопления. В отложениях нижней толщи отсутствуют признаки глубоководности. Осадки накапливались в спокойных относительно мелководных условиях внешней тиховодной области шельфа с редким поступлением песчаного материала с суши. Вышележащие толщи демонстрируют признаки прибрежно-морских условий седиментации с активной гидродинамикой.

Песчаники из нижней и средней толщи имеют низкую структурно-вещественную зрелость. Они относятся к полевошпатовым литаренитам [11] с незначительным содержанием обломочного кварца и высоким содержанием полевых шпатов и обломков пород (Qt13–25(Qm9–15)F20–35R45–60), представленных основными, реже кислыми вулканитами, сланцами, кремнями, аргиллитами и алевролитами (рис. 2 а).

Присутствует также сингенетичная хлоритизированная витрокластика. В средней песчаной толще полевошпатовые литарениты отличаются количественными соотношениями литокластов и появлением обломков известняков (рис. 2 а). Интерпретация такого состава песчаников по [12] указывает на активную или слабо эродированную островную дугу, в качестве главного источника обломочного материала (рис. 2 б). Появление в песчаных отложениях средней толщи обломков известняков, по-видимому, маркирует начало выведения в область эрозии девонских карбонатных толш Улахан-Тасского блока Омулевского террейна. Песчаники из верхней толщи относятся к кальклититам (рис. 2 а). Содержание кристаллокластов кварца и полевых шпатов низкое (Qt5-10 (Qm2-5) F5-10R80-90), а обломков пород высокое. Преобладают литокласты внебассейновых известняков и доломитов. Обломки основных и кислых вулканитов, сланцев, аргилли-



Рис. 3. Положение фигуративных точек составов среднеюрских песчаников на диаграммах [15]. Поля: *А* – энсиматические островные дуги, *В* – энсиалические островные дуги, *С* – активные окраины, *D* – пассивные окраины.

тов и кремней присутствуют в подчиненном количестве. Наблюдается сингенетичная витрокластика в виде мелких кремнистых сферул и хлоритизированных вулканических стекол. Кальклититовые толщи формируются только при сочетании ряда факторов: воздымании древних карбонатных массивов в области сноса, быстрой их эрозии и короткого переноса известняковой кластики до области седиментации [11, 13]. Накопление кальклититовых толщ связано с синхронным тектоническим движениям разрушением и переотложением древних карбонатных пород, слагающих надвиговые пластины при формировании покровно-складчатых сооружений. Это согласуется с интерпретацией состава кальклититов по [12] (рис. 2 б). Таким образом, верхняя толща формировалась в условиях быстрого воздымания Улахан-Тасского блока Омулевского террейна, связанного с началом надвигообразования и служившего главным источником известняковой кластики. Присутствие во всех толщах сингенетичного витрокластического материала свидетельствует о постоянной синхронной осадконакоплению эксплозивной деятельности на окружающей территории. Для времени накопления кальклититовой толщи слабая эффузивно-эксплозивная деятельность, вероятно, происходила в непосредственной близости от области седиментации, что подтверждается [5] присутствием редких маломощных пластов и линз риолитов и их туфов в одновозрастной олистостромовой толще на сопредельной к востоку территории.

Геохимическая характеристика среднеюрских песчаников уточняет интерпретацию литологопетрографических наблюдений и палеотектоническую обстановку осадконакопления. Обедненность байос-среднебатских литаренитов SiO₂ (18-62%), низкие по сравнению с РААЅ концентрации РЗЭ (Σ 31–117 г/т), низкие отношения Th/U (0.7–2.2), Th/Sc (0.3–0.5) и La/Th (0.1–0.4) и слабо выраженные Еи-минимумы (Eun/Eu* = = 0.69-0.81) характерны для осадочных бассейнов, связанных с действующими вулканическими дугами [14]. Для реконструкции палеогеодинамического режима осадконакопления информативны также соотношения Co-Th-Zr, Th-La-Sc, Sc-Th-Zr [15]. На бинарной и треугольных диаграммах все фигуративные точки, в том числе и кальклититов, располагаются в полях или близ полей, характеризующих островодужные обстановки осадконакопления (рис. 3).

Суммируя результаты проведенных исследований, можно рассмотреть следующий сценарий эволюции обстановок осадконакопления в байосе-среднем бате. Отложения сформировались на едином этапе осадконакопления в мелководной шельфовой части осадочного бассейна, непосредственно связанного с действующей вулканической островной дугой, заложившейся, вероятно, в ранне-среднеюрское время на Омулевском террейне и поставлявшую на шельф восточной части Оймяконского палеобассейна преимущественно обломки вулканогенных пород. Позже, в процессе быстрого воздымания Улахан-Тасского блока, на прилегающий шельф поступало значительное количество палеозойского известнякового материала. В область эрозии также были выведены верхнетриасовые карбонатно-терригенные толщи. В конце рассматриваемого этапа, не позже среднего бата, накопление кальклититовой толщи и одновозрастной ей олистостромовой толщи можно связать с началом горизонтальных тектонических движений, отражавших начало процесса амальгамации на этой территории. завершившейся образованием Колымо-Омолонского супертеррейна (микроконтинента) [2, 5, 10]. На всем этапе осадконакопления в седиментогенезе участвовали дополнительные источники терригенного материала. Размыву, вероятно, подвергались разновозрастные метаморфические, вулканогенные и осалочные толши других блоков Омулевского, а также, возможно, Омолонского и Приколымского террейнов, сблизившиеся в пространстве к байосскому веку. Сингенетичная мелкая-тонкая витрокластика, как и описанные [5] прослои риолитов и их туфов в составе олистостромовой толщи, также связаны с вулканическими центрами в пределах этой ранне-среднеюрской энсиалической вулканической дуги. Отсутствие в разрезе кряжа Улахан-Сис верхнебатских и келловейских отложений, повидимому, является свидетельством прекращения осадконакопления в восточной части Оймяконского палеобассейна или миграции его депоцентра в западном направлении в связи с завершением формирования Колымо-Омолонского микроконтинента (супертеррейна) и его движением в сторону Северо-Азиатского кратона в позднем бате-келловее.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны всему коллективу сектора мелкомасштабных региональных геолого-съемочных работ на территории ДФО Московского филиала ВСЕГЕИ за обсуждение и конструктивные замечания в процессе подготовки материалов статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках тем Госзадания ГИН РАН. Полевые работы финансировались в рамках Госзадания Федерального агентства по недропользованию № 049-00017-20-04. Аналитические работы выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 20-17-00197.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Оксман В.С. Тектоника коллизинного пояса Черского (Северо-Восток Азии). М.: ГЕОС; 2000.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республика Саха (Якутия). Парфенов Л.М., Кузьмин М.И., ред. М.: Наука; 2001.
- 3. Соколов С.Д. Очерк тектоники северо-востока Азии // Геотектоника. 2010. № 6. С. 60–78.
- Сонин Г.С., Агафонов Г.Е. Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1:50000 в бассейне верхнего течения pp. Большая Эрча и Кусаган-

Юрэх (хребет Улахан-Сис). МГ РСФСР: Якутское ордена Ленина территориальное геологинеское Управление, Янская геологоразведочная экспедиция, Тугучакская геологосъемочная партия. 1976.

- Сонин Г.С., Малютин Е.И., Мусалитина В.П. и др. Отчет о результатах групповой геологической съемки и поисков масштаба 1:50000 в центральной части хребта Улахан-Сис в 1973–82 гг. МГ РСФСР: Якутское ордена Ленина производственное геологическое объединение "ЯКУТСКГЕОЛОГИЯ". 1983.
- 6. *Mitta V., Glinskikh L., Kostyleva V., et al.* Biostratigraphy and sedimentary settings of the Bajocian-Bathonian beds of the Izhma River basin (European North of Russia) // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen. 2015. V. 277. № 3. P. 307–335.
- 7. 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. 2017. V. 188. № 1–2. P. 1–9.
- ФГУП "ВСЕГЕИ" им. А.П. Карпинского, ФГУНПП "Аэрогеология". Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-(55)-57, Нижнеколымск. Объяснительная записка. Санкт-Петербург. 2000.
- 9. Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002). Корень Т.Н., Котляр Г.В., ред. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2009.
- Архипов Ю.В., Волкодав И.Г. Офиолиты и олистостромы Верхояно-Колымской складчатой системы // Тектоника Сибири. 1983. Т. 11. С. 177–185.
- 11. *Folk R.L.* Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, TX; 1974.
- Dickinson W.R., Beard L.S., Brakenridge G.R., et al. Provenance of North American sandstones in relation to tectonic setting // Geological Society of America Bulletin. 1983. V. 94. P. 222–235.
- Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. М., Недра. 1981, 751 с.
- Континентальная кора, ее состав и эволюция. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М; Бородина Л.С., ред. М.: Мир; 1988.
- Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1986. V. 921. P. 181–193.

PALEOTECTONIC SETTING OF THE MIDDLE JURASSIC DEPOSITS ACCUMULATION IN THE NORTH-EASTERN FLANGE OF THE NAGONDZHA TERRAINE (ULAKHAN-SIS RIDGE)

V. V. Kostyleva^{*a*,#}, M. V. Gertseva^{*b*}, O. A. Lutikov^{*a*}, E. V. Vatrushkina^{*a*}, M. I. Tuchkova^{*a*}, and Corresponding Member of the RAS S. D. Sokolov^{*a*}

^aGeological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation ^bMoscow branch of VSEGEI, Moscow, Russian Federation [#]E-mail: kovikto@vandex.ru

The age of the Ulakhan-Sis Ridge Middle Jurassic deposits is corrected to Bajocian-Middle Bathonian. Three terrigenous units are identified, which formed at a single stage of sedimentation in the shelf part of a sedimentary basin associated with an active volcanic arc under conditions of gradual uplift of the Ulakhan-Tas block Paleozoic limestones of the Omulevka terrane. The calclithite composition of the upper sequence was recognized, which is a reliable marker of the beginning of the thrusting process in the Bajocian-Middle Bathonian associated with terrane amalgamation, which ended with the formation of the Kolyma-Omolon superterrane. The formation of the Kolyma-Omolon microcontinent was complete to the beginning of the Late Jurassic are confirmed by the absence of Upper Bathonian and Callovian deposits in the section.

Keywords: Nagondzha terrane, Bajocian, Middle Bathonian, calclithites, volcanic arc, amalgamation