Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК[552.54:551.733]:551.83 (234.851)

DOI: 10.19110/2221-1381-2018-5-3-12

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ ПОРОД КАК ОТРАЖЕНИЕ ЛИТОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОКРАИНЫ КАРБОНАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ В ПОЗДНЕМ ОРДОВИКЕ (БАСЕЙН Р. ИЛЫЧ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Л. А. Шмелёва

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

lyubov.shmeleva@inbox.ru

Среди верхнеордовикских карбонатных и терригенно-карбонатных пород в разрезах бассейна р. Илыч Северного Урала на основе пространственно-временных взаимоотношений литотипов выделено шесть породных парагенетических ассоциаций. Их распределение характеризует частую смену обстановок осадконакопления и преобразование палеоландшафта внешней окраины карбонатной платформы в течение позднего ордовика. Смена парагенетических ассоциаций в разрезе отражает литогеодинамическую эволюцию карбонатной платформы от глубоководных обстановок континентального склона зоны батиаля до мелководных отмельных обстановок окраины платформы-шельфа в позднеордовикской истории северо-востока Европейской платформы.

Ключевые слова: литотипы, породные парагенетические ассоциации, обстановки осадконакопления, верхний ордовик, р. Илыч, Северный Урал.

PARAGENETIC ROCK ASSOCIATIONS AS A REFLEXION OF CARBONATE PLATFORM MARGIN LITHOGEODINAMIC EVOLUTION IN THE LATE ORDOVICIAN (ILYCH RIVER BASIN, NORTHERN URALS)

L. A. Shmeleva

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Six paragenetic associations on the basis of spatial-temporal relationships of lithotypes were recognized among the Upper Ordovician carbonate and terrigenous-carbonate rocks in sections of the Ilych River area, the Northern Urals. Their distribution characterizes frequent changes of depositional environments and the paleolandscape transformation of the carbonate platform outer margin during the Late Ordovician. In the Sandbian lime-terrigenous mud was accumulated with activities of infauna (PA-1) at the continental slope foot of the platform-ramp. In the mid-Katian facially differentiated and diverse reef ecosystem (PA-2, PA-3) formed on the platform-shelf margin in a shallow environment. In the late Katian, in the conditions of the open platform-ramp, transgressive facies of carbonate sediments, concluding not only various fauna, but also periodic supply of debris from raised areas of the upper ramp, were accumulated (PA-4, PA-5). The Hirnantian is initially characterized by periodic eroding of the platform-shelf margin, and later by the accumulation of shallow crinoidal sands. Change of the paragenetic associations in succession reflects the lithogeodynamic evolution of the carbonate platform from the continental slope deep-water batyal to shallow-water environments of the platform-shelf during the Late Ordovician history of the northeastern European Platform.

Keywords: lithotypes, rock paragenetic associations, depositional environments, Upper Ordovician, Ilych River, Northern Urals.

Введение

Верхнеордовикские карбонатные отложения на Северном Урале наиболее распространены в бассейне р. Илыч. Впервые в этом районе верхний ордовик как нижний силур был выделен А. А. Кейзерлингом в 1843 г. Впоследствии они изучались В. А. Варсановфевой, Н. Н. Иорданским, А. И. Першиной, А. И. Антошкиной, В. В. Юдиным, геолого-съёмочные исследования проводились А. Г. Кондаиной, О. А. Кондаиной, А. П. Поповым, А. Ф. Барковым, Г. Ф. Проскуриным, Л. Н. Беляковым и Б. Я. Дембовским с коллективом палеонтологов. В тектоническом отношении разрезы верхнего ордовика приурочены к центральной и восточной подзонам Верхнепечорского поперечного опускания (рис. 1, а). Они слагают западное крыло и ядро Шантымской антиклинали (разрез на руч. Закола-Ёль, скалы Амбар Кырта), а также центриклинали и

западное крыло Косью-Уньинской синклинали (разрез на р. Б. Косью). Фрагментарный характер выходов и тектонические границы большинства стратоноспособствовали тому, что на протяжении полутора-вековой истории изучения отложений предлагалось несколько вариантов их стратиграфического расчленения, фациальной зональности и распространения по площади. В результате детальных литолого-палеоэкологических и палеонтологических исследований в 2014—2015 гг. были получены новые результаты по типизации и стратиграфическому положению этих разрезов [13, 15].

Целью данной работы является характеристика пространственно-временных взаимоотношений выделенных породных парагенетических ассоциаций (ПА) и условий их образования на основе новой стратиграфической схемы верхнего ордовика. Основными

методами на данном этапе исследований были химический, палеонтолого-стратиграфический, литолого-фациальный и парагенетический.

Стратиграфия и краткая литологическая характеристика

В скалах Амбар Кырта (рис. 1, b) находится разрез амбаркыртинской свиты (O_3^{amk}), имеющей тектонические контакты и выделенной в составе верхнеордовикских отложений А. Г. Кондайн в 1960 г. Выше залегают доломиты шантымской свиты лландовери [5]. Как показали наши исследования, карбонатно-терригенная амбаркыртинская свита (259 м) представлена переслаиванием известковых сланцев и известняков тонкокристаллических тонкослоистых со следами жизнедеятельности роющих организмов *Chondrites*, со следами подчеркнутыми доломитизацией (рис. 2). Присутствуют маломощные прослои известняков тонкокристаллических с обильными члениками криноидей, из которых Л. С. Милициной были определены *Bystrowicrinus* cf. *composites* (Yelt.), *Dianthocoeloma* cf. *kegelensis* (Yelt.), *Particrinus* ex. gr. *Partitus* (Yelt.), *Fascicrinus* oides Milicina, *Fascicrinus* ex. gr. *kalitschanensis* (Yelt.), *Cyclocyclicus* ex. gr. *composites* Milicina, *Apertocrinus* sp. и цистоидеи *Aristocystites* (?) sp., *Hemicosmites* (?) cf. *vajgatschensis* (Yelt. et Stuk.).

По комплексу данной фауны Б. Я. Дембовским данная свита была отнесена к чердынскому и тыпыльскому горизонтам среднего ордовика, которые, согласно современной схеме ордовикской системы, принадлежат к сандбийскому ярусу верхнего ордовика (рис. 3).

На руч. Закола-Ёль (рис. 1, b) в 150 м от устья вскрыт пограничный интервал (45 м) ордовика и силура, где обнажаются доломиты тонкозернистые плитчатые с реликтовыми первичными структурами известняков, остатками брахиопод, рецептакулит, кораллов и криноидей, иногда окремненных (рис. 2). По присутствию брахиопод *Holorhynchus* sp., *Proconchidium* cf. *munsteri* Kiaer (определения Т. М. Безносовой) и конодонтов *Belodina confluens* Sweet, *B. confluens*, *Protopanderodus* sp., *Periodon* sp., *Sagittodontus dentatus* (Ethington) (определения С. В. Мельникова, В. А. Наседкиной, Т. Ю. Толмачёвой) заключающие их доломиты соответствуют яптикшорской свите верхнего катия (O_3^{japt}) (рис. 3). Выше с перерывом в обнаженности (10 м) залегают тонкозернистые доломиты мощностью 53 м с остатками брахиопод *Virgiana* sp. и табулят *Catenipora* sp. (определения Н. А. Боринцевой) лландовери [3].

На р. Б. Косью (рис. 1, c) разрез верхнего ордовика (217 м) представлен тремя карбонатными толщами (снизу вверх): среднекатийским рифовым массивом Большая Косью (O_3^{rbk}), верхнекатийской яптикшорской свитой (O_3^{japt}) и хирнантской верхнеручейной

Рис. 1. Местоположение изученных разрезов: а — тектоническая схема района исследований [по: Юдин, 1983]; б — геологическое строение разреза Большая Косью; в — геологическое строение разреза Заколаельско-Шантымприлуцкого района. Условные обозначения: 1 — известняки; 2 — известняковые песчаники; 3 — известняковые брекчии и конглобрекчии; 4 — известняки биогермные; 5 — известняки глинистые, слабоуглистые; 6 — известняковые гравелиты; 7 — известняки с шамозитовыми ооидами; 8 — известняковые сланцы; 9 — доломиты эпигенетические; 10 — предполагаемые (а) и фактические (б) тектонические нарушения; I — Усть-Шежимская синклиналь; II — Косью-Уньинская синклиналь; III — Эбелъизская антиклиналь; IV — Валганская синклиналь; V — Шантымская антиклиналь; VI — Шантымвожская синклиналь

Fig. 1. Location of studied sections: a — tectonic sketch of the study area (after: Yudin, 1983); b — geological structure of the Bolshaya Kosyu River section; c — geological structure of the Zakolayol-Shantym-Priluk section. Legend: 1 — limestones; 2 — calcareous sandstones; 3 — calcareous breccias and conglobreccias; 4 — boundstone; 5 — clayey limestones, weakly calcareous; 6 — calcareous gritstone; 7 — limestones with chamosite ooids; 8 — calcareous shales; 9 — epigenetic dolomites; 10 — probably (a) and actual (b) tectonic faults; I — Ust-Shezhim syncline; II — Kosyu-Unya syncline; III — Ehbel-Iz anticline; IV — Valgan syncline; V — Shantym anticline; VI — Shantym-Vozh syncline

Рис. 2. Схема корреляции и строения изученных разрезов
Fig. 2. Correlation scheme and composition of the studied sections

[illegible]

Рис. 3. Корреляция стратиграфических схем верхнеордовикских отложений

Fig. 3. Correlation scheme showing relations of stratigraphic units of the Upper Ordovician

свитой (O_3^{vr}) (рис. 2, 3). Рифовый массив и яптик-шорская свита выделялись ранее [3], но наши исследования существенно дополнили их литолого-палеоэкологическую и палеонтологическую характеристики [6, 11, 12], верхнеручейная свита, обоснованная фауной конодонтов, выделена впервые [14, 15]. По данным геолого-съемочных работ Б. Я. Дембовского, в комплексе фауны из линз известняковых гравелитов в основании разреза силура встречаются позднеордовикские строматопороидеи *Labechia regularis* (Yabe et Syg.), табуляты *Plasmoporella* sp., ругозы *Grewinkia*? sp. и конодонты *Dapsilodus oblicostatus* (Branson et Mehl), *Protopanderodus insculptus* (Graves et Ellison), *Decoriconus fragilis* (Branson and Mehl).

Генетические группы верхнеордовикских отложений

Разрезы представлены 35 литологическими типами (ЛТ) (рис. 2), которые по механизму образования карбонатного материала объединяются в четыре генетические группы: хемогенную, биохемогенную, биогенную и механогенную. В отношении хемогенного происхождения известняков в настоящее время существуют разные точки зрения, которые в данной работе пока не обсуждаются. В группу эпигенетически преобразованных пород выделены доломиты замещения и сланцы глинисто-известковые.

Хемогенная группа характеризуется известняками темно-серого цвета с голубоватым оттенком и тек-

стурами, обусловленными распределением глинистого материала и следами роющих организмов. Группа представлена в основном тремя ЛТ известняков: крип-токристаллическими (ЛТ-1), микрокристаллическими (ЛТ-2) и тонкокристаллическими (ЛТ-3), среди которых встречаются известняки тонкокристаллические с биокластовым материалом (ЛТ-4), с ихнитовой текстурой (ЛТ-5) и с микросгустковой структурой (ЛТ-6). Химический состав — н. о. (3.25—5.86 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (7.48—22.59 %), CaCO_3 (73.43—89.27 %). Эти ЛТ характерны для амбаркыртинской свиты. **Биохемогенная группа** включает массивного сложения темно-серые известняки, пелитоморфные, с рассеянным био- и литокластовым материалом (ЛТ-7), микрокомковатые (ЛТ-8) и микросгустковые (ЛТ-9) с неравномерной доломитизацией. Химический состав — н. о. (0.16—1.10 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (4.51—16.18 %), CaCO_3 (82.72—94.77 %). Эти известняки в виде пластов, линз и участков в биогермных известняках присутствуют в рифе Большая Косью. Светло-серые массивные биогермные известняки **биогенной группы** по преобладающим представителям подразделяются на цианобактериально-губковые (ЛТ-10), губково-водорослевые (ЛТ-11), водорослево-коралловые (ЛТ-12), водорослево-строматопоровые (ЛТ-13), гидроидные (ЛТ-14), водорослевые (ЛТ-15) и строматолитовые (ЛТ-16). Химический состав пород — н. о. (0.18—0.85 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (3.13—11.74 %), CaCO_3 (87.83—96.69 %). **Механогенная группа** подразделяется на две подгруппы известняков: биокластовые и литокластовые. Основная часть **биокласто-**

вых известняков, за исключением микробиокластового (ЛТ-23), относится к грубо- и крупнобиокластовым разностям. По преобладающему составу скелетных фрагментов выделяются известняки цианобактериально-криноидные (ЛТ-17), водорослево-криноидные (ЛТ-18), микрокомковато-криноидные (ЛТ-19), криноидные (ЛТ-20), гидроидные (ЛТ-21) и водорослевые (ЛТ-22). Химический состав пород — н. о. (0.10—4.26 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (2.63—8.57 %), CaCO_3 (91.13—97.02 %). Биокластовые известняки слагают гнезда, слои и пласты в рифе, в нижней части яптикшорской свиты они связаны с известняками литокластовыми. В основании верхнеручейной свиты ЛТ-18 часто чередуется с микробиокластовыми известняками (ЛТ-23) и мелкообломочными брекчиями (ЛТ-26). Эрозионные границы между ними подчеркиваются скоплением несортированного обломочного материала, что говорит об их образовании в обстановках крайнего мелководья. Маломощные прослои и линзы ЛТ-23 могли формироваться в результате кратковременных повышений уровня моря. Криноидные биокластовые известняки со спаритовым цементом (ЛТ-20) верхнеручейной свиты формировались в условиях песчаной отмели с активной гидродинамикой. Литокластовые разности включают глыбовые (ЛТ-24) и мелкообломочные (ЛТ-26) брекчии, грубообломочные конглобрекчии (ЛТ-25) и разнозернистые известняковые песчаники (ЛТ-27). Химический состав пород — н. о. (0.23—0.67 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (3.14—12.47 %), CaCO_3 (87.17—96.19 %). Они характерны для рифа Большая Косью, яптикшорской свиты и основания верхнеручейной свиты (рис. 2). В рифе они слагают гнезда и линзы, в яптикшорской свите — мощные пласты, а в верхнеручейной свите — слои с эрозионными верхней и нижней границами. Известняковые песчаники массивного сложения, иногда со слоистой текстурой, характеризуются широким проявлением биокоррозии на структурных компонентах и присутствием вадозного цемента. В рифе они постепенно переходят в конглобрекчии, а в его кровле чередуются с биокластовыми известняками. **Группа доломитов замещения** включает доломиты тонкозернистые плитчатого сложения (ЛТ-28) и доломиты с реликтовыми структурами известняков: доломиты тонкозернистые с реликтовой грубобиокластовой структурой (ЛТ-29), доломиты мелкозернистые с реликтовой крупнобиокластовой структурой (ЛТ-30), доломиты мелкозернистые с реликтовой ступчатой структурой (ЛТ-31), доломиты мелкозернистые с реликтовой обломочной структурой (ЛТ-32) и доломиты разнозернистые с реликтовой биокластовой структурой (ЛТ-33). Органические остатки — фрагменты иглокожих, брахиопод, кораллов и зеленых водорослей, иногда слагающие до 70 % породы. Химический состав пород — н. о. (0.60—13.02 %), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (85.98—98.40 %), CaCO_3 (< 1 %). **Группу известковых сланцев** представляют темно-серые тонкоплитчатые с шелковистым блеском на плоскостях сланцы хлорит-известковые (ЛТ-34) и кварц-хлорит-известковые (ЛТ-35). Микроскопически это ассоциация зерен кварца, хлорита и кальцита, иногда вместе с ориентированными зернами хлорита встречаются включения порфиробластов из сростков кварца, расположенных в крест сланцеватости. Химический состав пород — н. о. (34.45 %), CaCO_3 (41.04 %) и $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (24.51 %).

Породные парагенетические ассоциации (ПА)

Понятие «парагенезис пород» было обосновано Н. С. Шатским и Н. П. Херасковым при изучении геологических формаций как парагенезисов горных пород. Позднее это направление как стадияльно-парагенетический анализ развивалось в работах А. И. Елисеева о породных парагенетических ассоциациях (ПА), являющихся вещественным выражением определенной стадии развития крупной палеотектонической зоны [4]. Исходя из этого, выделение парагенезисов пород и выяснение условий их образования является ключом к установлению литогенетических этапов/стадий геологического развития конкретной территории. Анализ пространственно-временных взаимоотношений литотипов генетических групп верхнеордовикских отложений показал, что они группируются в шесть ПА (рис. 4).

ПА-1. Парагенетическая ассоциация разнокристаллических известняков и известковых сланцев типична для амбаркыртинской свиты мощностью 259 м. В строении ассоциации участвуют в основном тонкокристаллические известняки (ЛТ-3—6), с которыми в нижней и средней частях разреза переслаиваются крипто- (ЛТ-1) и микрокристаллические (ЛТ-2) разности. Известковые сланцы (ЛТ-34, 35) в нижней части ПА переслаиваются с тонко- и микрокристаллическими известняками. Характерными признаками известняков являются незначительное количество биокластового материала, фактическое отсутствие микрофауны и обилие ихнитовых текстур, обусловленные распространением ЛТ-хемогенной группы. Терригенно-карбонатные осадки ПА-1 накапливались в глубоководных условиях со спокойной гидродинамикой в обстановке нижней части континентального склона.

ПА-2. Парагенетическая ассоциация биогермных и биокластовых известняков, грубообломочных известняковых конглобрекций и разнозернистых известняковых песчаников характеризует разрез рифовой толщи на р. Б. Косью (мощность 150 м). В ее строении преобладают известняки: биогермные (ЛТ-10—15), биокластовые (ЛТ-17—19, 21, 22), литокластовые (ЛТ-25, 27), а также микросгустковые (ЛТ-9). Основными признаками ПА-2 являются массивность пород, текстурная неоднородность как результат гнездовидных образований всех ЛТ и незначительная примесь терригенного материала. Литогенетические особенности этой ПА обусловлены сосуществованием породных разностей, практически не образующих самостоятельных прослоев. Формирование такой ассоциации обусловлено биогенной и механогенной группами ЛТ, определяемыми гидродинамическими обстановками рифовой отмели, палеоландшафтом рифового плато и формированием биогенного каркаса рифа Большая Косью.

ПА-3. Парагенетическая ассоциация грубообломочных известняковых конглобрекций, биокластовых, биогермных, пелитоморфных и микрокомковатых известняков установлена в разрезе рифовой толщи на р. Б. Косью (мощность 64 м). Главной особенностью ее строения является плитчатое сложение литотипов и их неравномерное, иногда линзовидное переслаивание. ПА-3 представляет фациальный аналог ПА-2,

ПА-1. Парагенетическая ассоциация разнокристаллических известняков и известковых сланцев	ПА-2. Парагенетическая ассоциация биогермных и биокластовых известняков, грубообломочных известняков, грубообломочных известняковых конглобрекций и разнотекстурных известняковых песчаников	ПА-3. Парагенетическая ассоциация грубообломочных известняковых конглобрекций, биокластовых, биогермных, пелитоморфных и микрокомковатых известняков	ПА-4. Парагенетическая ассоциация известняковых брекчий и биокластовых известняков	ПА-5. Парагенетическая ассоциация мелко- и тонкозернистых вторичных доломитов с реликтовыми первичными структурами	ПА-6. Парагенетическая ассоциация мелкообломочных известняковых брекчий, водорослево-криноидных и криноидных биокластовых известняков
Литогенетические особенности					
Скудность биокластового материала Обилие ихнитовых, тонкослоистых и сланцеватых текстур Преобладание хемогенных известняков Мощность пород ассоциации 259 м	Разнообразие органических остатков и биогермных структур Массивность сложения Тесное сонахождение известняков механической, биохемогенной и биогенной (преобладательной) групп Мощность пород ассоциации 150 м	Плитчатое сложение Обилие слоистых текстур Тесное сонахождение известняков механической, биохемогенной и биогенной групп Мощность пород ассоциации 64 м	Обилие и разнообразие органических остатков Массивно-плитчатое сложение Преобладание известняков механической группы Мощность пород ассоциации 32 м	Обилие и разнообразие сортированного биокластового материала Линзовидно-плитчатое сложение Преобладание пород первично механической и биохемогенной групп Мощность пород ассоциации 45 м	Скудность органических остатков Плитчатое и массивное сложение Обилие эрозийных поверхностей Преобладание известняков механической группы Мощность пород ассоциации 27 м

Рис. 4. Характерные типы пород ПА и их литогенетические особенности: 1–2 — известняки доломитистые: 1 — криптокристаллические (ЛТ-1); 2 — тонкокристаллические с биокластовым материалом (ЛТ-4); 3–4 — сланцы: 3 — хлорит-известковые (ЛТ-34); 4 — кварц-хлорит-известковые (ЛТ-35); 5–6 — известняки: 5 — биогермные губково-водорослевые (ЛТ-11); 6 — биокластовые цианобактериально-криноидные (ЛТ-17); 7, 9 — известняковые конглобрекции грубообломочные доломитизированные (ЛТ-25); 8 — песчаники известняковые разнозернистые (ЛТ-27); 10–11 — известняки: 10 — строматолитовый биогерм (ЛТ-16); 11 — пелитоморфные с рассеянным био- и литокластовым материалом доломитистые (ЛТ-7); 12–14 — известняковые брекчии глыбовые доломитистые (ЛТ-24); 15 — известняки биокластовые водорослево-криноидные (ЛТ-18); 16–19 — доломиты: 16 — тонкозернистые (ЛТ-28); 17 — мелкозернистые с реликтовой сгустковой структурой (ЛТ-31); 18 — тонкозернистые с реликтовой грубобиокластовой структурой (ЛТ-29); 19 — мелкозернистые с реликтовой обломочной структурой (ЛТ-32); 20 — известняковые брекчии мелкообломочные (ЛТ-26); 21–23 — известняки: 21 — биокластовые криноидные (ЛТ-20); 22 — биокластовые водорослево-криноидные (ЛТ-18); 23 — микробиокластовые (ЛТ-23)

Fig. 4. Characteristic rock types (LT) of paragenetic association and their lithogenetic features: 1–2 — dolomitic limestones: 1 — cryptocrystalline (LT 1); 2 — finely crystalline with bioclastic material (LT 4); 3–4 — shales: 3 — chlorite-calcareous (LT 34); 4 — quartz-chlorite-calcareous (LT 35); 5–6 — limestones: 5 — biohermal sponge-algae (LT 11); 6 — bioclastic cyanobacterial-crinoidal (LT 17); 7, 9 — dolomitic calcareous psephytic conglobreccias (LT 25); 8 — inequigranular calcareous sandstones (LT 27); 10–11 — limestones: 10 — biohermal stromatolitic (LT 16); 11 — dolomitic pelitomorphous with multiple bio- and lithoclastic material (LT 7); 12–14 — dolomitic calcareous clumpy breccias (LT 24); 15 — bioclastic algal-crinoidal limestones (LT 18); 16–19 — dolostones: 16 — fine-grained (LT 28); 17 — fine-grained with relict clotty structure (LT 31); 18 — fine-grained with relict coarse-bioclastic structure (LT 29); 19 — fine-grained with relict lithoclastic structure (LT 32); 20 — calcareous finely clastic breccias (LT 26); 21–23 — limestones: 21 — bioclastic crinoidal (LT 20); 22 — bioclastic algae-crinoidal (LT 18); 23 — microbioclastic (LT 23)

отличаясь преобладанием в ней плитчатых пелитоморфных (ЛТ-7) и микрокомковатых (ЛТ-8) известняков, присутствием строматолитовых построек (см. рис. 4) и распространением слоистых текстур. Ее формирование происходило в спокойноводных обстановках межкаркасного пространства в биогермных телах и внутририфовых лагун, что определялось палеоландшафтом рифового плато и колебаниями уровня моря.

ПА-4. *Парагенетическая ассоциация глыбовых известняковых брекчий и биокластовых известняков* развита на р. Б. Косью в разрезе яптикшорской свиты (мощность 32 м). Наиболее характерными для нее являются известняковые брекчии и конглобрекции (ЛТ-24–25) массивного сложения, отличающиеся резкой несортированностью обломочного материала. Матрикс представлен комковатым, био- и литокластовым известняком с обилием и разнообразием органических остатков. Их обломочный материал чаще всего представлен известняками биогермными, биокластовыми и характеризуется плохой сортировкой, разной окатанностью. Характерной особенностью ПА-4 является присутствие участков биокластовых водорослевых известняков (ЛТ-22), часто связанных с конглобрекциями постепенным переходом. К тому же биокластовые водорослево-криноидные известняки (ЛТ-18) с прослоями микросгустковых (ЛТ-9), выделяющиеся плитчатым сложением и практически однородным составом литотипов, сменяют конглобрекции в разрезе ПА. Формирование данной ПА происходило в условиях тектонической активизации окраины платформы-рампы и отражает интенсивность процессов волновой абразии и гравитации в условиях верхней части континентального склона при наступлении моря. Увеличение роли биокластовых разностей вверх по разрезу ПА можно связать с увеличением потока скелетного материала, что, возможно, определялось повышением уровня моря и удалением источника литокластового материала.

ПА-5. *Парагенетическая ассоциация мелко- и тонкозернистых вторичных доломитов с реликтовыми первичными структурами* установлена на руч. Закола-Ёль в разрезе яптикшорской свиты (мощность 45 м). ПА

выделяется преобладанием плитчатых тонкозернистых доломитов с различными реликтовыми структурами и текстурами и частой сменой доломитов с обилием разнообразных остатков брахиопод, рецептакулитных губок, члеников криноидей, окремненных строматопороидей (ЛТ-28–33). Характерно присутствие ихнитовых текстур. Формирование первичных органогенных известковых илов происходило в условиях сублиторали, и по стратиграфическому положению ПА-5 представляет фациальную разновидность ПА-4 в более глубоководных обстановках карбонатной рампы, о чем свидетельствует фактическое отсутствие обломочных разностей, характерных для ПА-4 в разрезе р. Б. Косью.

ПА-6. *Парагенетическая ассоциация известняковых мелкообломочных брекчий, водорослево-криноидных и криноидных биокластовых известняков* развита на р. Б. Косью в разрезе верхнеручейной свиты (мощность 27 м). Для основания разреза характерно частое чередование плитчатых крупнобиокластовых водорослево-криноидных (ЛТ-18) и криноидных (ЛТ-20), микробиокластовых (ЛТ-23) известняков и мелкообломочных известняковых брекчий (ЛТ-26). Кроме того, присутствуют эрозионные границы слоев со скоплением литокластового материала. В верхней части разреза преобладают крупнобиокластовые криноидные известняки (ЛТ-20), формирующие более массивные слои, иногда с тонкой горизонтально-слоистой текстурой. Такая сложная породная ассоциация могла сформироваться только в резко изменяющихся обстановках окраины платформы-шельфа, когда влияние тектонических движений и колебаний уровня моря существенным образом преобразовывало ее палеоландшафт и, соответственно, характер осадконакопления.

Эволюция обстановок осадконакопления

Анализ парагенетических породных ассоциаций позволил реконструировать историю осадконакопления на окраине карбонатной платформы в течение позднего ордовика (рис. 5).

Рис. 5. Литогеодиническая эволюция окраины карбонатной платформы на западном склоне Северного Урала и распределение обстановок осадконакопления в позднеордовикскую эпоху: 1 — континент; 2 — шельфовые осадки; 3—7 — парагенетические ассоциации: 3 — ПА-6; 4 — ПА-4; 5 — ПА-5; 6 — ПА-2, ПА-3; 7 — ПА-1.

Fig. 5. Lithogeodynamic evolution of the carbonate platform margin on western slope of the Northern Urals and distribution of depositional environments during the Late Ordovician epoch: 1 — continent; 2 — shelf deposits; 3—7 — paragenetic association of rocks (PA): 3 — PA-6; 4 — PA-4; 5 — PA-5; 6 — PA-2, PA-3; 7 — PA-1

Сандбийский век. В амбаркыртинское время в глубоководных условиях со спокойной гидродинамикой в обстановках нижней части батинальной зоны формировались терригенные и карбонатные илы (ПА-1), характеризующиеся тонкой горизонтальной слоистостью, распространением следов роющих организмов, типичных для глубоководных фаций *Chondrites* [19]. Крайне незначительное количество тонкого биокластового криноидного материала, повышенная концентрация н. о. (30.0 %), присутствие терригенного и карбонатного илов говорят о значительном удалении областей сноса от области седиментации. Интенсивное поступление осадочного материала в глубоководные обстановки континентальной окраины было обеспечено отсутствием физического барьера с активным гидродинамическим режимом на континентальной окраине типа платформы-рампы.

Катийский век. К началу среднего катия на северо-восточной континентальной окраине Европейской платформы оформился типичный карбонатный шельф с развитием на окраине рифовых отмелей [1], представленных в разрезе р. Б. Косью ПА-2 и ПА-3. Рифовая отмель ограничивала свободный водообмен с зарифовым шельфом, о чем свидетельствует существование позднеашгильских (среднекатийских) осолоненных лагун с накоплением доломит-ангидритовых осадков в пределах современной

Верхнепечорской впадины [7]. Развитие рифа было прервано резкой регрессией, что фиксируется сменой светло-серых массивных рифогенных известняков серыми плитчатыми биокластовыми водорослево-криноидными известняками (биокластовые пески) и известняковыми песчаниками (литокластовые пески) отмельных фаций с присутствием вадозной цементации (супралиторальные субаэральные обстановки). Аналогичная ситуация, выраженная формированием эрозионной кровли рифа Бадья, проявилась и на Приполярье Урале [1]. В начале позднего катия (яптикшорское время) накапливаются биокластовые пески с градиционной слоистостью (ПА-4), характеризующие склоновые фации, свидетельствующие о смене крайне мелководных отмельных условий более глубоководными склоновыми открытошельфовыми с периодическим поступлением обломочных потоков, отражающих региональную трансгрессию, характерную для этого времени. Дальнейшее углубление окраины платформы фиксируется накоплением грубообломочных брекчий, включающих глыбы рифовых известняков. В формировании таких брекчий и конглобрекчий, вероятно, участвовал целый комплекс геологических процессов. По Н. И. Тимонину [10], при становлении рифтогенной окраины Печорской плиты процессы растяжения вызывали образование криволинейных разрывов («листрических сбросов»), способствовавших обособлению блоков фундамента с разными скоростями погружения на континентальной окраине [16]. Формирование пассивного внутриплитного рифа в позднемалотавротинское время на границе блоков могло вызывать разрушение рифовых известняков при резкой трансгрессии, что объясняет скопление глыб различных размеров и форм в нижних горизонтах брекчий яптикшорской свиты на р. Б. Косью, подобно образованию малотавротинских обально-оползневых брекчий на гряде Чернышева [2]. Логично предположить существование близко расположенной территории, где разрушение рифа началось в начале яптикшорского времени. О существовании более обширного рифового плато, чем представлено в разрезе р. Б. Косью, свидетельствует надвиг среднеордовикских сланцев на рифовую толщу [16]. Выше по разрезу брекчий сменяются плитчатыми биокластовыми известняками с обилием брахиопод, водорослей, криноидей и кораллов, представляющими отложения окраины карбонатной платформы-рампы в условиях сублиторали и характеризующими устойчивое развитие позднекатийской трансгрессии, которая фиксируется в разных разрезах Балтики [18]. ПА-5, представленная в разрезе руч. Закола-Ёль (одновозрастная с ПА-4), характеризуется практическим отсутствием обломочных разностей и формировалась в более глубоководных обстановках рамповой окраины платформы.

Хирнантский век. Хирнантский ярус установлен в разрезе р. Б. Косью и охарактеризован ПА-6, сменяющей ПА-4 верхнего катия. Раннехирнантское время отчетливо выделяется резким обмелением, о чем свидетельствуют эрозионные поверхности и обилие обломочных разностей, а появление маломощных прослоев и линз микробиокластовых известняков с пелитоморфным цементом говорит о неустойчивом характере седиментации в это время. Вероятно, такой характер осадконакопления определялся помимо региональ-

ных тектонических событий фазой раннехирнантского оледенения на Гондване. Временной интервал формирования эрозионных поверхностей, фиксируемых известняковыми мелкообломочными брекчиями ПА-6 в основании верхнеручейной свиты на Северном Урале, может быть сопоставлен с формированием седиментационно-диагенетических брекчий бадьяшорской свиты нижнего хирнанта на Приполярном Урале [2]. Позднее характер осадконакопления становится более устойчивым, что подтверждается формированием криноидных осадков в условиях песчаной отмели на окраине платформы. Подобные обстановки существовали и на Приполярном Урале во время накопления криноидных осадков, включающих небольшие биогермы, характеризующие каменнобабскую свиту верхнего хирнанта [2]. Однако присутствие позднеордовикской фауны в комплексе с раннелландовийской в разрезе силурийских отложений ниже по р. Б. Косью говорит об эродировании верхних слоев хирнантских отложений на Северном Урале.

Заключение

Широкое распространение ЛТ механогенной группы в разрезах верхнеордовикских отложений на территории современного Северного Урала свидетельствует о существенном влиянии на их формирование синседиментационных процессов волновой абразии, эрозии и гравитации. Это было обусловлено тектонической эволюцией блоковой структуры карбонатной платформы, выраженной в сандбийско-хирнантское время трансформацией ее континентальной окраины из платформы-рампы в платформу-шельф и обратно.

Смена ПА в разрезе отражает изменение обстановок осадконакопления, образующих палеогеоморфологический профиль окраины карбонатной платформы от глубоководных обстановок континентального склона зоны батиаля с накоплением известково-терригенных илов (ПА-1) до мелководных отмельных обстановок окраины платформы-шельфа (ПА-6). В сандбийский век на подножье континентального склона платформы-рампы накапливались известково-терригенные илы с активным участием ихнофауны (ПА-1). В среднем катии на окраине платформы-шельфа в обстановке отмели формировались фациально-дифференцированная и разнообразная рифовая экосистемы (ПА-2, ПА-3). В позднем катии уже в условиях открытой платформы-рампы накапливались трансгрессивные тракты карбонатных осадков, заключающих не только разнообразную фауну, но и периодические поступления обломочного материала с приподнятых областей верхней рампы (ПА-4, ПА-5). Хирнантский век вначале характеризуется периодическим эродированием окраины платформы-шельфа, а позднее — накоплением отмельных криноидных песков. Смена палеоландшафта и обстановок осадконакопления на окраине карбонатной платформы отражает литогеодинимическую эволюцию северо-восточной части континентальной окраины Европейской платформы, проявившуюся в сложной позднеордовикской истории всей северной части западного склона Урала.

Автор выражает благодарность А. И. Антошкиной, А. В. Дронову и Е. С. Пономаренко за консультации, цен-

ные замечания и полезные рекомендации при подготовке статьи к публикации.

Работа проводилась в рамках Госпрограммы № АААА-Ф17-117121270034-3 и при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 18-5-5-31.

Литература

1. Антошкина А. И. Раннепалеозойское рифообразование на севере Урала как пример его взаимосвязи с геобиосферными изменениями // Рифогенные формации и рифы в эволюции биосферы. М.: ПИН РАН, 2011. С. 116—141. (Геобиологические системы в прошлом).
2. Антошкина А. И. Особенности хирнантского осадконакопления в Североуральском регионе // Эволюция осадочных процессов в истории Земли: Мат-лы VIII Всерос. литолог. совещ. (Москва, 27—30 октября 2015 г.) Москва: ГАНГ им. И. М. Губкина, 2015. С. 53—56.
3. Антошкина А. И., Афанасьев А. К., Безносова Т. М. Новая стратиграфическая схема верхнего ордовика и силура севера Урала (Елецкая зона). Сыктывкар, 1989. 16 с.
4. Елисеев А. И. Геологические формации и методы формационного анализа. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 36 с.
5. Кондаин А. Г. Силурийские и нижнедевонские отложения Бельско-Елецкой фациальной зоны Печорского Урала // Труды ВСЕГЕИ. Том 144: Материалы по стратиграфии и тектонике Урала. Л.: Недра, 1967. С. 87—123.
6. Пономаренко Е. С., Шмелёва Л. А. Верхний ордовик р. Б. Косью (бассейн р. Илыч) — уникальный памятник биогеологических процессов прошлого // Природное геологическое наследие Европейского Севера России: Материалы всерос. науч. конф. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. С. 54—56.
7. Рассказова Н. В. Корреляция продуктивных горизонтов верхнего ордовика — нижнего девона // Стратиграфия и литология нефтегазовых отложений Тимано-Печорской провинции. Л.: ВНИГРИ, 1988. С. 30—36.
8. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 131 с.
9. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Роскомнедра, ИГиГ УрО РАН, 1993.
10. Тимонин Н. И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 240 с.
11. Шмелёва Л. А. Литолого-палеоэкологическая характеристика верхнеордовикского рифа Большая Косью (бассейн р. Илыч, Северный Урал) // Литосфера. 2016. № 1. С. 154—162.
12. Шмелёва Л. А. Новые данные о микробиально-водорослевых ассоциациях в верхнекембрийском рифе Большая Косью, Северный Урал // Водоросли в эволюции биосферы: Материалы II Палеоальгологической конференции (10—16 октября 2016 г.). Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2016. С. 179—181.
13. Шмелёва Л. А. Фациальное разнообразие верхнеордовикских карбонатных отложений в бассейне р. Илыч (Северный Урал): проблемы и задачи // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т. II. С. 270—271.

14. Шмелёва Л. А. Характеристика верхнеручейной свиты верхнего ордовика на р. Б. Косью (Северный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Матер. XXVI науч. конф. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2017. С. 274—280.

15. Шмелёва Л. А., Толмачева Т. Ю. Карбонатные отложения верхнего ордовика на р. Б. Косью (Северный Урал): характеристика разреза и первые данные по конодонтам // Региональная геология и металлогения. 2016. № 65. С. 50—59.

16. Юдин В. В. Варисциды Северного Урала. Л.: Наука, 1983. 174 с.

17. Gradstein F. M., Ogg J. G., Schmitz M. D., Ogg G. M. The Geologic Time Scale 2012: 2-volume set. Elsevier Science Ltd., 2012. 1177 p.

18. Munnecke A., Calner M., Harper D. A. T., Servais T., 2010. Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: a synopsis. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 296: 389—413.

19. Seilacher A. Trace Fossil Analysis. Berlin: Springer, 2007. 226 p.

References

1. Antoshkina A. I. *Rannepaleozojskoe rifoobrazovanie na Severe Urala kak primer ego vzaimosvyazi s geo-biosfernymi izmeneniyami* (Early Paleozoic reef formation in the north of the Urals as an example of its relationship with geo-biospheric changes). Rifogennyye formazii I rify v evolyuzii biosfery. Seriya «Geobiologicheskie sistemy v proshlom» (Reef formations and reefs in biosphere evolution. Series “Geo-biological systems in the past”). Moscow: PIN RAS, 2011, pp. 116—141.

2. Antoshkina A. I. *Osobennosti hirnantskogo osadkonakopleniya v Severoural'skom regione* (Features hirnantian sedimentation in the Northern Ural region). Proceedings of conference Moscow, 27—30 October 2015, Moscow: GANG named after I. M. Gubkin, 2015, pp. 53—56.

3. Antoshkina A. I., Afanasev A. K., Beznosova T. M. *Novaya stratigraficheskaya skhema verhnego ordovika i silura severa Urala (Eletskaia zona)* (New stratigraphic scheme of the Upper Ordovician and Silurian in the northern part of the Urals (Elets zone)). Syktyvkar, 1989, 16 pp.

4. Eliseev A. I. *Geologicheskie formatsii i metody formatsionnogo analiza* (Geological formations and methods of formation analysis). Syktyvkar: Geoprint, 2008, 36 pp.

5. Kondiajn A. G. *Silurijskie i nizhnedevonskie otlozheniya Bel'sko-Eletskoj fatsialnoj zony Pechorskogo Urala* (Silurian and Lower Devonian deposits of the Belsk-Elets facial zone of the Pechora Urals). Proceedings of VSEGEI, V. 144: Materialy po stratigrafii i tektonike Urala (Materials on Ural stratigraphy). Leningrad: Nedra, 1967, pp. 87—123.

6. Ponomarenko E. S., Shmelyova L. A. *Verhnij ordovik r. B. Kosyu (bassejn r. Ilych) — unikal'nyj pamyatnik biogeologicheskikh protsessov proshlogo* (Upper Ordovician of the Bol'shaya Kos'yu river (basin of the river Ilych) is a unique monument biogeological processes of the past). Prirodnoe geologicheskoe nasledie Evropejskogo Severa Rossii (Natural geological heritage of European North of Russia): Proceedings. Syktyvkar, Institute of geology Komi SC UB RAS, 2017, pp. 54—56.

7. Rasskazova N. V. *Korrel'yaciya produktivnykh gorizontov verhnego ordovika-nizhnego devona* (The correlation of the productive horizons of Upper Ordovician-Lower Devonian).

Stratigrafiya i litologiya neftegazonosnykh otlozhenij Timano-Pechorskoj provincii (Stratigraphy and lithology of petroliferous deposits of the Timan-Pechora Province). Leningrad: VNIGRI, 1988, pp. 30—36.

8. Sostoyanie izuchennosti stratigrafii dokembriya i fanerozoia Rossii. Zadachi dal'nejshih issledovanij (*State of knowledge stratigraphy of the Precambrian and Phanerozoic of Russia. Tasks of further research*). Postanovleniya Mezhdомstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannykh komissij (Acts of stratigraphical committee), 38, St. Petersburg: VSEGEI, 2008, 131 pp.

9. Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembrij, paleozoij) (*Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)*). Ekaterinburg: Roskomnedra, IGiG UrO RAN, 1993.

10. Timonin N. I. *Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoie* (The Pechora Plate: history of geological development in the Phanerozoic). Ekaterinburg: UB RAS, 1998, 240 pp.

11. Shmelyova L. A. *Litologo-paleoekologicheskaya harakteristika verhneordovikskogo rifa Bol'shaya Kosyu (bassejn r. Ilych, Severnyj Ural)* (Litho-paleoecological characteristics of the Upper Ordovician reef Bol'shaya Kos'yu (Ilych River, Northern Urals)). Litosfera, 2016a, No.1, pp. 154—162.

12. Shmelyova L. A. *Novye dannye o mikrobalno-vodoroslevykh assotsiatsiyah v verhnekatij'skom rife Bol'shaya Kosyu, Severnyj Ural* (New data about microbial-algal associations in the Upper Katian reef Bolshaya Kos'yu, Northern Urals). Vodorosli v evolyutsii biosfery (Algae in biosphere evolution): Proceedings of conference (10—16 October 2016). Novosibirsk: INGG SB RAS, 2016b, pp. 179—181.

13. Shmelyova L. A. *Fatsialnoe raznoobrazie verhneordovikskikh karbonatnykh otlozhenij v bassejne r. Ilych (Severnyj Ural): problemy i zadachi* (A variety of facies of the Upper Ordovician carbonate sediments in the basin of the river Ilych (the North Urals): problems and challenges). Geologiya i mineralnye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii (Geology and mineral resources of European North-East of Russia): Proceedings of 14th Congress, V. 2, Syktyvkar: Institute of Geology Komi SC UB RAS, 2014, pp. 270—271.

14. Shmelyova L. A. *Harakteristika verhneruchejnoj svity verhnego ordovika na r. B. Kosyu (Severnyj Ural)* (Feature of Verh Ruchej Suite of the Upper Ordovician on the Bol'shaya Kos'yu River (Northern Urals)). Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta (structure, substance, history of lithosphere): Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2017, pp. 274—280.

15. Shmelyova L. A., Tolmacheva T. Yu. *Karbonatnye otlozheniya verhnego ordovika na r. B. Kosyu (Severnyj Ural): harakteristika razreza i pervye dannye po konodontam* (Carbonate deposits of the Upper Ordovician on the Bolshaya Kosyu River (Northern Urals): sequence characteristic and the first data on conodonts). Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2016, No. 65, pp. 50—59.

16. Yudin V. V. *Varistsidy Severnogo Urala* (Variscides of the Northern Urals). Leningrad: Nauka, 1983, 174 pp.

17. Gradstein F. M., Ogg J. G., Schmitz M. D., Ogg G. M. The Geologic Time Scale 2012: 2-volume set. Elsevier Science Ltd., 2012, 1177 p.

18. Munnecke A., Calner M., Harper D. A. T., Servais T., 2010. Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: a synopsis. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 296, pp. 389—413.

19. Seilacher A. Trace Fossil Analysis. Berlin: Springer, 2007, pp. 226