СОСТАВ ВОДОРОСЛЕЙ В СРЕДНЕ- ВЕРХНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ СКЕЛЕТНЫХ ХОЛМАХ НА Р. ЩУГЕР

Н. А. Матвеева¹, Р. М. Иванова²

COMPOSITION OF ALGAE IN THE MIDDLE–UPPER CARBONIFEROUS SKELETAL MOUNDS ON THE SHCHUGER RIVER

N. A. Matveeva¹, R. M. Ivanova²

¹ Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия;
nakaneva@geo.komisc.ru

² Институт геологии и геохимии им. академика А.Н.
Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург

Lithological-paleoecological study of the Mid–Upper Carboniferous reef limestones from the section «Verkhnie Vorota» on the Shchuger River revealed the complex of green phylloid algae *Ivanovia tenuissima* Khvorova, *Eugonophyllum konishi* Kulik, *Anchicodium gracile* Johnson, which are directly involved in the construction of buildup frameworks. Problematic *Tubiphytes*, rare cyanobacteria *Bevocastria* sp., dasyclads *Clavaporella* sp., *Pseudoepimastopora* cf. *likana* (Kochansky et Herak), *Pseudoepimastopora* sp., *Asphaltinella* cf. *horowizi* Mamet et Roux, phylloid *Neoanchicodium* sp. and red *Ungdarella uralica* Maslov, *Komia* sp., *Flugelia johnsoni* (Flugel) algae were associated with them. The revealed algal complex indicates the existence of a shallow warm sea with good bottom illumination and weak water movement.

На Урале в карбоне массовое развитие зеленых водорослей началось в позднем визе. Этому способствовала обширная трансгрессия и смена преимущественно терригенного осадконакопления на карбонатное. В конце московского века произошло расселение сообществ зеленых водорослей семейства Anchicodiaceae на огромных территориях от Испании до Юго-Восточной Азии, Японии и Арктических районов [1], в том числе и на Северном и Приполярном Урале и на гряде Чернышева [2].

Разрез средне-верхнекаменноугольных отложений «Верхние Ворота», расположенный в среднем течении р. Щугер, является одним из наиболее представительных на западном склоне Северного Урала (рис. 1). Каменноугольные отложения вскрыты по обоим берегам реки. Нами была изучена правобережная часть (обн. 39), выступающая выше ущелья с водопадом, где развиты биогермные образования и вмещающие их отложения общей мощностью 89 м.

Новые данные по фузулиноидам и литологические признаки позволили провести границу между московским и касимовским ярусами в разрезе «Верхние Ворота» на р. Щугер по подошве слоя 12 (рис.2) [3]. Ранее здесь было выявлено пять типов известняков: биоцементолиты, биокластовые, микробные, пелитоморфные и обломочные [4]. Два интервала в разрезе с водорослевыми биоцементолитами соответствуют двум интервалам развития органогенных построек. В каждой из них выделяются три стадии развития, характерные для скелетных холмов: стабилизация, колонизация и деструкция.

Основанием для первого скелетного холма (мячковский горизонт московского яруса) послужили микробно-фузулиновые ассоциации, которые характеризуют стадию стабилизации. Здесь отмечаются единичные фрагменты зеленых филлоидных *Ivanovia tenuissima* Khvorova, *Eugonophyllum konishi* Kulik, дазикаловых *Pseudoepimastopora* sp., *Asphaltinella* cf. *horowizi* Mamet et Roux, красных водорослей *Ungdarella uralica* Maslov, *Komia* sp., а также проблематичные *Tubiphytes*.

Позднее этот биотоп был колонизирован микробно-водорослевыми сообществами, которые благодаря микробной посмертной крустификации образовали каркас первого скелетного холма. Водоросли представлены *Eugonophyllum konishi*.

Далее в результате вывода постройки в зону волнового воздействия ее развитие переходит в стадию деструкции. Она фиксируется появлением фрагментов мшанок, водорослей и микробных организмов, крустифицированных раннедиагенетическим биологически индуцированным цементом. Обломки талломов зеленых водорослей не определимы. Выше отмечаются трещины и полости, заполненные пелитоморфным кальцитом и криноидным материалом. Наличие этих признаков свидетельствуют о колебании уровня моря, которое способствовало окончательному прекращению развития водорослевых сообществ и роста постройки.

В дальнейшем при падении уровня моря только кальцимикробы и проблематичные микробные организмы тубифитесы могли активно развиваться в данной среде. В формировании основания второго скелетного холма принимали участие фузулиново-микробные и мшанково-водорослево-микробные сообщества. Остатки водорослей многочисленны, но из-за их перекристаллизации удалось определить только единичные фрагменты *Ivanovia tenuissima* и *Eugonophyllum konishi*.

Выше по разрезу водоросли выходят на первый план и в нижней и верхней толще постройки отмечаются уже микробно-водорослевые, а в ее центральной части мшанково-микробно-водорослевые ассоциации, которые также благодаря микробной посмертной крустификации образовали каркас второго скелетного холма. Среди водорослей, помимо уже известных *Ivanovia tenuissima*, *Eugonophyllum konishi*, появляются *Anchicodium gracile*

Рис.1. Место расположения разреза «Верхние Ворота» на р. Щугер
Fig. 1. Location of the section «Verkhnie Vorota» on the Shchuger River

Рис. 2. Распределение водорослей по разрезу «Верхние ворота» на р. Щугер. Условные обозначения: 1 — филлоидные водоросли; 2 — микробные скопления; 3 — тубифиты; 4 — криноиды; 5 — мшанки; 6 — фузулииды; 7 — брахиоподы; 8 — кораллы; 9 — литокласты; 10 — стиллитовые швы; 11 — горизонтальная слоистость; 12–13 — синседиментационные трещины (промоины) с тонкой горизонтальной слоистостью проникающей извилистой (12) и линзовидной (13) формы; 14 — структуры кристификации; 15 — «червячковые» кристификационные структуры. Водоросли: 1 — *Ungdarella uralica* Maslov, обр. 8ш39/2; 2 — *Komia* (?), обр. 8ш39/3; 3 — *Pseudoeipimastopora* sp., обр. 8ш39/6; 4 — *Ivanovia tenuissima* Khvorova, обр. 8ш39/6; 5 — *Tubiphytes* sp., обр. 8ш39/6; 6 — *Eugonophyllum konishi* Kulik, обр. 8ш39/6; 7 — *Asphaltinella* cf. *horowitzi* Mamet et Roux, обр. 8ш39/6; 8 — *Eugonophyllum konishi* Kulik, обр. 8ш39/10; 9 — *Bevocastria* sp., обр. 8ш39/23; 10 — *Flugelia johnsoni* (Flugel), обр. 8ш39/23; 11 — *Eugonophyllum konishi* Kulik, обр. 8ш39/23; 12 — *Clavaporella* (?) sp., обр. 8ш39/23; 13 — *Clavaporella* ? sp., обр. 8ш39/25; 14 — *Ivanovia tenuissima* Khvorova, обр. 8ш39/26; 15 — *Ivanovia tenuissima* Khvorova, обр. 8ш39/32; 16 — *Anchicodium gracile* Johnson, обр. 8ш39/34; 17 — *Pseudoeipimastopora* cf. *likana* (Kochansky et Herak), обр. 8ш39/34; 18 — Водоросли семейства *Dasycladaceae*, обр. 8ш39/44; 19 — Водоросли семейства *Ungdarellaceae*, обр. 8ш39/50. Масштабная линейка для 1, 4–6, 8, 9, 11–19 равна 0.15 мм; 2, 3, 7, 10 — 0.08 мм

Fig. 2. Distribution of algae in the section «Verkhnie Vorota» on the Shchuger River. Legend: 1 — phylloid algae; 2 — microbial accumulations; 3 — tubiphytes; 4 — crinoids; 5 — bryozoans; 6 — fusulinids; 7 — brachiopods; 8 — corals; 9 — lithoclasts; 10 — stylolite seams; 11 — horizontal layering; 12–13 — synsedimentation cracks (ravines) with thin horizontal layering of penetrating sinuous (12) and lenticular (13) shapes; 14 — crustification structures; 15 — «worm» crustification structures. Algae: 1 *Ungdarella uralica* Maslov, sample 8shch39/2; 2 *Komia* ?, sample 8shch39/3; *Pseudoeipimastopora* sp., sample 8shch39/6; 4 *Ivanovia tenuissima* Khvorova, sample 8shch39/6; 5 *Tubiphytes* sp., sample 8shch39/6; 6 *Eugonophyllum konishi* Kulik, sample 8shch39/6; 7 *Asphaltinella* cf. *horowitzi* Mamet et Roux, sample 8shch39/6; 8 *Eugonophyllum konishi* Kulik, sample 8shch39/10; 9 *Bevocastria* sp., sample 8shch39/23; 10 *Flugelia johnsoni* (Flugel), sample 8shch39/23; 11 *Eugonophyllum konishi* Kulik, sample 8shch39/23; 12 *Clavaporella* ?, sample 8shch39/23; 13 *Clavaporella* ?, sample 8shch39/25; 14 *Ivanovia tenuissima* Khvorova, sample 8shch39/26; 15 *Ivanovia tenuissima* Khvorova, sample 8shch39/32; 16 *Anchicodium gracile* Johnson, sample 8shch39/34; 17 *Pseudoeipimastopora* cf. *likana* (Kochansky et Herak), sample 8shch39/34; 18 Algae of the family *Dasycladaceae*, sample 8shch39/44; 19 Algae of the family *Ungdarellaceae*, sample 8shch39/50. The scale for 1, 4–6, 8, 9, 11–19 is 0.15 mm; 2, 3, 7, 10 — 0.08 mm

Johnson. В единичных экземплярах представителями альгоценоза были *Bevocastria* sp., *Clavaporella* sp., *Pseudoepimastopora* cf. *likana* (Kochansky et Herak), *Neoanchicodium* sp., *Eflugelia johnsoni* (Flugel).

Далее в известняках начинают преобладать крустифицированные фрагменты мшанок, брахиопод и плохо определенных водорослей *Ungdarellaceae* и *Dasycladaceae*, что соответствует стадии деструкции. В кровле постройки отмечаются только мшанковые и брахиоподовые известняки.

Несмотря на то, что формирование скелета вышеописанных построек происходило в основном при участии мшанково-микробно-водорослевой ассоциации организмов, зеленые филоидные водоросли среди них были доминирующими [5]. Внутреннее строение талломов водорослей хорошо подчеркивается благодаря инкрустации туфитесами.

Хрупкое слоевище пластинчатых водорослей не было способно само образовывать крепкий скелет постройки. И лишь благодаря формированию биологически индуцированного цемента по микробным пленкам сессильных организмов был образован прочный каркас скелетных холмов. Крустификация широко распространена в каменноугольно-пермских органогенных постройках и представляет собой структуры, образованные небольшими организмами, покрытыми микробными пленками, которые обеспечивают благоприятную среду для образования и цементирования на них твердых крустификационных корок [6].

Также как в изученных скелетных холмах, низкое биоразнообразие и господствующее положение филоидных водорослей было установлено в позднекаменноугольно-нижнепермских постройках не только Урала [7], но и в других регионах мира. По одним данным [8, 9], водоросли занимали всё жилое пространство морского дна и тем самым «заглушали» другие формы жизни. Другие же [10, 11] связывали это с тем, что, как и современные водоросли, филоидные могли выделять ядовитые вещества, которые ограничивали развитие других организмов в этой области [12, 13]. Однако эта гипотеза противоречит данным G. Enpu [14] согласно которым в Китае в водорослевом рифе Гуиджоу совместно с филоидными водорослями широко развиты кораллы и брахиоподы. Также была выдвинута следующая идея низкого биоразнообразия: разложение редуцентами органического вещества водорослей, существовавших в спокойноводных обстановках и обильное потребление кислорода при дыхании в ночное время могло приводить к аноксии придонных вод [15]. Несмотря на хорошую изученность верхнекаменноугольно-нижнепермских построек, объяснение такому явлению в них требует дальнейших исследований.

Для современных пластинчатых водорослей благоприятными условиями являются мелкое теплое море со слабым движением воды [16]. Рост верхнекаменноугольно-нижнепермских филоидно-водорослевых построек, как правило, происходил в тихих водоемах ниже основания волны, но в пределах фотической зоны [10, 14]. В свою очередь G.K. Elias [17] считал, что филоидно-водорослевые холмы лучше всего развиваются в очень мелком море, примерно 7 м или меньше.

Таким образом, изучение альгофлоры в разрезе «Верхние ворота» позволило установить, что каркас построек

образовался благодаря формированию раннедиагенетического биологически индуцированного цемента на микробных пленках, покрывших талломы филоидных водорослей *Ivanovia tenuissima* Khvorova, *Eugonophyllum konishi* Kulik, *Anchicodium gracile* Johnson и мшанок, а также микробных образований. Сопутствующими им были редкие цианобактерии *Bevocastria* sp., дазикладовые *Clavaporella* sp., *Pseudoepimastopora* cf. *likana* (Kochansky et Herak), *Pseudoepimastopora* sp., *Asphaltinella* cf. *horowitzi* Mamet et Roux, филоидные *Neoanchicodium* sp. и красные *Ungdarella uralica* Maslov, *Komia* sp., *Flugelia johnsoni* (Flugel) водоросли. Массовое развитие зеленых филоидных водорослей в средне-позднекаменноугольное время может свидетельствовать о существовании мелководно-морских обстановок с хорошей освещенностью дна и спокойной гидродинамикой. И это еще раз подтвердило, что водоросли являются отличными индикаторами фациальных обстановок.

Работа выполнена в рамках темы № АААА-А17-117121270034-3 ИГФИЦ Коми НЦ УрО РАН, при поддержке Программы УрО РАН проект № 18-5-5-31.

Литература

1. Иванова Р. М. Известковые водоросли карбона Урала. Екатеринбург: РИО УрО. РАН, 2013. 244 с.
2. Антошкина А. И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области) // Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 304 с.
3. Матвеева Н. А., Сандула А. Н., Ремизова С. Т. Граница среднего и верхнего карбона в разрезе «Верхние ворота» на р.Шугер (Северный Урал)// Структура, вещество и история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: мат-лы 28 Всерос. науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2019. С. 103—107.
4. Сандула А. Н., Канева Н. А. Верхнемосковско-касимовские био-гермные образования в среднем течении р.Шугер // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. Сыктывкар, 2009. С. 29—37. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО РАН).
5. Канева Н. А. Палеоэкология и фации органогенных построек верхнего карбона севера Урала (на примере скелетных холмов р. Шугер) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, №7, 2010. С. 2—5.
6. Антошкина А. И., Пономаренко Е. С. Биоиндуцированная крустификация как реакция позднекаменноугольных-раннепермских рифовых экосистем на изменения биосферы / / Серия «Гео-биологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН, 2014. С. 44—62.
7. Пономаренко Е. С. Эволюция экосистем нижнепермских скелетных холмов Северного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, №12, 2010. С. 8—16.
8. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. Пер. с англ., М., Недра, 1980, 463 с.
9. Toomey D. F. History of a Late Carboniferous phylloid algal bank complex in northeastern New Mexico. Lethaia, 13. 1980. P. 249—267.
10. Samankassou E, West R. R. Constructional and accumulative modes of fabrics in selected Pennsylvanian algal-dominated buildups in eastern Kansas, Midcontinent, USA. In: Permo-Carboniferous platforms and reefs. SEPM/AAPG Spec. Publ., 78. 2003. P. 219—237.
11. Zhang, Y.L., Gong, E.P., Guan, C.Q., Samankassou, E., Sun, B.L. Carboniferous phylloid algal reefs in Ziyun County, Guizhou (South China): evidence of algal blooms. Acta Sedimentologica Sinica 25. 2007. P. 177—182.
12. Hay M.E. Calcified seaweeds on coral reefs: complex defenses,

trophic relationships, and value as habitats. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panamy City, Panama. Vol. I. 1997. P. 713—718.

13. Paul V. J. Secondary metabolites and calcium carbonate as defenses of calcareous algae on coral reefs. In: Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panama City, Panama. Vol. I. 1997. P. 707—712.

14. Enpu G., Samankassou E., Changqing G., Yongli Zh., Baoliang S. Paleocology of Pennsylvanian phylloid algal buildups in south Guizhou, China // *Facies*, 2007. 53. P. 615—623.

15. Пономаренко Е. С. Иванова Р. М. Влияние анхикодиевых водорослей на специфику палеосообществ в нижнепермских скелетных холмах Северного Урала // *Водоросли в эволюции биосферы: Мат-лы I палеоальгологической конф.* Москва: ПИН РАН, 2013. С. 103—104.

16. Маслов В. П. Атлас пороодообразующих организмов. М.: Наука, 1973. 267 с.

17. Elias G. K. Habitat of Pennsylvanian algal bioherms, Four Corners area / In: *Shelf Carbonates of the Paradox Basin, Four Corners Geol. Soc. 4th Field Cony.*, 1963. P. 185—203.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ АССЕЛЬСКО-САКМАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ТИМАНО- ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Н. И. Никонов, И. Ю. Беда

PROSPECTS FOR OIL CONTENT OF ASSEL-SAKMARIAN DEPOSITS IN THE NORTH OF THE TIMAN-PECHORA PROVINCE

N. I. Nikonov, I. Yu. Beda

ООО «Тимано-Печорский научно-
исследовательский центр», Ухта, Россия

Geological analysis shows that oil and gas bearing of the Asselian and Sakmarian biogenic build-ups is related to the depositional conditions of reservoir-quality rocks and overlying and surrounding sediments on which their sealing or scattering properties depend. In the north-west direction, the carbonate component in the Upper Sakmarian deposits decreases. As result, the sealing properties of the filling formations are improved. In the same direction, the carbonate component in the Artinskian deposits increases and the sealing properties worsens. The result of these patterns is formation of the low- and high-amplitude biogenic petroleum traps or their absence.

Рассматриваемая территория охватывает Денисовскую, Хорейверскую, Большесынинскую и часть Косью-Роговской впадины.

В течение ассельско-сакмарского этапа седиментогенеза территория ТПП представляла собой шельф, на котором происходило накопление карбонатных формаций в условиях шельфового мелководья и окружающей относительно глубоководной до 100 м сезымской палеовпадины.

В пределах современного Колвинского мегавала и на примыкающих к нему бортах Хорейверской и Денисовской впадин была развита крупная карбонатная мелководно-шельфовая платформа. Здесь выявлено широкое развитие органогенных построек пластового типа — биостромов толщиной от 5—10 м до 50—60 м. К краевым частям мелководья приурочены биостромы, похожие на барьерные рифы, закартированные в Денисовской и Хорейверской впадинах. Ассельско-сакмарская платформа циклично расширялась с начала ассельского времени до середины сакмарского века.

В сезымской палеовпадине получили развитие одиночные рифовые массивы четырех типов: небольшие одиночные биогермы, иногда формирующие архипелаги одиночных рифов (Колвинская площадь), линейные рифовые постройки (Сарутаюско-Вангурейяхинская зона), атоллвидные рифовые постройки (Веякошорская), крупные водорослевые рифовые массивы (Интинский, Кожимский). Высота рифовых массивов зависима от глубины бассейна седиментации, от 100 м в Хорейверской впадине до 400 м в Предуральском прогибе.

Стратиграфическими аналогами биогермов являются маломощные глинисто-карбонатные отложения ложа палеовпадины — сезымская свита.

В процессе литолого-фациального анализа выделены три группы литотипов ассельско-сакмарских отложений:

— биогермные, представленные органогенными типами известняков, характерные для органогенных построек любого типа, эти литотипы являются коллекторами;

— межбиогермные, представленные известняками, имеющими признаки биогермных литотипов, но более плотные, микрозернистые, перекристаллизованные, с алевритовой примесью, литотипы этих фаций с пористостью до 6—8 % обычно представляют собой рассеивающие пакки и не являются флюидоупорами и коллекторами;

— иловые, представленные тонкозернистыми глинистыми известняками и мергелями, характерные для фаций ложа палеовпадины и толщи ее заполнения; отложения ложа глубоководной впадины и толщи ее заполнения представляют собой как рассеивающие пакки, так и флюидоупоры и редко коллекторы.

Ассельско-сакмарские отложения обычно перекрыты артинскими глинисто-карбонатными породами, которые на севере провинции становятся более карбонатными и теряют экранирующие свойства.

Нефтеносность ассельско-сакмарских построек первоначально была установлена в пределах валов — на месторождениях Колвинского мегавала, Шапкина-Юрьянского, Макариха-Салюкинского и Лайского валов. Здесь биостромы не формируют самостоятельные ловушки, а являются частью крупных высокоамплитудных антиклинальных структур, поэтому эти объекты опоисковывались как сводовые ловушки.

Анализ нефтеносности ассельско-сакмарских органогенных построек позволил установить, что во впадинах, как и на валах, ловушки контролируются, прежде всего, структурным фактором.

На Сандивейском месторождении установлено, что продуктивные ассельские коллектора состоят из отдель-