

Верхнебашкирские карбонатные отложения в бассейне реки Шарью (гряда Чернышева): литология, изотопия углерода и кислорода, условия осадконакопления

А.Н. Сандула, Л.А. Шмелёва

Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
sandula@geo.komisc.ru
lyubov.shmeleva@inbox.ru

Аннотация

Верхнебашкирские отложения Средних ворот р. Шарью на гряде Чернышева представлены преимущественно не измененными известняками. В составе известняков $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = 0,3...3,9\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 19,0...24,3\text{‰}$. Их вариации зависят от изменений условий осадконакопления в течение позднего башкира. Формирование изученных отложений проходило в два этапа. На первом этапе, в период максимума регрессии и активизации тектонического режима, формировались породные ассоциации микробально-пелитоморфных и биокластовых известняков. Сначала $\delta^{13}\text{C}$ в составе известняков постепенно увеличивается от 1,4 до 3,1 ‰, а затем уменьшается до 1,2 ‰. Одновременно с этим $\delta^{18}\text{O}$ сначала равен 22,3...23,2 ‰, а затем уменьшается до 20,9 ‰. На втором этапе в условиях мелководного карбонатного шельфа во время постепенного углубления моря формировались породные ассоциации водорослевых, микробально-биокластовых и биокластовых известняков с криноидеями и кораллами. В изотопной системе наблюдается постепенное увеличение значений $\delta^{13}\text{C}$ от 2,7 до 3,7 ‰, средние значения $\delta^{18}\text{O}$ равны 22,18...22,88 ‰ с отклонениями 2–3 ‰.

Ключевые слова:

Карбонатные отложения, изотопия углерода и кислорода, архангельский (верхнебашкирский) подъярус, средний карбон, гряда Чернышева

Введение

Одним из наиболее полных и стратиграфически расчлененных разрезов башкирских отложений на гряде Чернышева является разрез Средних ворот, расположенный в бассейне р. Шарью (рис. 1, 2). По фауне фузулинид он подразделяется на краснополянский, северокельтменский, прикамский горизонты, по современным стратиграфическим схемам соответствующие каменогорскому, акаваскому, аскынбашскому подъярусам, и верхнебашкирскую толщу (архангельский подъярус) [1, 2]. Верхнебашкирский диапазон не разделялся на горизонты, а на границе с

Upper Bashkirian deposits in the Sharyu River basin (the Chernyshev Ridge): lithology, carbon and oxygen isotopes, conditions of sedimentation

A.N. Sandula, L.A. Shmeleva

Institute of Geology named after academician N. P. Yuskin, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar
sandula@geo.komisc.ru
lyubov.shmeleva@inbox.ru

Abstract

The Upper Bashkirian deposits in the Srednie vorota section (the Sharyu River, the Chernyshev Ridge) are composed of unchanged limestones. In their composition $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = 0.3...3.9\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 19.0...24.3\text{‰}$. Isotopic ratios depend on changes of sedimentation conditions during Late Bashkirian. Formation of studied deposits took place in two stages. At the first stage, during the period of maximum regression and activation of tectonic mode, rock associations of microbial-pelitic and bioclastic limestones were formed. $\delta^{13}\text{C}$ gradually increases from 1.4 to 3.1 ‰, and then decreases to 1.2 ‰, and $\delta^{18}\text{O}$ is first equal to 22.3...23.2 ‰, and then decreases to 20.9 ‰. At the second stage rock associations of algal, microbial-bioclastic and bioclastic limestones with crinoids and corals were formed on a shallow carbonate shelf during the gradual deepening of the sea. In the isotopic system, there is a gradual increase of average values of $\delta^{13}\text{C}$ from 2.75 to 3.69 ‰, and average values of $\delta^{18}\text{O}$ are equal to 22.18...22.88 ‰ with deviations of 2–3 ‰.

Keywords:

carbonate deposits, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$, Late Bashkirian, Middle Carboniferous, the Chernyshev Ridge

породами московского возраста предполагался скрытый стратиграфический перерыв [1].

Основа стратиграфии башкирских отложений гряды Чернышева была сделана А.И. Елисеевым в середине прошлого века [1]. Верхнебашкирский диапазон он не разделял на горизонты, в виду бедности фауны. Большинство приведенных в его работах фузулинид из этой толщи является переходящими, а зональные для данного стратиграфического диапазона виды им не встречены. В 2005 г. была опубликована монография А.И. Николаева [3], в которой рассматри-

вался разрез Средних ворот р. Шарью. Им выделены интервалы, соответствующие ташастинскому и асатаускому горизонтам. Однако использование этих данных возможно лишь с некоторой условностью, так как приведенные им описание разреза и литологическая характеристика пород не достаточны для надежной привязки к естественным выходам. У А.И. Елисеева [1], наоборот, — выделенные им пачки легко узнаются в обнажении [4].



Рисунок 1. Средние ворота на реке Шарью на гряде Чернышева. Выход верхнебашкирских отложений расположен на переднем плане. Снято сверху вниз по реке.

Figure 1. The Srednie vorota (Middle Gate) of the Shar'yu River on the Chernyshev ridge. The Upper Bashkirian deposits is located in the foreground. Snapshots are taken from above down the river.

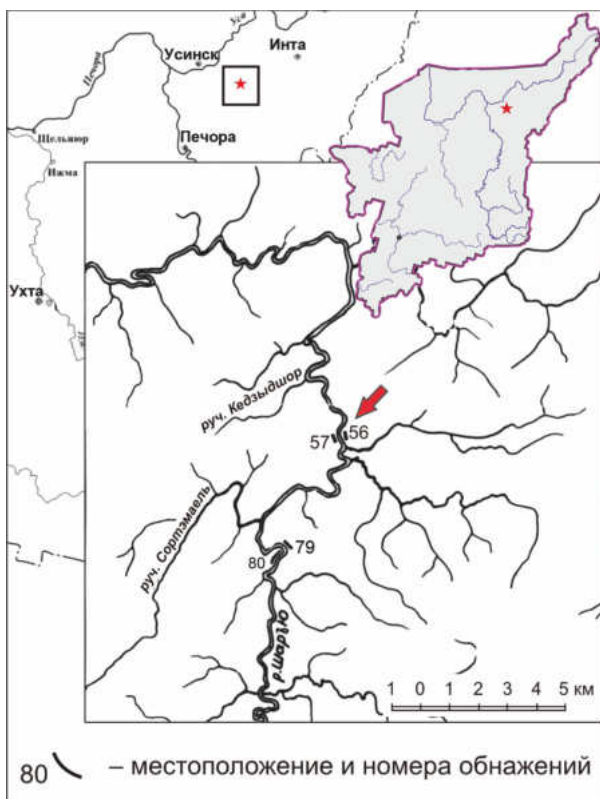


Рисунок 2. Местоположение изученных обнажений. Номера даны по А.И. Елисееву [1].

Figure 2. Location of the studied outcrops. Their numbers are given by [1].

В башкирское время на территории западной части гряды Чернышева господствовали условия мелководного открытого моря, а на востоке существовала область, где довольно часто проявлялись условия островного мелководья, зафиксированные в разрезе интервалами грубообломочных известняковых брекчий [1, 5]. Колебательные движения, проявившиеся на краю платформы, имели место и на западе, о чем свидетельствует ритмичность отложений. В основании этих ритмов выступают отложения сильного мелководья (обломочные и оолитовые известняки), сменяющиеся вверх по разрезу биокластовыми, водорослевыми и шламowymi известняками, часто с большим количеством кремней. Интересно, что в нижнебашкирской части их мощность составляет 10–20 м, а уровни максимумов регрессии совпадают с границами упомянутых стратиграфических подразделений. Верхнебашкирские отложения существенно отличаются от нижележащих. Мощность архангельского подъяруса почти в три раза больше, а в его строении можно выделить несколько интервалов, отличающихся литологическим составом пород и строением [6, 7]. Отсюда позднебашкирское время являлось переломным в истории осадконакопления на территории гряды Чернышева.

С целью уточнения условий осадконакопления и стратиграфии пород данного возрастного диапазона нами было дополнительно изучено строение разреза, определены литологическая и изотопно-геохимическая характеристики верхнебашкирских отложений Средних ворот на р. Шарью.

Объекты и методы исследования

Скалы Средних ворот расположены в среднем течении р. Шарью по ее обоим берегам, примерно в 3 км выше устья руч. Кедрыйшор (рис. 2). Разрез наращивается снизу вверх по реке. Породы падают на юго-запад под углами 60–65°. При этом непосредственно верхнебашкирские отложения наиболее хорошо доступны для наблюдения в правом борту реки, в верхней части обн. 56. Здесь они залегают выше пачки (1,4 м мощностью) тонкослоистых шламово-микробиальных, пелитоморфных и мелкобиокластовых коричнево-серых известняков, относимых еще к аскынбашскому подъярису.

Литолого-фациальный анализ этих пород проводился на основе детального литологического описания разреза, результатов изучения шлифов (более 300 шт.), штуфов, пришлифовок известняков и аналитических данных.

Определение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ проводилось в 60 пробах известняков, отобранных через 0,5 м по мощности в непосредственной близости от мест отбора литологических образцов на участках, свободных от проявлений вторичных процессов (кальцитовых прожилок, стилолитовых швов, окремнения и доломитизации) и не содержащих крупные органические остатки. Изотопный анализ проводился на базе ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН на аналитическом комплексе Flash EA, соединенном с масс-спектрометром Delta V Advantage, аналитик И.В. Смолева. Значения $\delta^{13}\text{C}$ приведены в промилле относительно стандарта PDB, $\delta^{18}\text{O}$ — относительно стандарта SMOW. Ошибка измерений составляет 0,04 и 0,06 ‰ соответственно.

Строение разреза

Нижняя граница верхнебашкирской толщи в Средних воротах р. Шарью (обн. 56) проводится по первому появлению *Ozawainella* и *Pseudostaffella gorskyi* (Dutk.) [1, 3]. Граница московского яруса – в основании пачки (8 м) пластовых желтовато-серых мелкобиокластовых известняков с крупными (до 1 м в поперечнике) желваками кремней. Из этих пород были определены фузулиниды *Depratina prisca* (Deprat), являющиеся зональными для верейского горизонта [1, 3]. Интервал пачек 51–63 общей мощностью 40,8 м относится к ташастинскому горизонту архангельского подъяруса (табл. 1, рис. 3) [2, 8]. Вышележащие пачки 64–67 мощностью 17,5 м, по данным А.И. Николаева, должны быть отнесены к асатаускому горизонту (по появлению *Tikhonovichiella nibelensis* (Raus.)) [3]. В списках фораминифер из работы А.И. Елисеева [1] эта граница практически не обособляется. Им указываются только единичные *Pseudostaffella cf. compressa* (Raus.) и *P. ex gr. gorskyi* (Dutk.), но выше в пачке 66 комплекс фораминифер обновляется существенно – появляются *Pseudostaffella subquadrata* Grozd. et Leb., *Eoschubertella mosquensis* Raus., *Pseudoendothyra keltmensis* Raus. Ниже приведены основные характеристики упомянутых пачек.

Ташастинский горизонт

- | Пачка | Мощность, м |
|--|-------------|
| 51. Литокластовые известняки..... | 1,0 |
| На этом интервале пласты смяты и клинья введены друг в друга, из-за чего мощность пачки иногда может достигать 1,5 м. В ее разрезе можно выделить три пласта литокластовых известняков мощностью до 0,3 м, разделенных маломощными (первые сантиметры) слоями тонкослоистых известняков. В первом пласте наблюдается плавный переход биокластовых известняков с округлыми обломками (до 15–20 %) в мелкообломочную конглобрекцию с угловатыми, реже окатанными обломками биокластовых известняков. Выше по разрезу пласт конглобрекций, сложенный округлыми гальками размером от первых миллиметров до 5–7 см (преобладают гальки размером около 2–3 см). Порода сложена обломками различной окатанности серых пелитоморфных известняков, а также темными угловатыми обломками кремней размером 0,5–0,8 см. Далее идет линза (?) серых биотурбированных биокластовых известняков, сменяющихся вверх по разрезу мелкообломочным конгломератом, в котором отмечается обратная градационная сортировка обломочного материала. | |
| 52. Линзовиднонаслоенные коричневатые-серые известняки..... | 0,8 |
| В разрезе пачки наблюдается постепенная смена мелкобиокластовых фораминиферо-водорослевых известняков микробиаально-шламовыми со значительным количеством створок брахиопод и фораминиферо-водорослевыми известняками с включениями по трещинкам темного пиритизированного вещества. | |
| 53. Мелкобиокластовые водорослевые известняки..... | 1,5 |
| Пластовых отдельностей в пачке нет. Слоистость пород (10–15 см) подчеркивается неравномерным распреде- | |

лением по отдельным слоям и линзам небольшого количества органогенного материала (обломков раковин брахиопод и члеников криноидей). Примерно в 0,8 м от основания пачки наблюдается серия слоев мощностью 0,5 м с частыми эрозионными срезами. Один из них представляет собой волнистую поверхность синусоидного типа с длиной волны равной 50 см и амплитудой 5 см, ниже которой размыты горизонтально залегающие тонкозернистый пелитоморфный и тонко-, волнистослоистый микрокомковатый известняки, а выше – биокластовый известняк (рис. 4 А).

- | | |
|---|-----|
| 54. Пелитоморфные и биокластовые известняки..... | 1,9 |
| В основании пачки залегают микробиаально-пелитоморфные известняки, которые в интервале 0,1–0,2 м от подошвы пачки сменяются крупнобиокластовыми фораминиферо-водорослевыми массивными известняками с криноидеями, слагающими пласт мощностью 1,75 м. Здесь граница между этими двумя литологическими разностями или плохо различима, или наблюдается лишь в виде прихотливо изгибающейся линии, закручивающейся в сложные витиеватые узоры – текстура взмучивания (рис. 4 Б), осложненная в настоящее время небольшими (до 10 см) субгоризонтальными трещинками, выполненными яснокристаллическим кальцитом. В биокластовом материале присутствует большое количество обломков члеников криноидей, количество которых снизу вверх по разрезу практически сходит на нет после появления почти в самой кровле пласта кремней. Кремнистые стяжения наблюдаются в виде зональных вытянутых лепешковидных прослоев и линз размером от первых сантиметров до 0,5–0,8 м и имеют концентрически-зональную текстуру. В их строении сохранены реликтовые биокластовые структуры, хорошо различимы обломки члеников криноидей и брахиопод. | |
| 55. Пелитоморфные и крупнобиокластовые известняки с кремнями..... | 2,0 |
| В основании залегают пласт (0,2 м) слоистых, биотурбированных пелитоморфных известняков. В их строении наблюдаются небольшие участки доломитизации, а также пустоты, выполненные яснокристаллическим кальцитом с тонкими пленками ожелезнения и мелкими округлыми включениями пирита. Выше по разрезу наблюдаются биокластовые известняки, размер структурных компонентов в которых по ходу наслоения увеличивается. Кремни образуют вытянутые лепешковидные желваки темно-серого цвета с реликтами замещенных пород. | |
| 56. Словатые шламовые известняки в кровле с единичными мелкими желваками кремней..... | 1,2 |
| 57. Слоистые крупнобиокластовые известняки..... | 2,0 |
| В нижней части пачки породы имеют толстоплитчатую, а в верхней – тонкоплитчатую отдельность. В составе известняков в значительном количестве наблюдаются кремнистые образования. Они образуют округлые желваки размером от 10 до 25 см, расположенные цепочками согласно напластованию пород. Желваки иногда сливаются в более крупные вытянутые кремнистые стяжения, одиночные овальные конкреции с гладкой | |

Распределение фораминифер в разрезе верхнебашкирских отложений Средних ворот на реке Шарью по спискам А.И. Елисеева [1] с дополнениями по А.И. Николаеву [3]

Distribution of foraminifera in the section of the Upper Bashkirian deposits of the Srednie vorota (Middle Gate) of the Shar`yu River according to the lists of [1] with additions by [3]

Ярус		Башкирский											Московский		
Горизонт		Аскынбашский		Ташастинский						Асатауский			Верейский		
Номера пачек	по А.И. Николаеву [3]		38	39	39-40	41-42	1-4	5-6	6	8-10	12-13	14	15-19	20-22	23-24
	по А.И. Елисееву [1]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	авторские		50	51	52-56	57-58	59-60	61-62	62	63	64-65	66	67		
	<i>Pseudostaffella antiqua</i> (Dutk.)	#	#+	+				+			+	++		+	
	<i>Pseudostaffella composita keltmica</i> Raus.	#	#			+						+			
	<i>Pseudostaffella praegorskvi</i> Raus.	#	+					#			+	++	++		
	<i>Pseudostaffella sofronizkyi</i> Saf.	#		+						++	+		+		
	<i>Topilinia proozawai</i> (Kir.)	#	#		#			#							
	<i>Ozawainella vozhgatica</i> Saf.			+	#			#		+		+	+		
	<i>Pseudostaffella cf. gorskyi</i> (Dutk.)			+				#							
	<i>Pseudostaffella gorskyi</i> (Dutk.)				#	#+		+	+	#+	+	#	#++++	#	#
	<i>Pseudostaffella posterior</i> Saf.						+			+	+	+	#		
	<i>Staffellaeformes staffellaeformis</i> (Kir.)						+	+				#	+	#	#
	<i>Ozawainella ex gr. aurora Grozd. et Leb.</i>							#							
	<i>Parastaffella variabilis</i> Raus.							#							
	<i>Pseudostaffella</i> sp.								#						
	<i>Pseudoendothyra cf. pseudosphaeroidea</i> (Dutk.)									#					
	<i>Pseudostaffella cf. compressa</i> (Raus.)										#				
	<i>Pseudostaffella ex gr. gorskyi</i> (Dutk.)										#				
	<i>Tikhonovichiella nibelensis</i> (Raus.)										++		++	++	
	<i>Millerella umbilicata</i> Raus.											+		+	#
	<i>Pseudoendothyra keltmensis</i> (Raus.)											#			
	<i>Pseudostaffella subquadrata</i> Grozd. et Leb.											#	#+	+	+
	<i>Depratina ex gr. prisca</i> (Deprat)												#		
	<i>Earlandia aljutovica</i> (Reitl.)												+		#
	<i>Millerella carbonica</i> (Grozd. et Leb.)												#		
	<i>Ozawainella mosquensis</i> Raus.												#	#+	+
	<i>Parastaffella struvei umbilicata</i> Raus.												#		
	<i>Parastaffella timanica</i> Raus.												#		
	<i>Parastaffella umbonata</i> Raus.												#		#
	<i>Pseudoendothyra pseudosphaeroidea</i> (Dutk.)												#		
	<i>Staffellaeformes tashliensis</i> (Leb.)												+	++	
	<i>Varistaffella irinovkensis</i> (Raus.)												#		
	<i>Aljutovella paraaljutovica</i> Saf.													+	
	<i>Depratina prisca</i> (Deprat)													#++	
	<i>Depratina timanica</i> (Kir.)													+	#
	<i>Depratina kireevae</i> (Dzhent.)													+	
	<i>Depratina prisca</i> (Deprat) f. elliptica													+	
	<i>Depratina prisca sphaerica</i> (Raus.)													+	
	<i>Eoschubertella pseudoglobulosa</i> (Saf.)													#	
	<i>Pseudostaffella ex gr. subquadrata</i> Grozd. et Leb.													#	
	<i>Staffellaeformes cf. trisulcata</i> (Thomson)													#	
	<i>Tikhonovichiella ex gr. pseudorhomboides</i> (Putrja)													#	
	<i>Tikhonovichiella ex gr. rhombiformis</i> (Brazhn. et Pot.)													#	

Определения фауны в работе [1] – З.П. Михайлова, современная номенклатура определений – Р.М. Иванова (ИГГ УрО РАН).

Definitions of fauna in [1] – Z.P. Mikhailova, modern nomenclature of definitions – R.M. Ivanova (IGG UB RAS).

– находки фораминифер по спискам А.И. Елисеева [1].

+ – по спискам А.И. Николаева [3].

– finds of foraminifera according to A.I. Eliseev's lists [1].

+ – to A.I. Nikolaev's lists [3].

Слои 7 и 11 из описания Николаева – не обнаженные участки, соответствуют перерывам между пачками 26–28, по Елисееву.

Layers 7 and 11 from the description of Nikolaev are closed intervals, correspond to breaks between units 26 27 and 28 according to Eliseev.

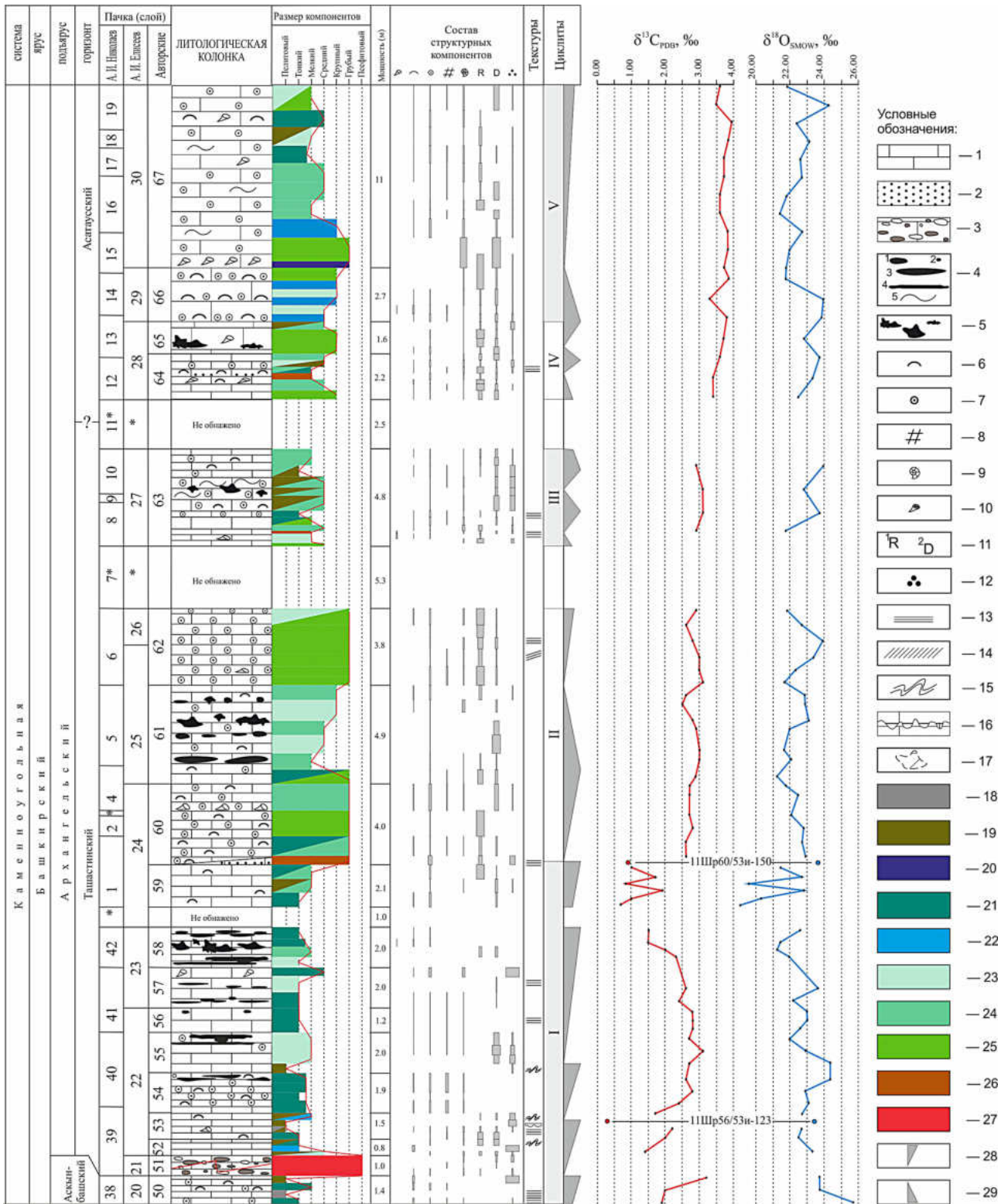


Рисунок 3. Литолого-стратиграфический разрез с кривыми изотопного состава углерода и кислорода в Средних воротах (обн. 56) на реке Шарью. Условные обозначения: 1 - известняки; 2 - известняковый биокластовый песчаник; 3 - известняковый конгломерат; 4-5 - кремни: 4.1 - крупные округлые желваки, 4.2 - сферические и эллипсоидальные концентрически-зональные конкреции небольшого размера, 4.3 - вытянутые лепешковидные конкреции с неровной, слабо бугорчатой поверхностью, 4.4 - вытянутые горизонтальные прослои и линзы, 4.5 - равномерно окремненные (50-90 %) известняки, 5 - неправильной, причудливой формы, а также окремнение по органическим остаткам; 6-12 - структурные компоненты: 6 - створки брахиопод, 7 - членики криноидей, 8 - мшанки, 9 - фораминиферы, 10 - кораллы, 11 - красные (1) и зеленые (2) водоросли, 12 - микробальные образования; 13-16 - текстуры: 13 - слоистость горизонтальная, 14 - слоистость косая, 15 - текстуры «взмучивания», 16 - поверхность размыва; 17 - участки доломитизации; 18-27 литотипы известняков: 18 - пелитоморфные, 19 - микробальные, 20 - биоморфные органогенные, 21 - биокластовые, 22 - фито-биокластовые, 23 - био-фитокластовые, 24 - фитокластовые, 25 - биоморфные водорослевые, 26 - известняковые биокластовые песчаники, 27 - литокластовые, 28-29 - трансгрессивные (28) и регрессивные (29) циклиты.

Figure 3. Lithological-stratigraphic section of the Upper Bashkirian deposits with carbon and oxygen isotopic composition (outcrop # 56, Srednie vorota (Middle Gate), Sharyu River).

Legend: 1 – limestones; 2 – bioclastic calcareous sandstone; 3 – calcareous conglomerate; 4–5 – cherts: 4.1 – large rounded nodules, 4.2 – small size spherical and ellipsoidal concentric-zonal nodules, 4.3 – flat siliceous nodules with uneven bumpy outlines, 4.4 – elongated horizontal siliceous interlayers and lenses, 4.5 – uniformly silicified (50-90%) limestones, 5 – irregular and bizarre shape of the nodules and silicified fossils; 6–12 – structural components of rock: 6 – brachiopods shells, 7 – segments of crinoids, 8 – bryozoans, 9 – foraminifera, 10 – corals, 11 – red (1) and green (2) algae, 12 – microbial creation; 13–16 – textures: 13 – horizontal lamination, 14 – cross lamination, 15 – roiling, 16 – erosion surface; 17 – areas of dolomitization; 18–27 – limestones types: 18 – pelitomorphous, 19 – microbial, 20 – biomorphic (organogenic), 21 – bioclastic, 22 – phyto-bioclastic, 23 – bio-phytogenic, 24 – phytogenic, 25 – algae (biomorphic), 26 – bioclastic calcareous sandstones, 27 – lithoclastic; 28–29 – transgressive (28) and regressive (29) cyclites.

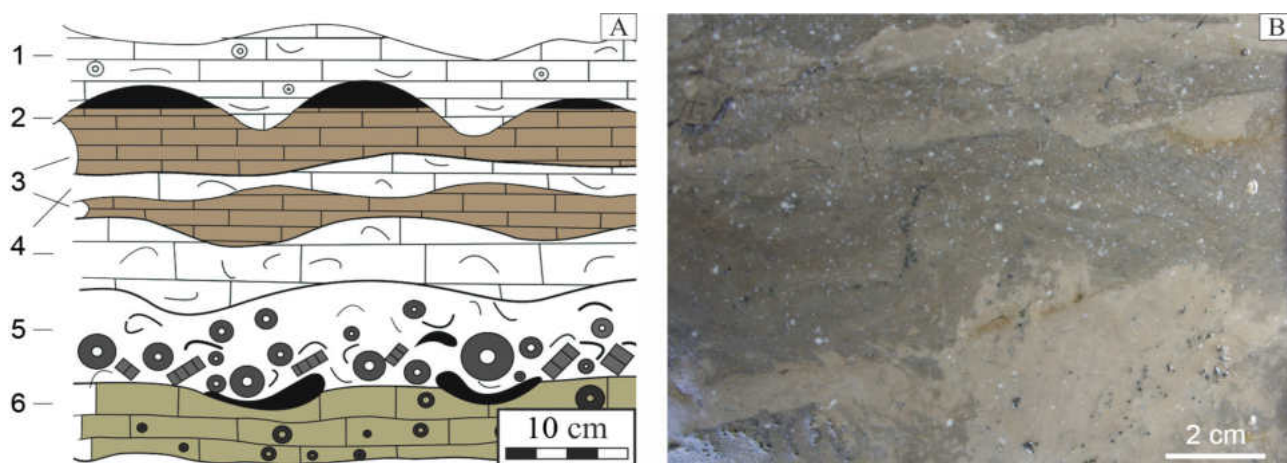


Рисунок 4. Текстуры особенностей известняков. А – эрозионное налегание слоев в пачке 53 (полевая зарисовка Л.А. Шмелевой). 1 – микробально-пелитоморфные известняки; 2 – микрокомковатый известняк; 3 – тонкозернистые пелитоморфные известняки; 4–6 – различия биокластовых известняков. В – текстура взмучивания на границе биокластовых и пелитоморфных известняков пачки 54.

Figure 4. Textural features of limestone. A – the erosion unconformity of layers unit 53 (field sketch by L. A. Shmeleva). 1 – microbial-pelitimorphic limestone; 2 – the micropellets limestone; 3 – wackstone; 4–6 – differences types of bioclastic limestone. B – roiling texture at the boundary of bioclastic and pelitimorphic limestone of the unit 54.

поверхностью размером до 20 см, а в самой кровле пачки – тоненькие линзочки толщиной 2–3 мм.

58. Шламовые известняки с многочисленными и разнообразными по морфологии кремнистыми образованиями.....2,0
 Породы слоистые в нижней части пачки и массивные – в верхней. Кремни по форме подразделяются на вытянутые горизонтальные прослои и линзы, неправильные, причудливые стяжения, лепешковидные конкреции с неровной, слабо бугорчатой поверхностью и окремнения по органическим остаткам [7, 9]. В желваках повсеместно наблюдаются реликтовые органогенные структуры. Вытянутые горизонтальные прослои и линзы кремней приурочены к подошве пачки. Кремни неправильной, причудливой формы встречаются в основном в средней части пачки и реже в ее кровле, к которой приурочены вытянутые лепешковидные конкреции и окремненные органические остатки.
- Не обнаженный участок.....1,0
59. Массивные светло-серые (почти белые) мелкозернистые биокласто-водорослевые известняки с единичными створками мелких (до 1 см) брахиопод.....2,1
60. Фораминиферо-водорослевые известняки с единичными ругозами в верхней части пачки.....4,0
 Породы имеют массивное сложение, за исключением основания, где наблюдается линза темного слоистого известнякового биокластового песчаника мощностью 10–20 см. Слоистость в ней обусловлена ориентацией удлиненных компонентов.
61. Массивные крупнобиокластовые водорослевые известняки с многочисленными кремнями.....4,9

Вблизи подошвы пачки наблюдаются довольно крупные лепешковидные конкреции с неровной слабо бугорчатой поверхностью. Выше по разрезу преобладают кремни неправильной формы в сочетании с небольшим количеством округлых концентрически-зональных конкреций небольшого размера.

62. Водорослевые и крупнобиокластовые криноидно-водорослевые известняки.....3,8
 Основную массу пород (до 60 %) образуют остатки красных (*Ungdarella*) и зеленых (*Donezella* и филлоидных) водорослей. Биокластовый материал, членики криноидей, редкие обломки брахиопод составляют не более 20 % от объема породы. Встречаются единичные, иногда окремненные фрагменты колоний *Chaetetes*. На отмытых поверхностях наблюдаются неясно выраженные косо- и горизонтально слоистые текстуры, обусловленные ориентировкой удлиненных компонентов.
- Не обнаженный участок.....5,3
63. Водорослевые и биокластовые известняки.....3,8
 В основании пачки в интервале 0,7 м наблюдается переслаивание маломощных слоев (0,2–0,3 м) биоморфных водорослевых известняков с члениками криноидей и шламовых горизонтально слоистых известняков. На них залегает прослой органогенного песчаника мощностью 0,2 м, выше которого наблюдается чередование среднебиокластовых массивных водорослевых и водорослево-фораминиферовых известняков, слагающих пласты 0,5–1,5 м, с полибиокластовыми, менее мощными (0,3–0,6 м). К водорослевым и водорослево-фораминиферовым известнякам приурочены редкие кремни

неправильной формы с сохранившимися органогенными компонентами.

Не обнаженный участок.....2,5

Асатауский горизонт

64. Биокластовые и водорослевые известняки.....2,2
В основание и кровле данная пачка сложена биокластовыми водорослевыми известняками, в средней части наблюдаются часто переслаивающиеся мало-мощные (0,1–0,3 м) слои массивных биоморфных водорослевых, криноидно-фораминиферовых, криноидно-водорослевых и полибиокластовых известняков.
65. Светло-серые массивные биоморфные водорослевые известняки.....1,6
Мощность отдельных пластов – 0,7–0,9 м. Породы содержат редкие желваки темных кремней размером до 0,5–0,7 м в поперечнике.
66. Светло-серые биокластовые известняки.....2,7
Пачка состоит из трех слоев мощностью 0,2, 0,7, 1,8 м с одинаковым строением. В их основании наблюдаются скопления брахиопод и члеников криноидей, количество которых к кровле слоев заметно уменьшается. В последнем из них встречаются единичные колонии *Chaetetes* (до 6–7 см толщиной и 25 см длиной).
67. Светло-серые биокластово-водорослевые известняки с многочисленными члениками криноидей и кораллами.....11,0
Мощность отдельных пластов – 0,7–0,9 м. Кораллы в составе пород встречаются редко, только в основании пачки залегает пласт (0,4 м), переполненный кораллами, преимущественно *Syringopora*, *Chaetetes* и в меньшей степени *Rugosa*. Колонии кораллов чаще всего захоронены в опрокинутом состоянии. Породы подвержены выборочному окремнению по остаткам крупных биокластов (криноидей и кораллов).

Общая мощность архангельского (верхнебашкирского) подъяруса составляет 58,3 м.

Литологический состав пород

Типы пород

Согласно проведенным исследованиям, изученный разрез сложен преимущественно известняками (см. предыдущий раздел, а также публикации [6, 7]). Среди них можно выделить группы пород *биогенного*, *хемобиогенного* и *механогенного* генезиса. Биогенные известняки в зависимости от принадлежности и сохранности форменных структурных компонентов подразделяются на *зоогенные*, *фитогенные*, *биоморфные* и *биокластовые* различия. Хемобиогенные породы представлены тонкозернистыми различиями *пелитоморфных* и *микробиально-пелитоморфных* известняков. Среди обломочных пород выделяются *известняковые биокластовые песчаники* и *литокластовые известняки*.

Известняки биоморфные зоогенные. Единственный пласт известняков этого типа мощностью 0,4 м встречен в нижней части пачки 67. Он сложен преимущественно колониями кораллов *Syringopora*, *Chaetetes* и в меньшей степени *Rugosa*, сильно сгруппированных и чаще всего захоро-

ненных в опрокинутом состоянии. Для известняков характерно выборочное окремнение по остаткам крупных криноидей и кораллов.

Известняки фитогенные (водорослевые) представлены толстоплитчатыми светлыми, коричневато-серыми, массивными породами. Основная их часть образована остатками водорослей (55–80 %) унгдарелл, березелл (рис. 5 А, В) и донецелл (с преобладанием того или иного вида). Встречается биокластовый материал (5–10 %). Он не окатан и равномерно распределен по объему пород без какой-либо сортировки. Матрикс этих известняков (20–45 %) представлен пятнисто расположенными участками микритового и комковато-сгусткового строения, реже крустификационным и спаритовым поровым цементом. В зависимости от сохранности остатков водорослей в данном типе известняков выделяются *биоморфные* и *фитокластовые* различия.

Известняки биокластовые (рис. 5 С, D) сложены преимущественно средним и крупным биокластовым материалом. Размер органогенных компонентов обычно колеблется от 0,7 до 1,5 мм, в отдельных случаях – до 2,5–3 мм. Наибольшее значение среди них играют водорослевые, фораминиферовые, криноидные и брахиоподовые фрагменты. В зависимости от их количества выделяются водорослево-фораминиферовые и фораминиферо-водорослевые, водорослевые, криноидные, криноидно-водорослевые и брахиоподовые, а также полибиокластовые различия. В значительно меньшей степени встречаются мелкобиокластовые и шламовые известняки.

Известняки пелитоморфные и микробиально-пелитоморфные (рис. 5 Е, F) представлены темными, коричневато-серыми породами, на выветрелой поверхности которых часто наблюдается слоистость в виде чередования темных и светлых полосок. При макроскопическом изучении эти породы часто имеют сложное строение и сложные взаимоотношения с другими известняками. К ним часто приурочены своеобразные текстуры «взмучивания» (см. рис. 4 В), образующиеся при переходе пелитоморфных известняков в микробиально-пелитоморфные, реже – в биокластовые. Микроскопически пелитоморфные известняки состоят на 80–95 % из темной микрозернистой массы, в которой рассеян мелкобиокластовый материал. Микробиально-пелитоморфные различия отличаются наличием неявно выраженной микрокомковато-сгустковой структурой.

Мелкообломочные известняковые конгломераты (литокластовые известняки). Обломочный материал в конгломератах слагает до 20–30 % от объема породы (рис. 5 G–J). Обломки известняков в различной степени окатаны и представлены следующими типами: темными (до 15 %) и более светлыми (5 %) пелитоморфными и мелкобиокластовыми (на 25 % сложенными водорослями унгдарелла и кальцисферами) известняками, сцементированными микритовым кальцитом (до 10 %). Размер обломочного материала колеблется от первых миллиметров до 5–7 см (преобладают гальки размером около 2–3 см). Матрикс конгломератов представлен биокластовой массой, сложенной мелкими (0,1–0,5 мм) фораминиферами, фрагментами брахиопод, обрывками водорослей унгдарелла, редкими члениками криноидей.

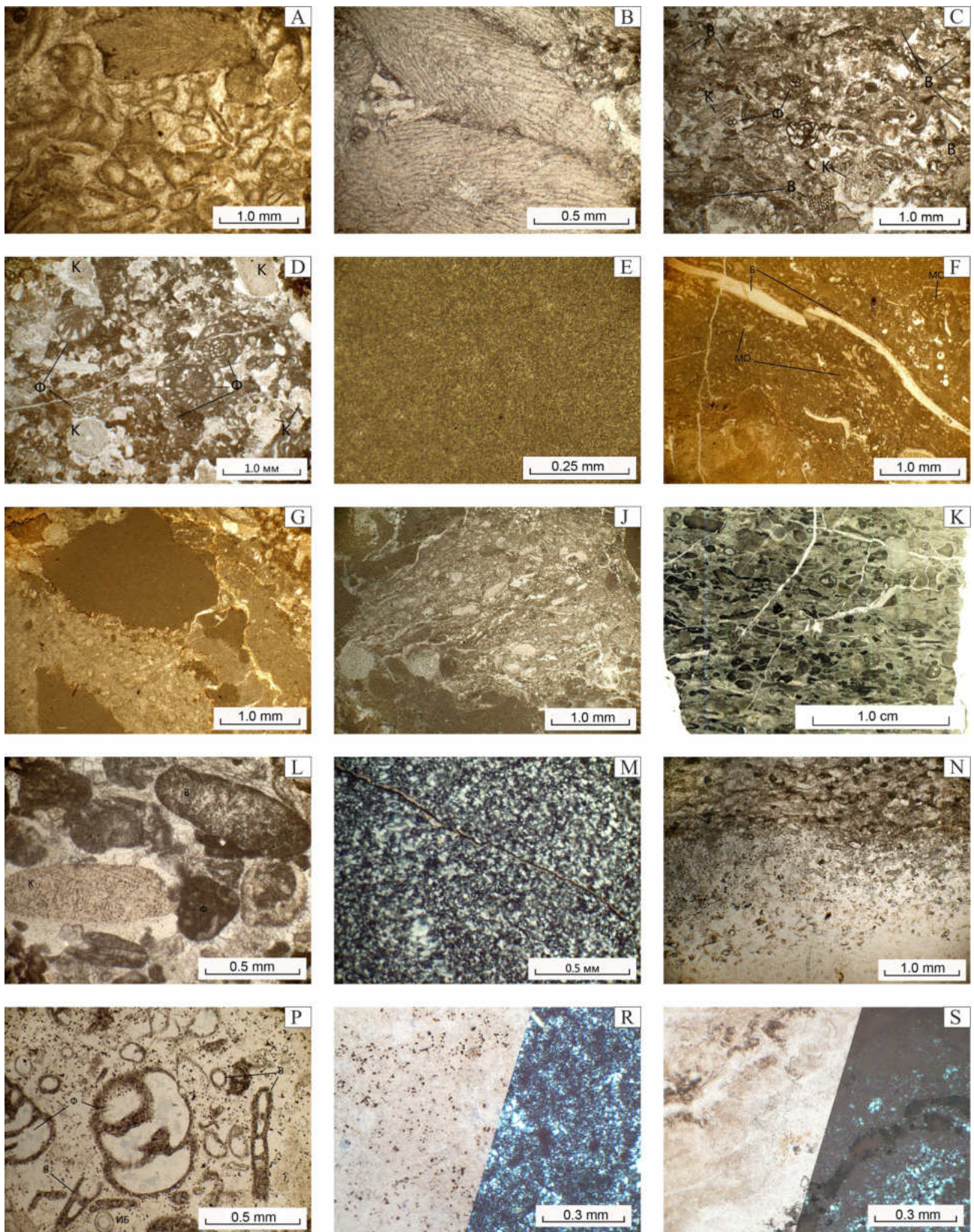


Рисунок 5. Микрофотографии литологических типов известняков (А–К) и особенности строения кремнистых образований (Л–С). А–В – биоморфный водорослевый березелловый (А), шл. 11Шр56/458, и унгарелловый (В), шл. 11Шр56/454; С – фито-биокластовый водорослево-фораминиферовый, шл. 11Шр56/408; D – биокластовый криноидно-фораминиферовый, шл. 11Шр56/457; E – пелитоморфный, шл. 11Шр56/401; F – тонкостенные раковины брахиопод и микробальные образования (МО) неясного систематического происхождения в пелитоморфной массе, шл. 11Шр56/403; G – гравелитовый матрикс (обломки пелитоморфных известняков) в известняковом конгломерате, шл. 11Шр56/404; J – биокластовые известняки, выступающие в конгломератах в роли связующей массы, шл. 11Шр56/406; K – известняковый биокластовый песчаник, шл. 11Шр56/406; L – окатанные структурные компоненты в спаритовом (регенерационном) кальците (увеличенный фрагмент К); M – микрогранобластическая текстура кварц-халцедоновой конкреции (шл. 11Шр56/425); N – зона перехода кремня (нижняя часть снимка) к вмещающей породе (шл. 11Шр56/428); P – теньевые реликтовые текстуры фораминифер, водорослей

и игл брахиопод в кремнистых образованиях, шл. 11Шр56/436; R-S – микрофотографии кремней с тромболиковыми (R, шл. 11Шр56/435) и строматолитовыми (S, шл. 11Шр56/464) теньевыми структурами. Буквенные обозначения на снимках: криноидеи (К), фораминиферы (Ф), водоросли (В), брахиоподы (Б), иглы брахиопод (ИБ). Снимки А-L, N-P и левая сторона R-S сделаны без анализатора, а М и правая сторона R-S – с анализатором.

Figure 5. Microphotographs of thin slices of lithological types of limestones (A-K) and structural features of siliceous concretions (L-C).

A-B – algae biomorphic limestone with *Beresella* (A, sample 11Шр56/458) and *Ungdarella* (B, smp. 11Шр56/454); C – phyto-, bioclastic limestone, smp. 11Шр56/408; D – bioclastic limestone, smp. 11Шр56/457; E – pelitomorph limestone, шл. 11Шр56/401; F – thin-walled brachiopod shells and microbial creations in a pelitomorph matrix, smp. 11Шр56/403; G – rubbles of pelitomorph limestones from gravelly matrix of conglomerates, smp. 11Шр56/404; J – bioclastic limestones – matrix of conglomerates, smp. 11Шр56/406; K – bioclastic calcareous sandstone, шл. 11Шр56/406; L – rounded biosparite (enlarged area of the microphotograph K); M – micro granoblastic texture of quartz–chalcedony nodule (smp. 11Шр56/425); N – the transition zone of the chert (lower part of the image) into the host limestone (smp. 11Шр56/428); P – relict textures of foraminifera, algae and brachiopod spines in the chert nodules, smp. 11Шр56/436; R-S – microphotographs of chert thin slices with thrombolite (R, smp. 11Шр56/435) and stromatolite (S, шл. 11Шр56/464) relict structures. Letter designations in the pictures: crinoidea (К), foraminifera (Ф), algae (В), brachiopods (Б), brachiopod spines (ИБ), microbial creations (МО). Pictures A-L, N-P and the left side of R-S were taken without an analyzer, and picture M and right side of R-S were taken with an analyzer.

Известняковые биокластовые песчаники (см. рис. 5 К-L). Породы имеют обычно темную окраску. От биокластовых известняков они отличаются хорошей окатанностью структурных компонентов (рис. 5 J, L). Основную часть этих пород (60–80 %) составляют обломки (0,7–1,3 мм) красных водорослей и морских лилий, в значительном количестве присутствуют слабоокатанные фрагменты раковин брахиопод и фораминифер. Цемент – поровый, сложенный микритовым и спаритовым кальцитом, реже пленочный регенерационный вокруг члеников криноидей.

Вторичные изменения известняков

Грануляция, перекристаллизация и доломитизация.

Основные изменения известняков в большей степени проходили на стадии диагенеза. При микроскопическом изучении пород по всему разрезу можно наблюдать признаки пелитизации биокластов, окруженных микробиальными пленками, незначительное корродирование структурных компонентов и формирование регенерационного кальцита вокруг члеников криноидей. Следы перекристаллизации известняки содержат в крайне незначительном количестве. Отмечаются лишь единичные слои в интервале пачек 53–61, где биокластовый материал частично гранулирован. Доломитизация отмечается только в пачке 55 в виде небольших участков в сочетании с порами, выполненными яснокристаллическим кальцитом с тонкими пленками ожелезнения.

Окремнение. В отложениях верхнебашкирского подъяруса присутствуют многочисленные желваки и линзы кремней различного размера и степени замещения пород кремнеземом. Основная их масса приурочена к нижней части разреза. Здесь в составе пород пачек 58 и 61 они встречаются в виде уплощенных стяжений и образований со сложной и причудливой формой, множеством выростов, бугров, шипов, ориентированных как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. В верхней части разреза (пачки 63, 65) встречаются лишь единичные слои с кремнистыми стяжениями. Вне зависимости от формы, размера и расположения кремни сложены тонко- и микрозернистым халцедоном и кварцем (см. рис. 5 М), практически нацело замещающими известняки. Переход кремней-известняк визуально резкий, поверхность стяжений обычно гладкая, реже шероховатая, однако под микроскопом она размыта и на толщину 0,3–0,5 мм имеет смешанный кремнисто-карбонатный состав (см. рис. 5 N).

Почти во всех случаях в кремнях присутствуют в различной степени сохранности теньевые структуры. Преи-

мущественно они совпадают со структурами вмещающих пород (см. рис. 5 Р). Обращает на себя внимание, что в биокластово-водорослевых и водорослевых известняках с большим количеством обрывков водорослей *Donezella* (пачки 58, 61 и 65) с микрокомковато-сгустковым матриком были встречены кремни с теньевыми микробиальными структурами. Они образуют прослойки, линзочки и стяжения неправильной формы. Теньевые структуры этих кремней можно подразделить на тромболитовые и строматолитовые (см. рис. 5 R-S), образованные в толще частично литифицированных карбонатных биокластово-водорослевых и водорослевых осадков, включавших в себя различное количество микробиальных образований (фенестровый микрокомковато-сгустковый матрикс, тромболитовые желвачки, почкообразные строматолиты) [9].

Распространение выделенных литотипов пород в верхнебашкирском разрезе

Анализ распространения выделенных литотипов по разрезу показывает, что биокластовые известняки слагают большую его часть (см. рис. 3). Среди них водорослево-фораминиферовые (фораминиферо-водорослевые) и водорослевые разности наиболее распространены. Так, *водорослево-фораминиферовые* и *фораминиферо-водорослевые* известняки наблюдаются в основном в нижней части разреза, при незначительном распространении в верхней, где слагают лишь небольшой прослой мощностью 0,5 м. Это толстоплитчатые, массивные, часто в различной степени перекристаллизованные, преимущественно крупнобиокластовые породы. *Водорослевые* разности также слагают основную долю нижней части разреза, хотя в верхней пользуются уже значительно большим распространением по сравнению с водорослево-фораминиферовыми и фораминиферо-водорослевыми. В разрезе встречаются в виде пластов мощностью от 0,5 м до 2–3 м и представлены массивными известняками, образованными прежде всего крупным фитогенным материалом. В верхней части разреза данный тип пород встречается в виде небольших пластов мощностью 0,2–1,0 м, а также слагает 2-метровый интервал (основание пачки 62) толстоплитчатых массивных известняков. *Криноидные* разности слагают лишь небольшой, волнисто-наслоенный слой мощностью в 5–6 см в интервале разреза с эрозионным налеганием слоев примерно в 4 м от основания верхнебашкирских отложений. *Криноидно-водорослевые* разности встречаются в верхней части разреза в виде различных по мощности пластов – от 0,2 до 2,7 м. Это породы в основном со сло-

истой (неясной, косо́й или линзовидной) текстурой, обусловленной распределением органогенных компонентов. *Криноидно-фораминиферовые* известняки встречаются только в нижней части разреза и слагают маломощные слои от 0,1 до 0,25 м и представлены темными массивными среднебиокластовыми породами. *Брахиоподовые* разности встречаются также в виде небольших слоев мощностью 15–20 см в нижней части разреза. Известняки *полибиокластовые* пользуются достаточно ограниченным распространением. Они наблюдаются лишь в верхней части разреза в виде небольших слоев мощностью 0,25–0,6 м. Шламовые разности характерны для нижней части разреза, слагают пласты массивных и слоистых известняков мощностью от 0,5 до 2 м.

Пелитоморфные и *микробиально-пелитоморфные слоистые* известняки встречаются в нижней части разреза в виде слоев небольшой мощности 0,05–0,75 м. К ним часто приурочены своеобразные текстуры «взмучивания», приуроченные к зоне перехода пелитоморфных известняков в микробиально-пелитоморфные, реже в биокластовые. Данные текстуры представляют собой или плохо различимую границу между двумя литологическими разностями, или прихотливо изгибающуюся линию, закручивающуюся в сложные витиеватые узоры. Участками она отсутствует, и

в этом случае наблюдается постепенный переход от одной разности к другой.

Обломочные известняки встречаются гораздо реже всех остальных литотипов пород. Пачка *известковых мелкообломочных конгломератов* мощностью около 1 м залегает в основании верхнебашкирских отложений. *Известняковые биокластовые песчанники* слагают лишь линзы неясно слоистого характера мощностью 10–20 см в основании пачки 63 и средней части пачки 64.

Изотопный состав углерода и кислорода в верхнебашкирских известняках

Изотопный состав углерода и кислорода известняков изученных отложений варьирует в широких пределах: $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = 0,3...3,9 \text{ ‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 19,0...24,3 \text{ ‰}$ (табл. 2) [10]. Как можно заметить, область полученных значений находится за пределами поля современных осадочных морских карбонатов ($\delta^{13}\text{C} = -2...2 \text{ ‰}$; $\delta^{18}\text{O} > 28 \text{ ‰}$) [11–13]. В то же время среднестатистический состав стабильных изотопов углерода верхнебашкирских карбонатных отложений, полученный из брахиопод и слабоизмененных карбонатов Восточно-Европейской платформы [14, 15], находится в пределах 3,6...6,5 ‰ (среднее арифметическое – 5,5 ‰ PDB), кислорода – 18,9...29,0 ‰ (среднее арифметическое –

Таблица 2

Результаты анализа изотопного состава углерода и кислорода в верхнебашкирских породах из обн. 56 (река Шарью, гряда Чернышева)

Table 2

The carbon and oxygen isotope value of the Late Bashkirian rocks from the outcrops #56 (Shar'uy river, Chernyshev Ridge)

Шифр обозначения	Пачка	Образец	$\delta^{13}\text{C}, \text{ ‰}$	$\delta^{18}\text{O}, \text{ ‰}$	Пачка	Образец	$\delta^{13}\text{C}, \text{ ‰}$	$\delta^{18}\text{O}, \text{ ‰}$	Пачка	Образец	$\delta^{13}\text{C}, \text{ ‰}$	$\delta^{18}\text{O}, \text{ ‰}$
11Шр 56	52	и-120	1,40	23,10	59	и-146	0,80	19,50	63	и-179	2,90	21,60
	53	и-121	2,00	22,30		и-147	1,70	22,50		и-181	3,10	23,50
		и-122	2,20	22,50		и-149	1,00	21,30		и-183	3,10	22,60
		и-123	0,30	23,20		и-150	0,90	23,40		и-185	2,90	23,70
		и-124	1,70	22,50	и-151	2,60	22,70	и-187	3,40	22,30		
	54	и-125	2,40	22,90	и-153	2,60	22,50	64	и-189	3,40	23,10	
		и-126	2,80	22,70	и-154	2,80	22,60		и-191	3,60	23,50	
		и-127	2,60	24,10	и-155	2,70	21,90		65	и-193	3,70	22,60
	55	и-128	2,70	24,10	и-157	2,70	22,30	и-195		3,80	23,60	
		и-129	3,10	22,70	и-158	2,70	21,60	66		и-197	3,30	23,70
		и-130	2,70	21,80	и-159	2,90	21,10			и-199	3,80	21,60
	56	и-131	2,80	22,40	61	и-161	3,00	21,90	67	и-201	3,7	21,7
		и-132	2,80	22,80		и-162	3,00	21,50		и-202	3,8	22
		и-133	2,80	22,80		и-163	2,90	21,80		и-203	3,8	22,6
	57	и-134	2,40	22,00		и-165	2,80	22,90		и-204	3,6	21,3
		и-135	2,60	23,40		и-166	2,50	22,70		и-205	3,6	21,7
	58	и-137	2,30	21,80		и-167	2,60	22,80		и-206	3,7	22,7
		и-138	2,00	21,10		и-169	3,10	21,70		и-207	3,7	22,6
		и-139	1,50	21,30		и-170	3,00	22,30		и-208	3,8	23,1
		и-141	1,50	22,40		и-171	3,00	23,40		и-209	3,9	22,4
	59	и-142	0,70	19,00		62	и-173	2,80		23,90	и-210	3,5
		и-143	1,00	20,20	и-175		2,60	22,70	и-211	3,6	21,9	
		и-145	1,90	22,60	и-177		2,90	21,90				

Примечание. * Значения $\delta^{13}\text{C}$ приведены к стандарту PDB, $\delta^{18}\text{O}$ – SMOW. Анализы проводились И.В. Смолевой в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН.
Note. * $\delta^{13}\text{C}$ values fit the PDB standard, $\delta^{18}\text{O}$ – SMOW standard. Analyses were conducted at Geonauka Center for Collective Use of the IG Komi SC UB RAS by I.V. Smoleva.

28,85 ‰ SMOW¹), а в гипостратотипе башкирского яруса – в разрезе р. Аскын $\delta^{13}\text{C} = 0,7...4,1$ ‰; $\delta^{18}\text{O} = 24,4...30,0$ ‰ [13]. В то же время результаты анализа изотопного состава углерода и кислорода изученных пород в изученном разрезе (см. рис. 3) показывают, что вариации $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ зависят как от литологического состава пород, так и от их стратиграфической приуроченности. На этом основании отложения архангельского подъяруса в изученном разрезе разделены на пять интервалов (см. рис. 3): I – пачки 52–59, II – пачки 60, 62, III – пачка 63, IV – пачки 64, 65, V – пачки 66, 67.

Разрез первого из них мощностью 14,5 м сложен преимущественно мелко- и тонкобиокластовыми известняками с обилием кремнистых стяжений. Величины изотопного состава углерода и кислорода на этом интервале преимущественно уменьшаются в среднем на 3–4 ‰. Интересно, что эти величины здесь меняются вслед за изменениями условий осадконакопления, образующими четыре трансгрессивных последовательности, сложенных отличными друг от друга ассоциациями пород (см. рис. 3).

В основании разреза после слоя с известняковым конгломератом выступает ассоциация известняков, тонко-мелкозернистых, пелитоморфно-микробиальных, шламовых и фитокластово-шламовых (пачки 52, 53). Сменяет их по разрезу пачка брахиоподово-криноидных мелкобиокластовых известняков (пачка 54). На этих двух интервалах значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют около среднего в пределах 22,3...23,2 ‰, а изотопный состав углерода постепенно утяжеляется от 1,40 до 2,8 ‰. На границе между ними в пробе из известняков средней части пачки 53 (11Шр56/53и-123) с текстурами интенсивного взмучивания и эрозионной поверхности наблюдается аномальная величина $\delta^{13}\text{C} = -0,3$ ‰ (см. рис. 3). На интервале пачек 55–58 преобладают шламовые и мелкозернистые био-фитокластовые известняки, часто содержащие мелкие желваки и прослои кремней. Изотопный состав как углерода, так и кислорода на этом интервале постепенно облегчается и в шламовых известняках пачки 58 достигает соответственно 1,5 и 21,3 ‰. В пачке 59, сложенной массивным тонко-мелкозернистым, почти белым известняком, наблюдаются резкие синхронные колебания изотопных соотношений с амплитудой 1,5 ‰ ($\delta^{13}\text{C}$) и 3,5 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$), обусловленные, по всей видимости, влиянием совокупности седиментационных и эпигенетических факторов. Так, несмотря на визуальное однородное строение, известняк данной пачки имеет довольно разнообразный литологический состав. Согласно микроскопическому изучению шлифов пород, здесь снизу вверх по разрезу наблюдается смена шламового известняка (обр. 58Шр56/919а) микробиально-фитокластовым (обр. 11Шр56/430) и фитокластовым (обр. 58Шр56/919в). Меняется состав основных и второстепенных компонентов пород. В средней части пачки преобладают обрывки талломов сифониковых водорослей, а в верхней – ундарелл. В шламовом известняке отмечается лишь редкая примесь мелкого криноидного лома, выше него порода содержит уже небольшое количество мелко-среднеразмерной полибиокластовой примеси (криноидеи, брахиоподы, фораминиферы), а ближе к кровле

количество мелких обломков члеников криноидей достигает 5 ‰.

Визуальные проявления эпигенетических процессов (трещиноватости, кальцитовых прожилков, стилолитов, грануляции компонентов и перекристаллизации) в породах данного интервала отсутствуют. В отличие от вмещающих пород известняки пачки 59 имеют светлую, практически белую окраску. А в составе пород отмечаются пониженные содержания стронция (среднее по разрезу равно 250 г/т), в то же время соотношения содержаний Mn/Sr близки к 1 (пороговому значению для не измененных известняков [17]).

На интервале II (пачки 60–62) мощностью 12,7 м разрез сложен сериями светлых водорослевых и биокластово-водорослевых известняков с единичными слоями, содержащими желваки кремней. Изотопный состав углерода здесь устанавливается в пределах 2,5...3,1 ‰, а кислорода – 21,1...23,9 ‰. На границе с отложениями предыдущего интервала наблюдается выход линзы известнякового биокластового песчаника (обр. 11Шр56/60и-150) с аномальным изотопным составом. В нем $\delta^{13}\text{C}$, так же как и в подстилающем слое, равна 0,90 ‰, а $\delta^{18}\text{O}$ больше близки к значениям перекрывающих слоев 23,40 ‰ (см. рис. 3).

По литологическому составу на этом интервале снизу вверх по разрезу последовательно сменяются три породных ассоциации: фитокластовых и биоморфных водорослевых известняков (пачка 60); мелкозернистых био-фитокластовых, фитокластовых и известняков с кремнями (пачка 61); биоморфных водорослевых известняков (пачка 62). Как можно заметить, породы этих ассоциаций сложены преимущественно водорослевыми остатками. Однако по родовой принадлежности и размеру они имеют значительные отличия. В нижней части пачки 60 среди основных структурных компонентов преобладают обрывки красных водорослей *Ungdarella* грубой размерности, выше по разрезу до верхней части пачки 62 – мелко- и среднеразмерные остатки зеленых водорослей *Donezella* и *Dvinella*, а до конца пачки 62 в биоморфных известняках – водоросли *Ungdarella*. Одновременно с данными изменениями происходят колебания состава изотопов кислорода: в пачке 60 облегчается от 23,0 до 21,1 ‰, в пачке 61 утяжеляется до 22,8, в основании пачки 62 резко падает до 21,7 ‰, затем возрастает к 23,9 ‰ и снова падает до 21,9 ‰.

Отложения III интервала (пачка 63) отделены от вмещающих отложений не обнаженными участками. На этом интервале залегают пластовые преимущественно микробиально-фитокластовые известняки с включениями редких кремней неправильной формы и прослоями биоморфных водорослевых, шламовых и микробиальных карбонатов. При этом в составе структурных компонентов по всему объему преобладают остатки зеленых водорослей и микробиальных образований. Изотопный состав углерода здесь устанавливается в пределах 2,9...3,1 ‰, а кислорода – скачкообразно утяжеляется от 21,6 до 23,7 ‰.

На интервале IV (мощностью 3,8 м) породные ассоциации по литологическому составу и строению в пачке 64 схожи с подстилающими отложениями, где было выявлено чередование пластовых фитокластовых известняков и серий тонкоплитчатых известняковых песчаников, био-

¹ Пересчитано по формуле $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1,03091 \delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} + 30,91$ ‰ [16].

морфных водорослевых и криноидно-фораминиферовых разностей. Разрез пачки 65 сложен толстоплитчатыми биоморфными водорослевыми известняками с редкими крупными желваками темных кремней. В составе пачки отмечается частая смена слоев, образованных водорослевыми остатками различной родовой принадлежности. Если в основании данной толщи среди породообразующих компонентов известняков талломы красных и зеленых водорослей встречаются в равной степени, то выше по разрезу наблюдается чередование слоев био-фитокластовых известняков, в которых преобладают либо первые, либо вторые, а также микробиальные образования. Изотопный состав углерода здесь находится в пределах 3,4...3,7 ‰, а $\delta^{18}\text{O}$ постепенно увеличивается от 22,3 до 23,5 ‰.

Отложения интервала V (мощностью 13,7 м) образованы толстоплитчатыми биокластово-водорослевыми известняками с заметным содержанием члеников криноидей и редкими обломками колоний кораллов *Chetetis*, *Syryngopora* и *Rugosa* (размером до 25 см в наибольшем измерении). В разрезе данной части разреза последовательно наблюдается смена интервалов, сложенных ассоциациями известняков: крупнокомпонентных био-фитокластовых и фито-биокластовых известняков (основная часть пачки 66); биоморфных водорослевых; среднекомпонентных фитокластовых; средне-мелкокомпонентных био-фитокластовых и биокластовых (см. рис. 3). В составе пород данного интервала, как и в отложениях интервала IV, основную роль попеременно играют остатки зеленых и красных водорослей. В большей степени здесь встречаются органические компоненты, особенно фораминиферы, например, в ассоциации биоморфных водорослевых известняков (основание пачки 67). В то же время в отличие от вмещающих толщ породы подвержены лишь выборочному окремнению по некоторым членикам криноидей или фрагментам кораллов.

Изотопный состав углерода интервала V в ассоциации крупнокомпонентных био-фитокластовых и фито-биокластовых известняков (пачка 66) слегка облегчается на 0,5 ‰, а выше утяжеляется на ту же величину и устанавливается в пределах 3,5...3,9 ‰. В то же время величины $\delta^{18}\text{O}$ варьируют в пределах 21,3...24,3 ‰. В целом изотопный состав кислорода имеет тенденцию к утяжелению с тремя отрицательными скачками в основании ассоциации биоморфных водорослевых известняков (до 21,7 ‰), в основании пачки фитокластовых известняков (до 21,3 ‰) и на границе с отложениями московского яруса (до 21,9 ‰).

Условия осадконакопления

Обращает на себя внимание, что от одного выделенного интервала разреза к другому меняется не только их литологическое содержание, напластование и изотопно-геохимический состав, но и ритмичность отложений (см. рис. 3). По характеру развития и смене трансгрессивно-регрессивных последовательностей можно предположить, что выделенные интервалы соответствуют отдельным седиментационным циклам.

Первый из них накапливался, по всей видимости, в относительно нестабильной гидродинамической обстановке.

Дно палеобассейна в это время испытывало регулярные кратковременные резкие поднятия и более медленные опускания. В результате этих процессов в разрезе данного цикла формировались только трансгрессивные последовательности обычно небольшой мощности (до 2–3 м). К основанию этих последовательностей приурочены обычно литокластовые и мелкобиокластовые известняки, а в породах наблюдаются текстуры интенсивного взмучивания осадка и эрозионные срезывы (см. рис. 3). В средней и заключительной частях данных трансгрессивных последовательностей в ассоциации с пелитоморфными и шламовыми известняками наблюдаются уровни окремнения, характеризующиеся развитием разнообразных по морфологии и размеру кремневых образований, что является весьма характерным для среднекаменноугольных отложений на Печорском Урале [18].

Отложения второго седиментационного цикла накопились в более спокойной гидродинамической обстановке. Основная часть этих пород относится к группам биоморфных водорослевых и фито-кластовых известняков, что говорит о господстве относительно мелководных условий осадконакопления с образованием основной части породообразующих компонентов в фотической зоне моря. Скорость колебания уровня моря в это время была более продолжительной, чем ранее. На это указывает наличие в строении седиментационного цикла относительно более мощных (4–5 м) последовательностей как трансгрессивного, так и регрессивного типа (см. рис. 3). В основании первых отмечаются известняковые песчаники и водорослевые (унгдарелловые) известняки с неясно выраженными косослоистыми текстурами, а после максимума трансгрессии накапливался уже мелко-среднеразмерный биокластовый материал и обрывки талломы зеленых водорослей, а также формировались желваки кремней различной морфологии [Там же].

Несколько схожие обстановки осадконакопления господствовали во время формирования III и IV седиментационных циклов. В их строении также участвуют и трансгрессивные, и регрессивные последовательности. Однако мощность отдельных циклитов не превышает 1 м, что может свидетельствовать о более частых эвстатических колебаниях. Большинство изученных пород этих циклов скреплены микритовым материалом, и лишь в основании трансгрессивных последовательностей – спаритовым цементом. Море так же, как и прежде, было относительно мелководным, на что указывает большое количество фитокластового материала. Возможно, в это время зона формирования верхнебашкирских отложений Средних ворот на р. Шарью находилась в области развития шельфовых лагун со свободным водообменом. И именно из-за этого в составе пород наблюдается смешение различных типов структурных компонентов: известкового пелитового материала, мелко-среднеразмерных изредка окатанных биокластов и водорослевых фрагментов, а также большое количество микробных образований. В породах этих двух седиментационных циклов также наблюдаются желваки кремней в виде образований неправильной причудливой формы, однако центрами стяжения кремнистого материала, по нашим данным, служили микробные образования (рис. 5 R, S) [9].

Во время формирования V седиментационного цикла обстановки осадконакопления снова установились относительно более глубоководными. Циклиты снова стали более продолжительными. Однако гидродинамика, возможно, еще оставалась весьма активной. Например, на границе регрессивного и трансгрессивных последовательностей выступает пласт (0,4 м) коралловых известняков, в которых колонии захоронены в опрокинутом состоянии. В составе пород отмечается, кроме водорослей, большое количество биокластового материала – члеников криноидей, обломков раковин брахиопод и фрагментов колоний кораллов.

Заключение

Мощность верхнебашкирских отложений в разрезе Средних ворот на р. Шарью составляет 58,3 м. По фауне фузулинид они подразделяются на ташастинский и асатауский горизонты архангельского подъяруса. Нижняя граница (с аскынбашским подъярусом) проводится по первому появлению *Ozawainella* и *Pseudostaffella gorskyi* (Dutk.). В обн. 56 (см. рис. 2) литологически она хорошо выражена. На этом уровне выступает тектонически смятая пачка (1 м) с мелкообломочными конгломератами (пачка 51). Граница ташастинского и асатауского горизонтов попадает на не обнаженный интервал перед пачкой 64 (см. рис. 3), в которой А.И. Николаевым определены *Tikhonovichiella nibelensis* (Raus.) [3]. Граница с отложениями московского яруса соответствует смене в разрезе пластовых серых известняков с большим количеством криноидей и кораллов (пачка 67) желтовато-серыми мелкобиокластовыми известняками с крупными (до 1 м в поперечнике) желваками кремней и с фузулинидами *Depratina prisca* (Deprat) [4].

Условия осадконакопления в начале позднебашкирского времени некоторое время находились под влиянием процессов, приведших к падению уровня моря с литокластовых известняков на рубеже аскынбашского и архангельского веков. Это хорошо видно по характеру ритмичности и построению элементарных циклитов седиментационного цикла I (пачки 52–59), в которых краткосрочные трансгрессии часто сменяются резкими регрессиями. Последующие седиментационные циклы были образованы в относительно более глубоководных условиях. В их строении элементарные циклиты состоят как из трансгрессивных, так и регрессивных последовательностей.

Отличия условий седиментации в разрезе хорошо заметны как по литологическому составу пород, так и по тенденциям изменения изотопии углерода и кислорода в известняках. Так, в основании разреза на интервале пачек 52–54 последовательно выступают ассоциации известняков тонко-мелкозернистых и пелитоморфно-микробиальных, шламовых и фитокластово-шламовых, брахиоподово-криноидных мелкобиокластовых. Здесь сначала наблюдаются постепенное увеличение в составе известняков $\delta^{13}\text{C}$ от 1,40 до 2,8 ‰ и незначительные вариации $\delta^{18}\text{O}$ около среднего в пределах 22,3...23,2 ‰, затем субсинхронное облегчение $\delta^{13}\text{C}$ от 3,1 до 1,5 ‰ и $\delta^{18}\text{O}$ от 24,1 до 21,3 ‰, а в пачке 59 – резкие синхронные колебания отношений

около средних значений $\delta^{13}\text{C}$ 1,18 ‰ и $\delta^{18}\text{O}$ 20,85 ‰. Причем в слоях, отвечающих моментам резких регрессий, отмечены аномальные падения $\delta^{13}\text{C}$: до 0,3 ‰ (11Шр60/53и-123) и до 0,9 ‰ (11Шр60/53и-150).

Выше по разрезу существенно меняется литологический состав отложений. Так, основная часть пород второго седиментационного цикла относится к группам биоморфных водорослевых и фитокластовых известняков. В известняках III и IV седиментационных циклов основными структурными компонентами выступают известковый пелитовый материал, мелко-среднеразмерные биокласты, иногда окатанные, и водорослевые фрагменты, а также большое количество микробных образований. В составе пород V цикла, кроме водорослей, отмечается большое количество биокластового криноидного, брахиоподового и кораллового материалов. В изотопной системе от основания пачки 60 до кровли башкирских отложений наблюдается постепенное утяжеление средних значений $\delta^{13}\text{C}$ от 2,75 до 3,69 ‰. При этом вариации соотношений изотопов углерода в отдельных пачках незначительны. Средние значения соотношений изотопов кислорода практически не меняются и равны 22,18...22,88 ‰ с отклонениями 2–3 ‰. Такой разброс происходит за счет постепенного изменения величин $\delta^{18}\text{O}$ на отдельных интервалах: пачки 60, 62 (верхняя часть) и 66 – уменьшение; пачки 61, 62 (нижняя часть), 63–65, 67 – увеличение. Описанная тенденция может быть обусловлена постепенным установлением условий нормально-морского осадконакопления, с периодическими активизациями гидродинамического режима.

Литература

1. Елисеев, А.И. Стратиграфия и литология каменноугольных отложений гряды Чернышева / А.И. Елисеев; отв. ред. А.А. Чернов. – Москва–Ленинград: Изд-во АН СССР, 1963. – 173 с.
2. Постановление о расчленении на подъярусы башкирского и московского ярусов каменноугольной системы / отв. ред. А.И. Жамойда // Постановления межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Выпуск 36. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2006. – С. 10–13.
3. Николаев, А.И. Фораминиферы и зональная стратиграфия башкирского яруса востока Тимано-Печорской провинции / А.И. Николаев. – Санкт-Петербург: Недра, 2005. – 158 с. – (Бюлл. ВНИГРИ № 2, 2005).
4. Sandula, A.N. The stratigraphy of The Upper Bashkirian deposits of The Middle Gate outcrop of the Shar'yu River (Chernyshev ridge) (Стратиграфия верхнебашкирских отложений Средних ворот р. Шарью (гряда Чернышева) / A.N. Sandula // Abstract Volum. Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2019. – Fifth All-Russian Conference "Upper Paleozoic of Russia." – September 24–28, 2019, Kazan, Russia. – Казань, 2019. – С. 215–216.
5. Сандула, А.Н. Известняковые брекчии в каменноугольных отложениях Печорского Урала / А.Н. Сандула; отв. ред. А. И. Елисеев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 143 с.

6. Симакова, Л.А. Особенности литологического строения верхнебашкирских отложений р. Шарью / Л.А. Симакова // Геолого-археологические исследования в Тимано-североуральском регионе. Доклады 14 науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – С.11–15.
7. Сандула, А.Н. Литология ташастинского горизонта башкирского яруса среднего карбона в разрезе р. Шарью (гряда Чернышева) / А.Н. Сандула, Л.А. Шмелёва // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар: Геопринт, 2014а. – С 266–267.
8. Кулагина, Е.И. Граница башкирского и московского ярусов (средний карбон) на южном Урале в свете развития фузулинид / Е.И. Кулагина // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 2008 – Т. 83, вып. 1. – С. 33–44.
9. Сандула, А.Н. Кремни и микробиолиты верхнебашкирских отложений на р. Шарью (гр. Чернышева) / А.Н. Сандула // Водоросли в эволюции биосферы: мат-лы II палеоальгологической конф. (10–16 октября 2016 г.) / под ред. Н.К. Лебедевой, А.А. Горячевой. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2016. – С. 148–150.
10. Сандула, А.Н. Изотопия углерода и кислорода отложений ташастинского горизонта р. Шарью (башкирский ярус, средний карбон, гряда Чернышева) / А.Н. Сандула, Л.А. Шмелёва // Виртуальные и реальные литологические модели: материалы 10-го Уральского литологического совещания. – Екатеринбург: 2014б. – С. 169–170.
11. Кулешов, В.Н. Эволюция изотопных систем углекислотно-водных систем в литогенезе. Сообщение 1. Седиментогенез и диагенез / В.Н. Кулешов // Литология и полезные ископаемые. – 2001. – № 5. – С. 491–508.
12. Кулешов, В.Н. Марганцевые породы и руды: геохимия изотопов, генезис, эволюция рудогенеза / В.Н. Кулешов; отв.ред. М.А. Федонкин. – Москва: Научный мир, 2013. – 508 с. – (Тр. ГИН РАН, Вып. 606).
13. Кулешов, В.Н. Гипостратотип башкирского яруса каменноугольной системы (р. Аскын, Башкортостан): литология, изотопные особенности ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) и условия образования карбонатных пород / В.Н. Кулешов, К.М. Седаева, В.М. Горожанин, Е.Н. Горожанина // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2018. – № 6. – С. 41–64.
14. Bruckschen, P., Oesmann, S., Veizer, J. Isotope stratigraphy of the European Carboniferous: proxy signals for ocean chemistry, climate and tectonics // *Chemical Geology*. – 1999. – V. 161. – P. 127–163.
15. Mii, H.-S., Grossman, E.L., Yancey, T.E., Chuvashov, B., Egorov, A. Isotopic records of brachiopod shells from the Russian Platform – evidence for the onset of mid-Carboniferous glaciation // *Chemical Geology*. – 2001. – V. 175. – P. 133–147.
16. Hoefs, J. Stable isotope geochemistry. 5th, completely rev., updated, and enl. – Springer, New York, 2004. – 244 p.
17. Кузнецов, А.Б. Изотопный состав Sr в карбонатных породах Каратавской серии Южного Урала и стандартная кривая вариаций отношения $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ в позднерефрейском океане / А.Б. Кузнецов, М.А. Семихатов, И.М. Горохов, Н.Н. Мельников, Г.В. Константинова [и др.] // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2003. – Т. 11, № 5. – С. 3–39.
18. Сандула, А.Н. Кремнистые образования в карбонатных породах среднего карбона бассейна Верхней Печоры / А.Н. Сандула, Е.С. Пономаренко // Литогенез и геохимия осадочных формаций. – № 6. – Сыктывкар: Геопринт, 2007. – С. 32–45. – (Тр. ИГ КНЦ УрО РАН. Вып. 121).

Reference

1. Eliseev, A.I. Stratigrafiya i litologiya kamennougolnyh otlozhenij gryady Chernysheva [Stratigraphy and lithology of Carboniferous deposits of the Chernyshev Ridge] / A.I. Eliseev, executive editor A.A. Chernov – Moscow–Leningrad: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1963. – 173 p.
2. Postanovlenie o raschlenenii na podjarusy bashkirskogo i moskovskogo yarusev kamennougolnoj sistemy [Resolution on the division of the Bashkirian and Moscowian of the Carboniferous] / executive editor A.I. Zhamoida // Postanovleniya mezhhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannyh komissij [Resolutions of the interdepartmental stratigraphic committee and its permanent commissions]. – Issue 36. – St. Petersburg: VSEGEI, 2006. – P. 10–13.
3. Nikolaev, A.I. Foraminifery i zonalnaya stratigrafiya bashkirskogo yarusa vostoka Timano-Pechorskoy provintsii [Foraminifera and zonal stratigraphy of the Bashkirian of the East of the Timan–Pechora province] / A.I. Nikolaev. – St. Petersburg: Nedra, 2005. – 158 p. (Bull. VNIGRI No. 2, 2005).
4. Sandula, A.N. The stratigraphy of The Upper Bashkirian deposits of The Middle Gate outcrop of the Sharyu River (Chernyshev ridge) / A.N. Sandula // Abstract Volume. Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2019. – Fifth All-Russian Conference "Upper Paleozoic of Russia." – September 24–28, 2019, Kazan, Russia. – Kazan, 2019. – P. 215–216.
5. Sandula, A.N. Izvestnyakovye brekchii v kamennougolnyh otlozheniyah Pechorskogo Urala [Limestone breccias in carboniferous deposits of the Pechora Urals] / A.N. Sandula; executive editor A.I. Eliseev. – Yekaterinburg: Ural Branch of the RAS, 2008. – 143 p.
6. Simakova, L.A. Osobennosti litologicheskogo stroeniya verhnebashkirskih otlozhenij r. Sharyu [Features of the lithological structure of the Upper Bashkirian deposits of the Sharyu river] / L.A. Simakova // Геолого-археологические исследования в тимано-североуральском регионе. Доклады 14 науч. конф. [Geological and archaeological research in the Timan–North Ural region. Reports of the 14th scientific conference] – Syktyvkar: Geoprint, 2011. – P. 11–15.
7. Sandula, A.N. Litologiya tashastinskogo gorizonta bashkirskogo yarusa srednego karbona v razreze r. Sharyu (gryada Chernysheva) [Lithology of the Tashastinsky

- horizon of the Bashkirian of the Middle Carboniferous in the section of the Sharyu River (Chernyshev ridge)] / A.N. Sandula, L.A. Shmeleva // *Geologiya i mineralnye resursy evropejskogo severo-vostoka Rossii: Materialy XVI Geologicheskogo sjezda Respubliki Komi* [Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Proceedings of the XVI Geological Congress of the Komi Republic]. – Syktyvkar: Geoprint, 2014a. – P. 266–267.
8. Kulagina, E.I. Granica bashkirskogo i moskovskogo yarusov (srednij karbon) na yuzhnom Urale v svete razvitiya fuzulinid [The border of the Bashkirian and Moscowian (Middle Carboniferous) in the Southern Urals in the light of the development of the Fuzulinids] / E.I. Kulagina // *Bull. of MOIP* [Moscow Society of Naturalists]. Department of Geology. – 2008 – Vol. 83, issue 1. – P. 33–44.
 9. Sandula, A.N. Kremni i mikrobiality vernebashkirskih otlozhenij na r. Sharyu (gr. Chernyshyova) [Cherts and microbialites of the Upper Bashkirian deposits on the Sharyu River (Chernyshev ridge)] / A.N. Sandula // *Algae in the evolution of the biosphere: materials of the II paleoalgalogical conference (October 10–16, 2016)* / ed. by N. K. Lebedeva, A. A. Goryacheva. – Novosibirsk: Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the RAS, 2016. – P. 148–150.
 10. Sandula, A.N. Izotopiya ugleroda i kisloroda otlozhenij tashastinskogo gorizonta r. Sharyu (bashkirskij yarus, srednij karbon, gryada Chernysheva) [Isotopy of carbon and oxygen deposits of the Tashastinsky horizon of the Sharyu River (Bashkian, Middle Carboniferous, Chernyshev ridge)] / A.N. Sandula, L.A. Shmeleva // *Virtual and real Lithological Models: Proceedings of the 10th Ural Lithological Conference*. – Yekaterinburg: 2014b. – P. 169–170.
 11. Kuleshov, V.N. Evolyuciya izotopnyh sistem uglekislотно-водных систем в литогенезе. Soobshchenie 1. Sedi-mentogenez i diagenез [Evolution of isotopic systems of carbon dioxide-water systems in lithogenesis. Message 1. Sedimentogenesis and diagenesis] / V.N. Kuleshov // *Lithology and minerals*. – 2001. – No. 5. – P. 491–508.
 12. Kuleshov, V.N. Margancevye porody i rudy: geohimiya izotopov, genezis, evolyuciya rudogeneza [Manganese rocks and ores: geochemistry of isotopes, genesis, evolution of ore genesis] / V.N. Kuleshov; executive editor M.A. Fedonkin. – Moscow: Nauchnyj mir, 2013. – 508 p. (Proceedings of the Institute of Geology of the RAS, issue 606).
 13. Kuleshov, V.N. Gipostratotip bashkirskogo yarusa kamennougolnoj sistemy (r. Askyn, Bashkortostan): litologiya, izotopnye osobennosti ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) i usloviya obrazovaniya karbonatnyh porod [Hypostratotype of the Bashkirian stage of the Carboniferous system (Askyn River, Bashkortostan): lithology, isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$), and carbonate depositional settings] / V.N. Kuleshov, K.M. Sedaeva, V.M. Gorozhanin, E.N. Gorozhanina // *Stratigraphy. Geological correlation*. – 2018. – No. 6. – P. 41–64.
 14. Bruckschen, P., Oesmann, S., Veizer, J. Isotope stratigraphy of the European Carboniferous: proxy signals for ocean chemistry, climate and tectonics // *Chemical Geology*. – 1999. – Vol. 161. – P. 127–163.
 15. Mii, H.-S., Grossman, E. L., Yancey, T. E., Chuvashov, B., Egorov, A. Isotopic records of brachiopod shells from the Russian Platform – evidence for the onset of mid-Carboniferous glaciation // *Chemical Geology*. – 2001. – Vol. 175. – P. 133–147.
 16. Hoefs, J. Stable isotope geochemistry. 5th, completely rev., updated, and enl. – Springer, New York, 2004. – 244 p.
 17. Kuznetsov, A. B. Izotopnyj sostav Sr v karbonatnyh porodah Karatavskoj serii Yuzhnogo Urala i standartnaya krivaya variacij otnosheniya $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ v pozdnerеfеjskom okeane [Isotopic composition of Sr in carbonate rocks of the Karatovskaya series of the Southern Urals and the standard curve of variations of the $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratio in the Late Pacific Ocean] / A.B. Kuznetsov, M.A. Semihatov, I.M. Gorohov, N.N. Melnikov, G.V. Konstantinova [et al.] // *Stratigraphy. Geological correlation*. – 2003. – Vol. 11, No. 5. – P. 3–39.
 18. Sandula, A.N. Kremnistye obrazovaniya v karbonatnyh porodah srednego karbona bassejna Verhnej Pechory [Siliceous formations in carbonate rocks of the Middle Carboniferous of the Upper Pechora basin] / A.N. Sandula, E.S. Ponomarenko // *Lithogenesis and geochemistry of sedimentary formations*. – No. 6. – Syktyvkar: Geoprint, 2007. – P. 32–45. (Proceedings of the Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch of the RAS. Issue 121).

Благодарность (госзадание)

Работа выполнена в рамках темы НИР государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № 1021062311457-5-1.5.6 (FUUU-2022-0054).

Информация об авторах:

Сандула Андрей Николаевич — кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института геологии имени академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; SPIN-код: 8473-9675, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=123202, Scopus Author ID: 36774125600, <https://orcid.org/0000-0001-6885-7965> (Российская Федерация, 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: sandula@geo.komisc.ru).

Шмелёва Любовь Алексеевна — младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; SPIN-код: 2212-1744, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=934935 (Российская Федерация, 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: lyubov.shmeleva@inbox.ru).

About the authors:

Andrey N. Sandula – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Research Associate, Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; SPIN-code: 8473-9675, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=123202, Scopus Author ID: 36774125600, <https://orcid.org/0000-0001-6885-7965> (54, Pervomayskaya Str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: sandula@geo.komisc.ru).

Lyubov A. Shmeleva – Junior Researcher, Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; SPIN-code: 2212-1744, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=934935 (54, Pervomayskaya Str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: lyubov.shmeleva@inbox.ru).

Для цитирования:

Сандула, А.Н. Верхнебашкирские карбонатные отложения в бассейне реки Шарью (гряда Чернышева): литология, изотопия углерода и кислорода, условия осадконакопления / А.Н. Сандула, Л.А. Шмелёва // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия "Науки о Земле". – 2022. – № 2 (54). – С. 14–29. УДК [552.54+550.42]:551.735.21 (470.13). DOI 10.19110/1994-5655-2022-2-14-29

For citation:

Sandula, A.N. Upper Bashkirian deposits in the Sharyu River basin (Chernyshev Ridge): lithology, carbon and oxygen isotopes, conditions of sedimentation / A.N. Sandula, L.A. Shmeleva // Proceedings of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences Series. – 2022. – No. 2 (54). – P. 14–29. УДК [552.54+550.42]:551.735.21 (470.13). DOI 10.19110/1994-5655-2022-2-14-29

Дата поступления рукописи: 20.04.2022

Прошла рецензирование: 29.04.2022

Принято решение о публикации: 26.04.2022

Received: 20.04.2022

Reviewed: 29.04.2022

Accepted: 26.04.2022