

УДК 551.733.31(470.1)

DOI: 10.24930/1681-9004-2024-24-1-81-97

## Стратотипический разрез войвывского горизонта венлока (западный склон Приполярного Урала)

Т. М. Безносова, В. А. Матвеев

Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54,  
e-mail: beznosova@geo.komisc.ru

Поступила в редакцию 19.04.2023 г., принята к печати 03.08.2023 г.

**Объект исследования.** В статье приведены результаты изучения карбонатно-терригенного разреза венлока в бассейне р. Щугор мощностью 197.8 м, который предложен в качестве стратотипа регионального горизонта. **Материалы и методы.** Основой для исследований послужили многочисленные коллекции образцов из отложений нижнего силура, собранных авторами в разные годы во время полевых работ на западном склоне Приполярного Урала, поднятиях Чернова и Чернышева, и полученные биостратиграфические, палеонтологические, литологические и С-изотопные данные. **Результаты.** Полученные данные позволили пересмотреть некоторые сложившиеся представления о строении разреза нижнего силура и положения уровня границы между лландовери и венлоком на Приполярном Урале и выделить новое региональное подразделение с названием “войвывский”. Прослеженные условия формирования мелководных карбонатных отложений войвывского горизонта, последовательная смена зональных таксонов морской фауны в стратотипическом разрезе указывают на сходство с одновозрастными толщами на поднятиях Чернова, Чернышева и острова Долгий. **Выводы.** Результаты изучения венлокских отложений на территории Тимано-Североуральского региона показали, что разрез в бассейне р. Щугор (обнажении 10ц) по степени обнаженности, установленной стратиграфической полноте и сохранности остатков макро- и микрофауны может считаться наиболее информативным на территории Североуральского региона.

**Ключевые слова:** нижний силур, венлок, войвывский горизонт, Приполярный Урал, поднятие Чернова, гряда Чернышева

### Источник финансирования

Исследования проведены в соответствии с темой № 122040600008-5 государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

## Stratotypic section of the Wenlockian Voyvyv horizon (Western slope of the Subpolar Urals)

Tat'yana M. Beznosova, Vladimir A. Matveev

N.P. Yushkin Institute of Geology, FRC Komi SC UB RAS, 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar 167000, Russia,  
e-mail: beznosova@geo.komisc.ru

Received 19.04.2023, accepted 03.08.2023

**Research subject.** The paper presents the results of a study into the carbonate-terrigenous section of 197.8 m-thick Wenlockian section in the Shchugor River basin, which is proposed as the stratotype of the regional horizon. **Materials and methods.** The study was based on numerous samples from Lower Silurian deposits collected by the authors in different years during fieldwork on the Western slope of the Circumpolar Urals and the Chernov and Chernyshev uplifts, as well as the biostratigraphic, paleontological, lithological, and C-isotopic data obtained during these works. **Results.** The obtained data allowed revising some of the established ideas about the structure of the Lower Silurian section and the position of the boundary level between the Llandoveryan and Wenlockian in the Subpolar Urals and to identify a new regional subdivision with the name “Voyvyv”. The traced formation conditions of shallow carbonate sediments of the Voyvyv horizon and the consistent change of zonal taxa of marine fauna in the stratotype section indicate similarity with coeval strata on the Chernov and Chernyshev uplifts and Dolgy Island. **Conclusions.** The results of the study of Wenlockian Voyvyv deposits in the Timan-North Urals region showed that the section in the Shchugor River basin in outcrop 10c can be considered

**Для цитирования:** Безносова Т.М., Матвеев В.А. (2024) Стратотипический разрез войвывского горизонта венлока (западный склон Приполярного Урала). *Литосфера*, 24(1), 81-97. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2024-24-1-81-97>

**For citation:** Beznosova T.M., Matveev V.A. (2024) Stratotypic section of the Wenlockian Voyvyv horizon (Western slope of the Subpolar Urals). *Lithosphere (Russia)*, 24(1), 81-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2024-24-1-81-97>

the most informative in the Northern Urals region in terms of exposure degree, established stratigraphic completeness, and preservation of macro- and microfauna.

**Keywords:** *Lower Silurian, Wenlock, Voyvyv horizon, Subpolar Urals, Chernov Uplift, Chernyshev Ridge*

#### Funding information

*The work was conducted within the framework of the projects No. 122040600008-5 of the Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Scientific Centre UB, RAS*

#### Acknowledgements

The authors are grateful to I.V. Smoleva, an engineer of the “Geoscience” laboratory of the Institute of Geology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for determining the carbon isotopic composition in carbonate rocks. We also express sincere thanks to two anonymous reviewers for constructive comments that helped us to improve this article.

## ВВЕДЕНИЕ

Существующие противоречия в датировке возраста и стратиграфического положения толщ, слагающих региональные горизонты нижнего силура на огромной территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, показали необходимость их дополнительного изучения. Отложения нижнего силура вскрываются в естественных выходах на западном склоне Приполярного Урала, поднятиях Чернова, Чернышева и в разрезах скважин Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Исторически сложилось так, что на протяжении длительного времени наибольшее внимание уделялось изучению силурийских отложений на Приполярном Урале в бассейне р. Кожым. С опорой на результаты многолетних исследований А.А. Чернова, К.П. Львова, Д.В. Наливкина, М.Е. Раабен, К.Г. Войновского-Кригера, В.В. Маркина, А.И. Першиной, а позднее многих других палеонтологов, литологов и стратиграфов было уточнено биостратиграфическое расчленение кожымского разреза и подтверждено его значение для корреляции силурийских толщ. По результатам Всесоюзного полевого семинара на Приполярном Урале было решено рассматривать этот разрез в качестве опорного для всей территории Европейского Северо-Востока (Черных, Безносова, 1989). История изучения силурийских отложений в западноуральских разрезах и их стратиграфического расчленения подробно изложена в монографиях (Опорные разрезы..., 1983, 1987; Безносова, 1994, 2008; Мельников, 1999).

В стратиграфической схеме Урала, в которой впервые была предложена шкала субрегиональных горизонтов для вновь выделенных подразделений нижнего силура, были определены типовые разре-

зы, расположенные на Приполярном Урале в бассейне р. Кожым, и приведены их описания (Опорные разрезы..., 1987; Объяснительная записка..., 1994). Согласно схеме, принятой на IV Уральском межведомственном стратиграфическом совещании (Объяснительная записка..., 1994), к венлоку отнесены маршрутнинский и устьдурнаюский горизонты с одноименными свитами и типовым разрезом в бассейне р. Кожым (обнажение 217, рис. 1). Граница лландовери и венлока была принята в основании маршрутнинского горизонта. По разным группам фауны эта граница не совпадала и осталась предметом дискуссий (Объяснительная записка..., 1994, Мельников, 1999; Abushik, 2000; Antoshkina, 2000; Beznosova, 2000; Melnikov, Zhemchugova, 2000; Безносова, Мянник, 2005).

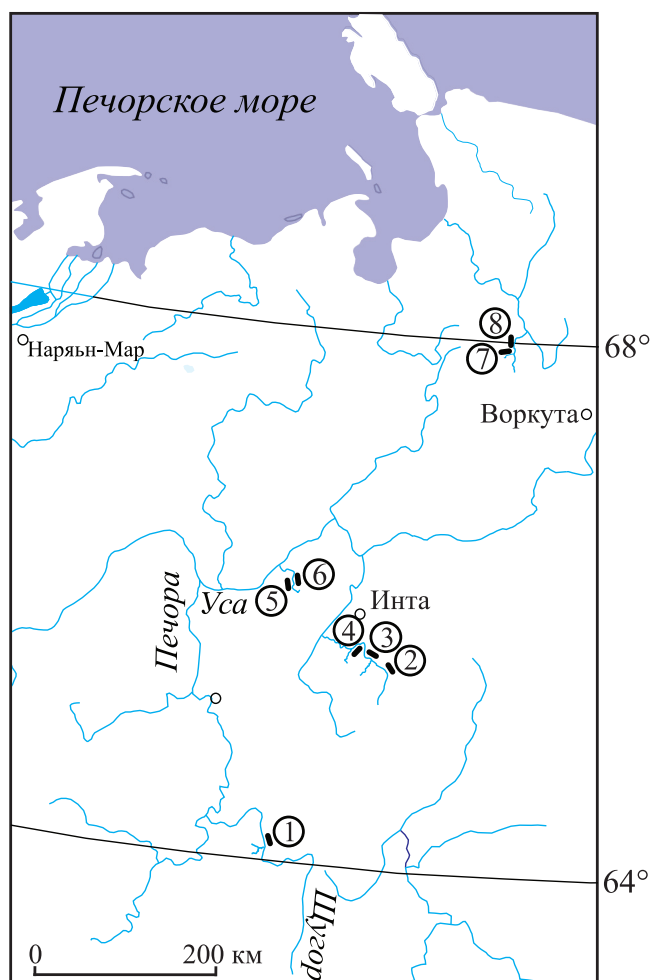
Определение возраста отложений нижнего силура и уровень границы лландовери – венлок традиционно основывались преимущественно на распространении табулят и строматопороидей. Это было обусловлено обилием остатков этих организмов, а также недостаточной изученностью другой фауны раннего силура. При этом не принималось во внимание, что отложения маршрутнинского и нижней части устьдурнаюского горизонтов, относимых к венлоку, включают конодонты рода *Apsidognathus* Walliser, которые датируют их лландоверийский возраст. Ошибочность отнесения к венлоку этого интервала разреза с конодонтами *Apsidognathus*, подкрепленная хеомстратиграфическими исследованиями, была впервые отмечена П. Мянником (Männik, Martma, 2000) и послужила началом пересмотра устоявшихся представлений о возрасте толщ, слагающих устьдурнаюский горизонт. При достижениях по детализации стратиграфического расчленения нижнего силура в при-

нятой уральской стратиграфической схеме оставались вопросы, которые требовали продолжения исследований для решения ряда современных проблем корреляции с прилегающими территориями.

Проблема определения возраста отложений маршрутнинского и устьдурнаюского горизонтов решалась преимущественно путем сопоставления последовательности конодонтов и другой фауны, установленной в западноуральских разрезах силура, с хорошо изученными разрезами нижнего силура Эстонии и Северной Земли (Мельников, 1999; Безносова, Мянник, 2005; Безносова, 2008). В результате вновь проведенного изучения состава фаунистических ассоциаций в типовом разрезе устьдурнаюского горизонта мощностью 54 м (обнажение 217) были получены доказательства возрастного различия нижней пачки мощностью 22 м и верхней пачки этого горизонта мощностью 32 м. Совместные находки лландоверийских конодонтов *Apsidognathus* и брахиопод *Fardenia flabellata* Beznosova в нижней пачке устьдурнаюского горизонта, несомненно, повысили биостратиграфическое значение вида *F. flabellata*. Конодонтовая фауна теличия – *Apsidognathus tuberculatus* Walliser, *Ozarcodina waugoolaensis* Bischoff, *Ctenognathodus* sp., *Pterospathodus* sp. – в уральских разрезах появляется в низах маршрутнинского горизонта, а уровень исчезновения рода *Apsidognathus*, или датум 2 события Иревикен (граница лландовери и венлока), приходится на среднюю часть устьдурнаюского горизонта (Безносова, Мянник, 2005). Следовательно, весь маршрутнинский горизонт и нижняя пачка устьдурнаюского горизонта или нижняя подсвита устьдурнаюской свиты (Мельников, 1999) имеют лландоверийский, а не венлокский возраст.

Верхняя пачка устьдурнаюского горизонта в типовом разрезе, возраст которой датируют конодонты *Ozarcodina kozhimica* Melnikov, брахиоподы рода *Spirinella* и остракоды *Eukloedenella grandifabae* Abushik, *Herrmannina insignis* Abushik, относится к венлоку (Модзалевская, Безносова, 1992; Abushik, 2000; Beznosova, 2000; Melnikov, Zhemchugova, 2000; Безносова, Мянник, 2005). Небольшая мощность верхней пачки в обнажении 217, венчающей разрез нижнего силура, свидетельствует о стратиграфической неполноте отложений венлока в этом обнажении (Опорные разрезы..., 1987).

Установленную необоснованность отнесения маршрутнинского горизонта и нижней пачки устьдурнаюского горизонта к венлоку подтвердили и седиментологические исследования, которые показали, что этапы развития Тимано-Североуральского палеобассейна в раннем силуре совпадают с этапами развития Североземельского и Балтийского бассейнов. Известно, что глобальное обмеление в конце лландовери привело к исчезновению биоты, в том числе платформенных конодонтов ро-



**Рис. 1.** Схема расположения изученных разрезов нижнего силура, упоминаемых в статье.

1 – обнажение 10ц, р. Щугор; 2 – обнажение 73; 3 – обнажение 212; 4 – обнажение 217, р. Кожым; 5 – обнажение 64; 6 – обнажение 65, р. Шарью; 7 – обнажение-1, руч. Безыманный; 8 – обнажение-2, р. Падимейтывис.

**Fig. 1.** Scheme of location of the studied Lower Silurian sections, referred to in the article.

1 – outcrop 10c, the Shchugor River; 2 – outcrop 73; 3 – outcrop 212; 4 – outcrop 217, the Kozhym River; 5 – outcrop 64; 6 – outcrop 65, the Sharyu River; 7 – outcrop-1, the Bezymanny Brook; 8 – outcrop-2, the Padimejtyvis River.

да *Apsidognathus*. Понижение уровня моря на рубеже лландовери и венлока в разрезе Эстонии совпадает с таким же событием, зафиксированным в средней части разреза устьдурнаюского горизонта (устьдурнаюской свиты) и самойловичской свиты на Северной Земле (Мянник, 1999; Безносова, Мянник, 2005).

Анализ биостратиграфических, событийных и хемотратиграфических данных и корреляция нижнесилурийских отложений западноуральских

ОСШ (Постановление..., 2013)				Горизонты (Безносова и др., 2020)	Брахиоподовые зоны (Безносова, 2008)	Остракодовые зоны и слои р. Кожым, р. Щугор (Abushik, 2000)	Слои с конодонтами и экозоны (Мельников, 1999)
Система	Подсистема	Отдел	Ярус				
Силурийская	Верхняя	Лудловский	Горстийский	Падимейтивисский	Greenfieldia uberis	<i>Schrenckia</i> sp.	<i>Ozarkodina</i> <i>Ctenognathodus</i> <i>Oulodus</i>
			Гомерский	Войвывский ?	Spirinella nordensis	<i>Herrmannina</i> - <i>insignis</i> <i>Eukloedenella</i> <i>grandifabae</i> , <i>G. aff. praetiosa</i>	<i>Oz. confluens</i>  <i>Oz. kozhimica</i>
	Нижняя	Венлокский	Шейнвудский				
			Теличский	Маршрутнинский	Fardenia flabellata	<i>Daleiella</i> aff. <i>mukshensis</i> <i>Microcheilinalla</i> <i>convexa</i> <i>M. variolaris</i> <i>G. aff. jejuma</i>	<i>Oz. kozhimica</i> <i>Apsidognathus</i> sp. <i>Oz. waugoolaensis</i>

Рис. 2. Схема расчленения венлокских и пограничных с ними отложений.

Fig. 2. Scheme of the dissection of the Wenlockian and boundary sediments.

разрезов с разрезами Северной Земли показали, что в этих разрезах отсутствуют признаки ранневенлокского позитивного отклонения (Männik, Martma, 2000; Безносова, Мянник, 2005). Это совпадает с биостратиграфическими заключениями об отсутствии отложений нижнего венлока в разрезе Северной Земли (Мянник, 1999). Новые данные по биостратиграфии конодонтов, брахиопод и остракод существенно изменили представление о возрасте региональных горизонтов нижнего силура. В результате возникла необходимость корректировки региональной стратиграфической схемы нижнего силура, выбора и описания стратотипического разреза войвывского горизонта венлока.

Полученные результаты позволили включить в состав маршрутнинского горизонта лландовери нижнюю пачку устьдурнаюского горизонта с остатками лландоверийской фауны. Отложения верхней пачки этого горизонта, заключающие комплекс органических остатков, датирующих ее венлокский возраст, дали возможность выделить в новое самостоятельное подразделение в ранге регионального горизонта с названием “войвывский”. Название войвывскому горизонту дано по возвышенности Войвыв Парма на западном склоне Приполярного Урала. “Войвыв” в переводе с коми – “север”. Согласно положению Стратиграфическо-

го кодекса России (2006, 2019)<sup>1</sup>, предложено отказаться от сохранения названия “устьдурнаюский” для горизонта (Безносова, Мянник, 2005; Безносова, Лукин, 2009).

В качестве стратотипа войвывского горизонта выбран разрез в бассейне р. Щугор (обнажение 10ц) на Приполярном Урале (см. рис. 1). При выборе стратотипического разреза учитывались его полнота, контакты с подстилающими отложениями лландовери и перекрывающей толщей лудлова, удовлетворительная сохранность фаунистических остатков, позволяющая палеонтологически обосновать поздневенлокский возраст отложений войвывского горизонта, а также его нижний и верхний рубежи.

Перерыв в осадконакоплении на рубеже лландовери и венлока, установленный в разрезах западного склона Приполярного Урала, поднятиях Чернова и Чернышева, позволяет с долей условности принять возраст войвывского горизонта как гомерский в современной номенклатуре (рис. 2). Данные по биостратиграфии силура, основанные на иссле-

<sup>1</sup> Изменение стратиграфического объема подразделения более чем на 1/3 влечет за собой отказ от сохранения названия такого подразделения, выбор нового подразделения и нового наименования.



дованиях, были обобщены в нескольких статьях (Безносова, Мянник, 2005; Безносова, Лукин, 2009; Безносова и др., 2014, 2020; Безносова, 2019; Безносова, Матвеев, 2022).

Основная цель исследований – уточнение стратиграфического объема региональных горизонтов нижнего силура и описание стратотипического разреза войвывского горизонта венлока. Материалами для исследований послужили многочисленные коллекции образцов пород и фаунистических остатков, собранных авторами во время изучения разрезов нижнего силура в разные годы во время полевых работ на западном склоне Приполярного Урала, поднятиях Чернова и Чернышева. Также учтены палеонтологические, литологические и биостратиграфические данные, приведенные в ранее опубликованных работах. В основу расчленения нижнесилурийских отложений в обнажении 10ц на р. Щугор положена уточненная стратиграфическая схема силура Североуральского региона (Безносова и др., 2020).

Определения остракод выполнены А.Ф. Абушиком и Л.А. Шамсутдиновой, строматопороидей – О.М. Богоявленской, табулят – Н.А. Боринцевой и В.Ю. Лукиным, брахиопод – Т.М. Безносовой, конодонтов – С.В. Мельниковым, П. Мянником, Л.В. Соколовой.

Шлифы и пришлифовки изготовлены в шлифовальной мастерской ЦКП “Геонаука” Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Изучение шлифов проводилось под микроскопом ПОЛАМ-215 с цифровой камерой МС-20.

Материалом для анализа на изотопный состав углерода и кислорода послужили порошкообразные образцы (до 1 мг), полученные из литологических образцов с помощью алмазного сверла диаметром 3.5 мм. Изотопный состав углерода и кислорода определен в шести образцах карбонатных пород. Изотопный состав в карбонатных породах определен в ЦКП “Геонаука” Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на масс-спектрометре DELTA V Advantage (аналитик И.В. Смолева). Значения изотопных коэффициентов определялись в промилле (‰) по стандартам PDB NBS18 (calcite) и NBS19 (TS-limestone) для углерода и SMOW для кислорода. Погрешность определения обоих коэффициентов не превышала  $\pm 0.1\%$ .

Коллекции образцов пород, брахиопод и конодонтов хранятся в Геологическом музее ИГ им. А.А. Чернова.

## ОПИСАНИЕ СТРАТОТИПА ВОЙВЫВСКОГО ГОРИЗОНТА

Стратотипический разрез войвывского горизонта находится на Приполярном Урале, в бассейне р. Щугор (обнажение 10ц). Выходы отложений нижнего силура вскрываются на правом невы-

соком береговом склоне реки в 500 м ниже устья левого притока р. Гердью (см. рис. 1, 3). Контакт маршрутинского горизонта лландовери и войвывского горизонта венлока установлен в кровле толщи известняков с трещинами усыхания, эрозийными поверхностями размывов, с маломощными прослоями известняковых песчаников мелко-, среднезернистых грубозернистых с гравийной и органогенно-обломочной примесью (рис. 4, рис. 5а, б, г), известняков со строматолитами, известняковых гравелитов и пропластков глинистого материала, содержащего мелкие галечки, слабоокатанные обломочные породы, а также биокластовые и лито- и биокластовые известняки, свидетельствующие о регрессии и переотложении.

Этот разрез мощностью 197.8 м по условиям осадконакопления и распространению органических остатков подразделен на три толщи (см. рис. 4), отвечающие трем фазам развития морского бассейна в венлоке. Описание разреза приводится стратиграфически снизу вверх от контакта отложений маршрутинского и войвывского горизонтов.

### Толща I (слои 1–15).

1. Известняки серые скрыто-, тонкокристаллические, массивного сложения, с волнисто-полосчатой текстурой, прослоями строматопороидей в основании слоя и его кровле. В средней части слоя известняки биокластовые. Мощность 2.7 м.

2. Известняки серые плитчатые, с пропластками глин в основании слоя (0.9 м), в средней части известняки массивные, с обилием колоний строматопороидей и хаотично расположенными разрозненными створками раковин брахиопод *Atrypa* ex gr. *reticularis* Linnaeus, *Fardenia flabellata* Beznoсова, их фрагментами и скоплениями мелких раковин остракод *Herrmannina* aff. *nana* Abushik, *Eukloedenella* sp. Мощность 4.1 м.

3. Доломиты желтовато-серые глинистые, тонкоплитчатые. Мощность 0.9 м.

4. Известняки серые тонкокристаллические, с пропластками глинистого материала, обилием детрита криноидей, обломками раковин брахиопод и мелких остракод. Мощность 2.6 м.

5. Известняки желтовато-серые афанитовые, тонкоплитчатые, с прослоем доломита глинистого. Мощность 1.5 м.

6. Известняки серые тонкокристаллические, с пропластками коричневатых глин, заключающих детрит и мелкие обломки известняка в основании слоя (мощностью 1.2 м). Выше известняки доломитизированные, с пятнистым распределением глинистого материала, колониями строматопороидей, табулят, скоплениями мелких раковин брахиопод, остракод *Herrmannina insignis* Abushik, *Herrmannina* aff. *nana* Abushik, *Leperditia* sp. (3.6 м). В кровле известняки (0.85 м) с линзами глинистого материала, в котором наблюдается детрит и обломки известняка, как и в основании слоя. Мощность 5.7 м.



**Рис. 3.** Разрез нижнего силура, обнажение 10ц, р. Щугор, Приполярный Урал (фото В.А. Салдина).

**Fig. 3.** Section of the Lower Silurian, outcrop 10c, the Shchugor River, Subpolar Urals (photo by V.A. Saldin).

7. Известняки серые тонкокристаллические, с линзовидными прослоями табулят и строматопороидей (0.7 м), темно-серым прослоем доломитов (0.4 м). Выше известняки тонкокристаллические, с пропластками глин желтовато-бурого цвета, прослоями известняков строматопоратовых и реже с колониями табулят (1.4 м). В верхней части слоя известняк с пятнистым распределением бурого глинистого материала. Мощность 3.1 м.

8. Слой частично разрушен. Известняки серые афанитовые, неравномерно полосчатые перекрываются известняками желто-серыми микрозернистыми, тонкоплитчатыми, глинистыми, с остракодами *Herrmannina* aff. *nana* Abushik. Мощность 3.3 м.

9. Известняки серые тонкокристаллические, с линзами коричневого глинисто-доломитового материала. В верхней части слоя наблюдаются участки окремнения и скопления мелких раковин остракод *Lepertidia* sp. Мощность 3.5 м.

10. Известняки серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые, с пропластками коричневатых глин от 0.5 до 2.0 см, мощность которых вверх по разрезу увеличивается до 10 см. Органические остатки крайне редки, в средней части слоя наблюдаются мелкие единичные раковины остракод. Мощность 4.5 м.

11. Известняки серые тонкокристаллического массивного сложения, с колониями строматопороидей

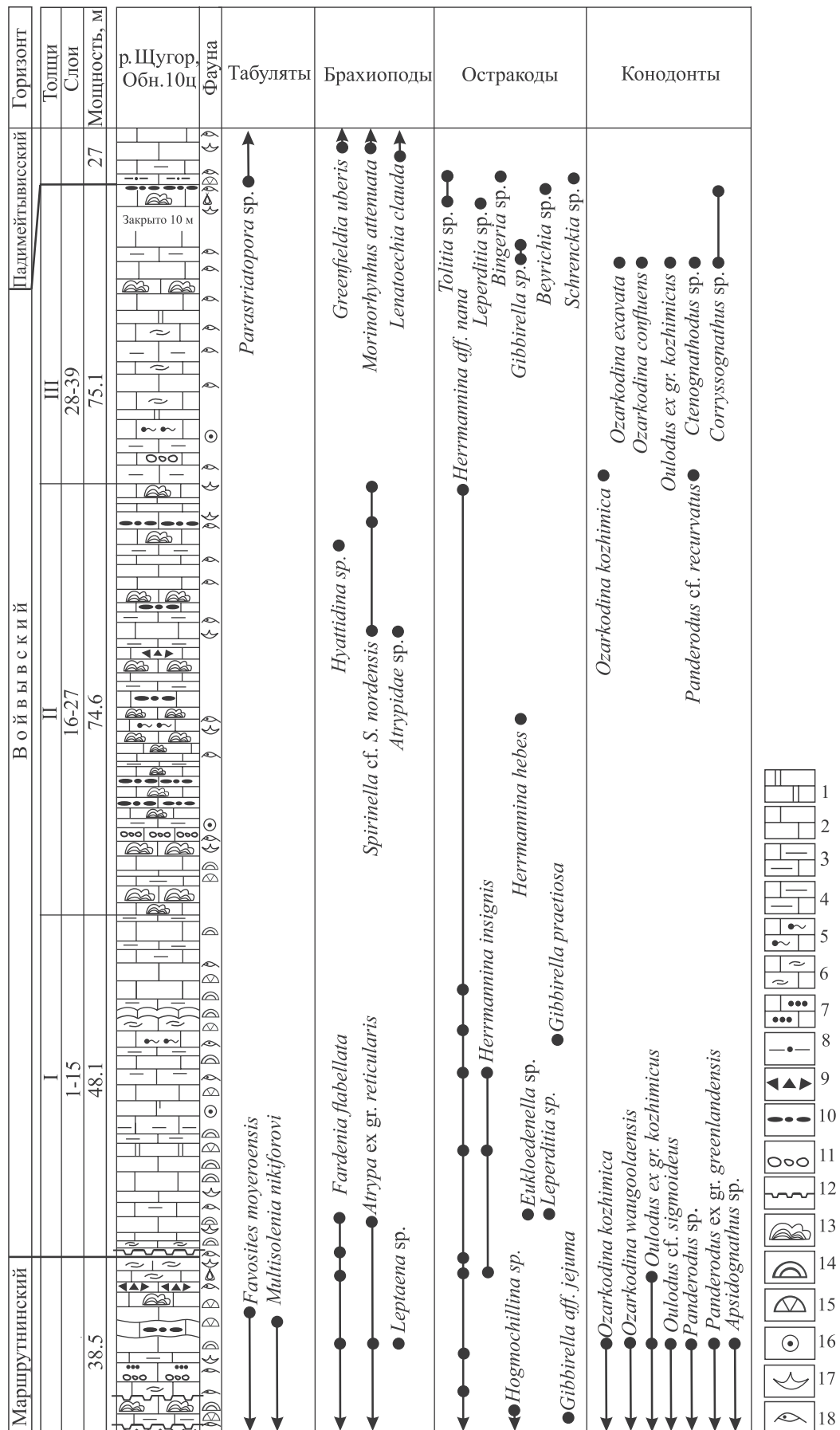
идей переслаиваются с известняками серыми афанитовыми, тонкоплитчатыми, детритовыми. В подошве известняки массивные, как и в кровле слоя, включают крупные, до 0.9 м в диаметре, колонии строматопороидей. В средней части слоя выделяется прослой желто-серого глинистого материала, известняки тонкослоистые с остракодами и ходами илоедов (0.8 м). Мощность 2.7 м.

12. Известняки серые тонкокристаллические, массивного сложения, со строматопороидеями и табулятами, переслаиваются с известняками тонкокристаллическими, с пропластками коричневатых глин. Мощность 3.4 м.

13. Слой частично разрушен. Известняки серые афанитовые, с пятнистой текстурой, с прослоями коричневатого глинистого материала мощностью до 2 см включают остракоды *Gibberella praetiosa* Abushik. На бугристой поверхности напластования этих известняков следы ползания. Мощность 2.8 м.

14. Известняки серые тонкокристаллические, массивные, с немногочисленными мелкими колониями строматопороидей, табулят и фрагментами крупных створок раковин остракод. Мощность 5.5 м.

15. Известняки темно-серые афанитовые, плитчатые, с пропластками коричневатых глин, прожилками и скоплениями кальцита, мелкими раковинами остракод. В кровле слоя выделяется про-





**Рис. 4.** Литолого-стратиграфическая колонка и распределение основных групп фауны в обнажении 10ц, р. Щугор.

1 – доломиты; 2 – известняки: 3 – доломитизированные, 4 – глинистые, 5 – с ходами илоедов, 6 – биокластовые; 7 – известняковые песчаники; 8 – аргиллиты; 9 – брекчии; 10 – плоскогалечный конгломерат; 11 – гравелиты; 12 – эрозионная поверхность; 13 – строматолиты; 14 – строматопороидеи; 15 – табуляты; 16 – криноидеи; 17 – брахиоподы; 18 – остракоды. Серым цветом в разрезе выделен интервал с лландоверийско-венлокским комплексом фауны.

**Fig. 4.** Lithologic-stratigraphic column and distribution of the main faunal groups in the outcrop 10c, the Shchugor River.

1 – dolomites; 2 – limestones: 3 – dolomitic, 4 – clayey, 5 – bioturbation, 6 – bioclastic; 7 – calcareous sandstones; 8 – shales; 9 – breccias; 10 – flat pebble conglomerates; 11 – gravelstone; 12 – erosional surface; 13 – stromatolites; 14 – stromatoporoids; 15 – tabulates; 16 – crinoids; 17 – brachiopods; 18 – ostracods. The interval with the Llandoveryan-Wenlockian faunal complex is highlighted in gray in the section.

слой известняка с небольшими колониями строматопороидей. Мощность 1.8 м.

Общая мощность толщи I – 48.1 м.

#### Толща II (слои 16–26).

16. Известняки темно-серые тонкокристаллические. В нижней части слоя известняки плитчатые, с куполовидными строматолитами до 40 см в диаметре и высотой до 18 см. Выше залегают известняки строматопоратовые массивного сложения, в которых ближе к кровле слоя наблюдаются небольшие колонии табулят. Мощность 6.0 м.

17. Известняки темно-серые тонкокристаллические, массивного сложения, строматопоратовые. Отдельные прослои заключают небольшие колонии табулят. Мощность 8.3 м.

18. Известняки серые глинистые, тонко-, мелкозернистые, микролинзовидно-слоистые, с органично-обломочным материалом шламовой размерности (см. рис. 5г, д). В основании слоя – прослои известняков с линзовидными скоплениями раковин остракод. Выше – известняки с гравелитами, в которых узнаются фрагменты крупных створок остракод, мелких раковин брахиопод и детрит криноидей. Мощность 7.3 м.

19. Известняки коричневатые тонкокристаллические, в основании слоя наблюдаются строматолиты с караваевидными и шаровидными постройками (до 20 см в диаметре), которые перекрываются известняками тонкоплитчатыми, с тонкими углефицированными прослойками и небольшими колониями строматопороидей. Мощность 4.8 м.

20. Известняки афанитовые тонкоплитчатые, в нижней части слоя – прослой известняков с крупными строматолитовыми постройками куполовидной формы, до 50 см в диаметре, которые перекрываются известняками с плоскогалечниковым конгломератом, известняками тонкоплитчатыми с ходами илоедов на поверхности плиток. Органические остатки редки и представлены в кровле слоя скоплениями остракод *Herrmannina* aff. *hebes* Abushik. Мощность 8.4 м.

21. Известняки серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые. В основании слоя наблюдаются

прослои известняков с куполовидными строматолитовыми постройками до 30 см в диаметре и 10–12 см высотой. В верхней части слоя – известняки тонкоплитчатые с пропластками красно-бурых и желтоватых глин (до 6 см). Мощность 3.3 м.

22. Известняки темно-серые афанитовые, тонкоплитчатые, с пропластками коричневых глин. В основании слоя – прослой известняков (до 0.9 м) со строматолитовыми постройками куполовидной формы, до 80 см в диаметре. Выше – известняки с мелкими остракодами. В кровле слоя – известняки афанитовые, массивные, в которых узнаются мелкообломочные брекчированные породы, скопления мелких раковин брахиопод *Spirinella* cf. *S. nordensis* (Ljashenko) и остракод. Мощность 8.2 м.

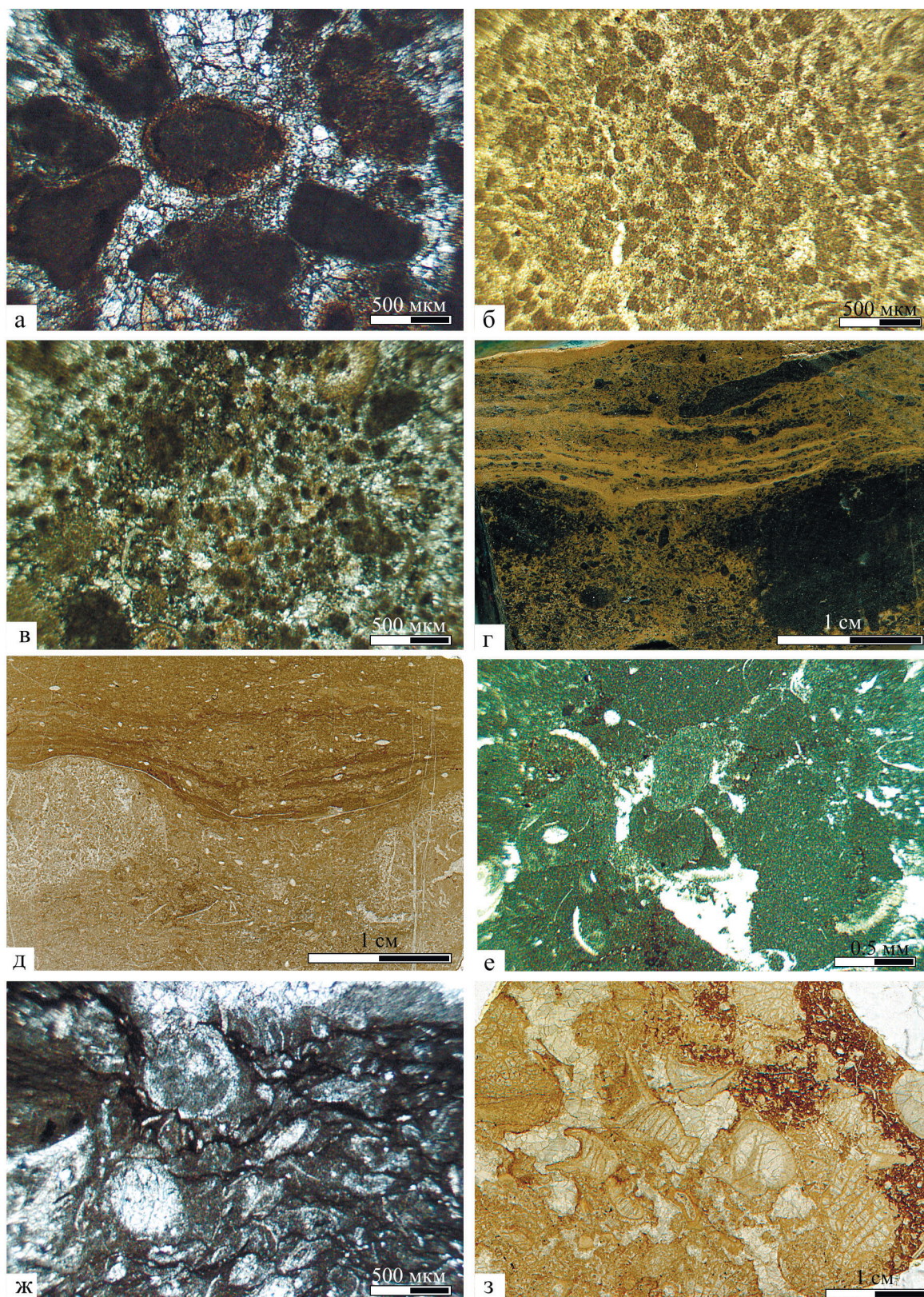
23. Известняки темно-серые афанитовые, в основании слоя тонкополосчатые расслаивающиеся на плитки (0.3 м), перекрываются известняками массивными, тонкокристаллическими, с участками слаболитифицированных органично-обломочных известняков гравийной размерности (рис. 5е). В отдельных прослоях наблюдаются разрозненные створки тонкостенных мелких раковин брахиопод и остракод (1.3 м). Выше известняки тонкоплитчатые афанитовые заключают прослой известняков более массивных, с куполовидными строматолитовыми постройками в диаметре до 60 см, с бугристыми поверхностями наложения, которые перекрываются мелкообломочными и плоскогалечниковыми породами. Мощность 9.1 м.

24. Известняки темно-серые мелкокристаллические, массивного сложения, с маломощными линзовидными прослоями мелкообломочной и плоскогалечниковой породы переслаиваются известняками плитчатыми со скоплениями мелких остракод. Мощность 8.4 м.

25. Известняки серые тонкокристаллические и афанитовые, с пропластками бурых глин. В кровле слоя известняки со скоплениями перекристаллизованного детрита. Мощность 4.8 м.

26. Известняки темно-серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые, с прослоями глинистого материала в основании слоя. Выше залегают из-





**Рис. 5.** Основные литологические типы в обнажении 10ц, р. Щугор.

а – известняковый песчаник грубозернистый, с гравийной примесью и единичными зернами оолитов (шлиф tr-129);  
б – известняковый песчаник мелко-, среднезернистый, с микритовым цементом и органогенно-обломочной примесью (шлиф tr-138); в – известняковый песчаник мелкозернистый, с гравийной примесью, зернами оолитов и органогенно-



обломочным материалом (шлиф mr-141); г – известняк тонкозернистый, обломочный, с тонким глинистым материалом; д – известняк глинистый, тонко-, мелкозернистый, микролинзовидно-слоистый, с органогенно-обломочным материалом шламовой размерности (шлиф vj-165); е – известняковый гравелит с органогенно-обломочным материалом (шлиф vj-170); ж – известняк биокластовый остракодовый (шлиф pt-186); з – известняк биокластовый с фрагментами колоний табулят и целыми створками остракод (шлиф pt-203).

**Fig. 5.** Main lithological types of rocks in the outcrop 10c, the Schugor River.

a – coarse-grained calcareous sandstone with gravel admixture and single grains of oolites (thin section mr-129); б – fine- and medium-grained calcareous sandstone with micritic cement and bioclastic admixture (thin section mr-138); в – fine-grained calcareous sandstone with gravel admixture, grains of oolites and bioclastic material (thin sections mr-141); г – fine-grained clastic limestone with thin clayey material; д – fine-grained argillaceous limestone with bioclastic material of slurry dimension (thin sections vj-165); е – calcareous gravelite with bioclastic material (thin sections vj-170); ж – bioclastic limestone with whole ostracod shells (thin sections pt-186); з – bioclastic limestone with fragments of tabulate colonies and whole ostracod shells (thin section pt-203).

известняки толстоплитчатые, заключающие крупные лепешко- и караваевидные строматолитовые постройки до 30 см в диаметре и высотой до 15 см и небольшие скопления остракод. Поверхности напластования бугристые (6.0 м). В кровле слоя – известняки с пропластками глинистого материала, заключающие обломки породы и скопления остракод *Herrmannina* aff *nana* Abushik, мелких раковин брахиопод *Spirinella* cf. *S. nordensis* (Ljashenko), *Hyatttidina* sp. В этом слое определены конодонты *Ozarkodina kozhimica* Melnikov, *Panderodus* cf. *recurvatus* (Rhodes). Мощность 6.0 м.

Мощность толщи II – 74.6 м.

#### Толща III (слои 27–38).

27. Известняки темно-серые тонкокристаллические, с пятнистой текстурой. В слое выделяются прослои с коричневым глинистым материалом, известняков с обломочным материалом в виде обломков гравелитов. В верхней части слоя – известняки с линзовидными скоплениями мелких раковин брахиопод *Glassina* (?) sp. и остракод *Herrmannina* sp. Мощность 8.0 м.

28. Известняки серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые, с мелкими остракодами, брахиоподами и обилием детрита криноидей. Мощность 3.8 м.

29. Известняки серые тонкокристаллические, пятнисто-полосчатые, с многочисленными фрагментами створок остракод. Мощность 3.5 м.

30. Известняки серые афанитовые, с прослоями известняков с гравелитами, детритом остракод и брахиопод. В верхней части слоя – плитчатые, с тонкими ходами илоедов. Мощность 7.5 м.

31. Известняки серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые, остракодовые, с прослоями коричневатых и розово-бурых глин до 0.5 см. Мощность 8.7 м.

32. Известняки темно-серые тонкокристаллические, тонкоплитчатые, с прослоями желтовато-серого доломита и детритом раковин мелких остракод. Мощность 5.2 м.

33. Известняки голубовато-серые афанитовые до тонкокристаллических. Мощность 0.7 м.

34. Известняки серые тонкокристаллические, полосчато-пятнистые, с прослоями известняка остракодового и крупными куполовидными строматолитами высотой до 12 см и диаметром до 60 см. Мощность 8.0 м.

35. Известняки темно-серые, биокластовые, с прослоями известняка остракодового. Мощность 2.5 м.

36. Известняки зеленовато-серые тонкокристаллические, с прослоями известняков афанитовых со скоплениями мелких остракод. В средней части слоя в отдельных прослоях наблюдаются скопления крупных остракод *Gibirella* sp. В слое определены конодонты и *Ozarkodina exavata* (Branson et Mehl), *Ozarkodina confluens* (Branson et Mehl), *Oulodus* ex gr. *kozhimicus* Melnikov, *Ctenognathodus* sp., *Coryssognathus* sp. Мощность 5.0 м.

37. Известняки серые афанитовые массивные, в верхней части слоя перекрываются доломитами коричневатого-серыми тонкоплитчатыми. Мощность 7.0 м.

Закрыто 10 м.

38. Известняки серые тонкокристаллические, отдельные прослои заключают мелкие остракоды, гастроподы, криноидеи и мелкими ребристые брахиоподы. В средней части слоя известняки афанитовые толстоплитчатые до массивных, с остракодами и единичными пелециподами. Верхнюю часть слоя составляют известняки с куполовидными строматолитами до 15 см в диаметре. В кровле наблюдается прослой известняка с мелкой галькой и единичными створками раковин остракод. Мощность 5.2 м.

Вскрытая мощность толщи III – 75.1 м.

Контакт войвывского горизонта венлока и падимейтивисского горизонта лудлова установлен в основании аргиллитов темно-коричневых, буровато-серых, мощностью 1.2 м, выше которых залегают известняки биокластовые, с фрагментами колоний табулят и целыми створками остракод (см. рис. 5ж, з); известняки плитчатые глинисто-доломитовые, заключающие скопления детрита пелеципод и мелких целых раковин остракод *Tollitia*

sp. и *Bingeria* sp. (4.7 м); известняки глинистые, серые, плитчатые кливажированные, со скоплениями створок остракод и тонкорестристых брахиопод *Lenatoechia clauda* T. Modzalevskaya (8.7 м); известняки зеленовато-серые алевролитистые (2.9 м); известняки серые афанитовые, с прослоями желтовато-зеленоватых глинисто-доломитовых плитчатых известняков со скоплениями остракод (1.4 м) и известняки серые тонкокристаллические, пятнисто-полосчатые, глинистые, с типичными лудловскими брахиоподами *Greenfieldia uberis* T. Modzalevskaya, *L. clauda* и табулятами *Parastriatopora* sp. (9.5 м). Мощность толщи падимейтивисского горизонта лудлова 27 м.

Строение изученного разреза войвывского горизонта отражает трансгрессивно-регрессивную направленность развития морского бассейна, существовавшего на современной территории западного склона Приполярного Урала в раннесилурийское время. Перестройки экосистем, обусловленные значительными изменениями среды обитания на рубежах лландовери – венлок, венлок – лудлов, способствовали сокращению биоразнообразия и затем обновлению таксономического состава биоты.

Нижняя часть разреза войвывского горизонта (толща I) формировалась преимущественно в сублиторально-литоральных обстановках мелководного шельфа. Для нее наиболее характерно чередование темно-серых, серых известняков тонкокристаллических до афанитовых, с пятнистой текстурой, известняков массивных кораллово-строматопоратых и известняков тонкоплитчатых с прослоями известняков биотурбированных с пропластками желтовато-серых и коричневатых глин, заключающих остатки раковин брахиопод и остракод. Формирование толщи II происходило в условиях приливно-отливной зоны литорали с активным гидродинамическим режимом. Об этом свидетельствует характер отложений – переслаивание известняков тонкоплитчатых со следами илоедов и прослоями красно-бурых и желтоватых глин, известняков строматолитовых, известняков органо-

генно-обломочных с гравелито-песчаниками, плоскогалечниковыми конгломератами, известняков биокластовых с фрагментами криноидей, остракод и брахиопод. Нижняя часть этой толщи не содержит определенных фаунистических остатков. В целом толща II характеризуется развитием крупных строматолитов с куполо- и караваевидными постройками до 80 см в диаметре. Как правило, строматолитовые постройки перекрываются известняками, заключающими обломочные породы. Подобное увеличение строматолитообразования в венлоке отмечено Д.К. Патруновым во второй пачке печороморских слоев венлока в разрезе о. Долгий (Патрунов и др., 1980). Отложения верхней части разреза (толща III) формировались в более стабильных условиях мелководного бассейна. Она сложена переслаиванием известняков серых и темно-серых без видимых остатков фауны, известняков биотурбированных, тонкоплитчатых с линзовидными скоплениями остракод и брахиопод, известняков массивных с пропластками коричневатых и розовато-бурых глин (до 0.5 см), пестроцветных доломитов (зеленовато- и желтовато-серых), известняков афанитовых с линзами детрита и крупными остракодами, пелециподами и фрагментами раковин брахиопод.

Анализ изотопных данных карбонатных пород в изученном разрезе силура в бассейне р. Щугор (обнажение 10ц) показал их низкий изотопный состав углерода (от –4.49 до –2.1‰) и кислорода (от 23.92 до 25.88‰) (табл. 1). Учитывая, что отложения формировались в условиях крайнего мелководья, можно предположить, что причиной низких значений  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$  являлся привнос изотопно-облегченных пресных вод с континента, насыщенных растворенной почвенной углекислотой в периоды гумидизации климата и возрастание терригенного стока (Кулешов, 2001; Юдович, Кетрис, 2010). Литологическим признаком поступления терригенного материала служит ритмичное чередование глинистых пропластков и прослоев с обломочным материалом. Сходный низкий изотопный состав углерода и кислорода отмечен и в дру-

**Таблица 1.** Изотопный состав углерода и кислорода в карбонатах (обнажение 10ц, р. Щугор)

**Table 1.** Isotope composition of the bulk carbonates (outcrop 10c, the Shchugor River)

Проба	Характеристика пород	Горизонт	$\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ PDB, ‰	$\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ SMOW, ‰
pt-203	Известняк биокластовый	Падимейтивисский	–2.1	25.9
pt-186	То же	То же	–3.7	24.7
vj-165	Известняк органогенно-обломочный глинистый	Войвывский	–4.2	24.4
mr-141	Известняковый песчаник	Маршрутинский	–4.2	23.9
mr-138	То же	То же	–3.1	25.3
mr-129	—	—	–4.3	23.9

гих разрезах нижнего силура на западном склоне Приполярного Урала, Северной Земле, поднятиях Чернова и Чернышева (Männik, Martma, 2000; Безносова и др., 2014; Шебошкин, Мянник, 2014; Matveev et al., 2020; Шебошкин, 2021), а также в разрезах скважин в пределах Хоревейской впадины (Анищенко и др., 2011). Низкие изотопные значения, характеризующие отложения лландовери и венлока на огромной территории Европейского Северо-Востока, позволяют предположить существование в это время сходных условий.

## БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Известно, что одним из факторов, который оказывал значительное влияние на систематический состав биоты, ее разнообразие и распределение в древнем морском бассейне, являлись батиметрические условия. Распространение брахиопод, остракод, конодонтов и других ископаемых организмов, наблюдаемое в изученном разрезе, отражает их приуроченность к определенным фациальным зонам бассейна.

**Брахиоподы.** Обнаруженные в пограничных отложениях лландовери и венлока в разрезе р. Щугор брахиоподы *Fardenia flabellata* Beznosova и *Atrypa* ex gr. *reticularis* Linnaeus являются характерными для маршрутинского горизонта лландовери. Ракушняковые скопления и разрозненные створки брахиопод *F. flabellata* хорошей сохранности приурочены к отложениям верхней половины маршрутинского горизонта в разновозрастных толщах на Приполярном Урале, поднятии Чернышева и в пробуренных скважинах (1-Верхняя, Лодма, 1-Южно-Баядысская (Безносова, 2008). Небольшие по размеру *Fardenia flabellata* и *Atrypa* sp. были оснащены ребрами, складками и шлейфами, что способствовало адаптации к условиям существования в тиховодных участках дна с мягким иловым грунтом. Батиметрически эти брахиоподы относятся к экологическому типу свободнолежащих и второму бентосному комплексу (БК) А. Буко (Boucot, 1975).

Брахиоподы *Spirinella* cf. *S. nordensis* (Ljashenko), обнаруженные в двух слоях второй пачки войвывского горизонта, представлены скоплениями отдельных створок мелких раковин. Такой характер захоронения свидетельствует о неблагоприятных условиях и может рассматриваться как индикатор перестройки в бассейне (Сарычева и др., 1963; Невесская, 1998). Батиметрически представители рода *Spirinella* Johnston относятся к БК-3 и группе сообществ якорных брахиопод ровного дна, обитавших на уплотненных грунтах, к которым раковины прикреплялись с помощью ножки (Безносова, 2008, 2019). В ископаемом состоянии это монотаксонное сообщество широко представлено в венлокских отложениях, формировавшихся в относи-

тельно более глубоководных условиях бассейна, существовавшего на современной территории поднятий Чернышева и Чернова (Патрунов и др., 1980; Модзалевская, Безносова, 1992; Безносова, 2008; Безносова и др., 2014). Редкая встречаемость брахиопод *Spirinella* в отложениях венлока на Приполярном Урале в бассейне рек Кожым и Щугор, возможно, связана с неподходящими для их развития мелководными условиями, повышенной соленостью и отсутствием уплотненного субстрата, к которому раковины прикреплялись с помощью ножки. Интервал распространения брахиопод *S. nordensis* в изученных разрезах силура ограничен войвывским горизонтом. Как показали полевые наблюдения, в захоронениях сообщество *Spirinella* представлено целыми сочлененными раковинами различных возрастных стадий с незначительной возрастной морфологической изменчивостью и невысокой плотностью популяций (рис. 6). Представители рода *Spirinella* известны в венлоке и лудлове Алтая (Кульков, 1967), о. Готланд, Великобритании, в лландовери и венлоке Северной Америки и Арктической Канады, в венлоке Австралии (Sheehan, 1980; Strusz, 1985, 2010; Gourvennes, 2000), Богемии, Монголии и на Юге Китая (Gourvennes, 2000; Chen et al., 2012).

Сравнительная характеристика позднелландоверийских (маршрутинских) и венлокских (войвывских) сообществ брахиопод показала, что они различаются таксономическим составом, морфологией и условиями обитания (Безносова, 2019). Изменения таксономического и морфоэкологического состава раннесилурийских брахиопод отражают общую тенденцию обмеления Тимано-Североуральского бассейна в позднелландоверийское время.

Благодаря относительно быстрой эволюции во времени и широкому распространению в шельфовых отложениях брахиоподы активно используются при построении региональных стратиграфических шкал. Результаты изучения брахиопод силура западного склона Урала, поднятий Чернова и Чернышева и разрезов скважин, пробуренных на территории Тимано-Печорской нефтегазосной провинции, с учетом распространения этой группы фауны в других регионах важны для корреляции (Безносова, 2008; Безносова и др., 2020).

**Остракоды.** В изученном разрезе в верхних слоях маршрутинского горизонта комплекс остракод представлен тремя видами: *Herrmannina* aff. *nana*, *Hogmochillina* sp. и *Gibbirella* aff. *jejuma*. Вид *G. aff. jejuma* известен из позднелландоверийских ранневенлокских отложений Сибирской платформы (Абушик, 1980). А.Ф. Абушик, установившая биостратиграфическую последовательность остракод в разрезах силура, выделила зональные виды венлока *Herrmannina insignis* и *Eukloedenella grandifabae* (см. рис. 6) и отметила их распространение в разновозрастных толщах на Приполярном





**Рис. 6.** Пограничные отложения лландовери и венлока в обнажении 73, р. Балбанью, левый приток р. Кожым, Приполярный Урал.

В основании рифогенной толщи светлые доломиты заключают венлокские конодонты *Kockellella* ex gr. *patula* Walliser. В обломках темных доломитов, подстилающих рифогенную толщу, заключены лландоверийские конодонты *Distomodus staurogathoides* Walliser и *Apsidognathus* aff. *tuberculatus* Walliser (определения конодонтов – С.В. Мельникова).

**Fig. 6.** Llandoveryan-Wenlockian boundary deposits in the outcrop 73, the Bolbanyu River, left tributary of the Kozhym River, Subpolar Urals.

At the base of the reef strata, light dolomites contain Wenlockian conodonts *Kockellella* ex gr. *patula* Walliser. The fragments of dark dolomites contain the Llandoveryan conodonts *Distomodus staurogathoides* Walliser and *Apsidognathus* aff. *tuberculatus* Walliser (definitions of conodonts S.V. Melnikov).

Урале (реки Кожым и Щугор), поднятиях Чернышева (р. Шарью) и Чернова, р. Падимейтивис и печороморских слоях о. Долгий (Абушик, 1980, Abushik, 2000). Подобная последовательность и смена лландоверийского комплекса остракод венлокским (зоны *insignis*–*grandifabae*) прослежена Л.А. Шамсутдиновой (Безносова и др., 2020) в разрезах многочисленных скважин, пробуренных на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Значительное изменение комплексов остракод на рубеже лландовери и венлока отражает смену палеоэкологических обстановок и подтверждает существование перерыва в осадконакоплении на границе лландовери–венлок (Безносова и др., 2020). Комплексы остракод позднего лландовери–раннего

венлока Тимано-Печорского региона, Урала, Подольи, Балтийского региона, Северной Земли, Новой Земли и Сибири практически идентичны во всех изученных регионах (Abushik, 2000).

**Конодонты.** В рассматриваемом разрезе на р. Щугор выделены два комплекса конодонтов которые заключают стратиграфически важные таксоны. Комплекс конодонтов маршрутинского горизонта включает *Apsidognathus*. sp. и *Ozarkodina waugoolaensis* Bischoff., значимые для определения лландоверийского возраста отложений. Комплекс конодонтов войвывского горизонта заключает *Ozarkodina kozhimica* Melnikov, *Oz. excavata* (Branson & Mehl), *Oz. confluens* (Branson et Mehl), *Panderodus* cf. *recurvatus* (Rhodes) и *Ctenognathodus*

sp. С.В. Мельников, установивший стратиграфическое и экологическое распространение конодонтов силура в разрезах западного склона Приполярного Урала и разрезах скважин Тимано-Печорской провинции, указал на принадлежность этих двух комплексов к отложениям мелководных фаций (Мельников, 1999; Melnikov, Zhemchugova, 2000). *Stenognathodus* Fay – наиболее распространенный род в верхнем венлоке и лудлове Тимано-Североуральского региона и Северной Земли (Мельников, 1999; Männik, 2007; Männik et al., 2009).

Развитию остракодовой и конодонтовой фауны, а также микробиальным строматолитообразующим сообществам не препятствовали мелководные условия осадконакопления, изменения режима солености, гидродинамики и мягкий илистый грунт. Постепенное снижение относительного уровня моря в конце лlandoвери характеризуется сокращением таксономического разнообразия бентосной фауны и вымиранием отдельных таксонов.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изучение венлокских отложений на территории Тимано-Североуральского региона показало, что разрез войвывского горизонта в бассейне р. Щугор (обнажении 10ц) общей мощностью 197.8 м по степени обнаженности, установленной стратиграфической полноте и сохранности остатков макро- и микрофауны, может считаться наиболее информативным на территории Североуральского региона. Нижняя граница войвывского горизонта принята в кровле толщи известняков с трещинами усыхания, эрозионными поверхностями размывов, верхняя граница – в основании аргиллитов темно-коричневых, буровато-серых.

Установленные в этом разрезе фаунистические ассоциации присутствуют почти во всех изученных разрезах маршрутинского и войвывского горизонтов на Приполярном Урале, на поднятиях Чернышева и Чернова, а также в разрезах скважин на территории Тимано-Печорской нефтегазодобывающей провинции (Abushik, 2000; Жемчугова и др., 2001; Безносова, 2008; Безносова и др., 2020). Смена ассоциаций тимано-североуральской фауны при переходе через рубеж лlandoвери – венлок и специфика развития биоты в значительной мере были обусловлены экологическими факторами, влиявшими на систематический состав всей биоты, ее разнообразие, морфологические перестройки, и в меньшей мере эволюционными процессами. Обмеление бассейна с формированием литоральных фаций и развитием цианобактериальных сообществ привело к исчезновению в конце лlandoвери табулят, брахиопод, остракод и платформенных конодонтов и перерыву в осадконакоплении.

В результате послонного изучения разрезов венлока на Приполярном Урале (обн. 73, 212,

217), поднятиях Чернышева (обн. 64, 65) и Чернова (обн. 1, 2), во всех перечисленных обнажениях (см. рис. 1) в основании войвывского горизонта нами установлены разные по мощности интервалы, которые наряду с остатками венлокских брахиопод, конодонтов, остракод содержат остатки лlandoверийской микрофауны, в основном конодонты (см. рис. 4) (Безносова и др., 2014; Безносова, Соколова, 2015). Так, на западном склоне Приполярного Урала, в бассейне р. Щугор (обн. 10ц) мощность интервала с совместными находками венлокских остракод *Herrmannina insignis* и лlandoверийских брахиопод *Fardenia flabellata* составляет около 19 м.

В бассейне р. Кожым (обн. 217) лlandoверийские конодонты *Apsidognathus* Walliser, а также венлокские брахиоподы *Spirinella* sp. и остракоды *Herrmannina insignis* Abushik обнаружены в интервале мощностью 17.3 м. На поднятии Чернышева в разрезе р. Шарью (обн. 64, 65) интервал совместного распространения брахиопод *S. nordensis* (Ljashenko), *Hyattidina* sp. и конодонтов *Apsidognathus* составляет 14.5 м (Безносова, Соколова, 2015).

На поднятии Чернова в нижней части разреза венлока, на руч. Безымянный (обнажение 1) выделяется интервал, сложенный штормовыми отложениями, мощностью более 100 м, который включает биостром с обилием остатков ругоз, табулят, строматопороидей, а также брахиоподы и остракоды, датирующие венлокский возраст этих отложений. Комплекс конодонтов этого интервала включает лlandoверийские и венлокские таксоны, что свидетельствует о размыве и переотложении лlandoверийских отложений. Общая мощность венлокской толщи в этом разрезе составляет около 200 м (Безносова и др., 2014; Matveev et al., 2020).

После перерыва в осадконакоплении в венлоке продолжала развиваться кораллово-строматопоратая фауна, которая на отдельных территориях формировала органогенные постройки. Повышение уровня моря в начале венлока прерывало рифообразование на окраине шельфа (см. рис. 6) (Жемчугова и др., 2001; Безносова, Мянник, 2005; Танинская, 2010). Например, в западной части Эстонии масштаб перерыва на рубеже лlandoвери и венлока соответствует как минимум четырем конодонтовым зонам: *Pseudooneotodus bicornis*, *Pterospirifer pennatus procerus*, возможно, верхней подзоне *amorphognathoides* *amorphognathoides* и зоне *Kockelella granuliformis* или ее части (Männik, 2007). К сожалению, эти зональные виды не обнаружены в разрезе силура Тимано-Североуральского региона, что препятствует определению масштаба этого перерыва.

Строение разреза войвывского горизонта отражает трансгрессивно-регрессивное развитие западноуральского морского бассейна в течение венлока. Увеличение слоев с кораллово-строматопоратой фауной, наблюдаемое в нижней части вой-



вывского горизонта, выше по разрезу сменяется возрастанием количества ракушняковых прослоев и строматолитовых построек. Верхняя часть разреза выделяется отчетливым уменьшением численности фаунистических остатков, представленных преимущественно остракодами и возобновлением строматолитообразования, что свидетельствует о регрессивной последовательности отложений в конце венлока. Стратиграфически биотические события хорошо связываются с изменением условий седиментации, что имеет большое значение для поиска временных корреляций.

Региональная граница между лландовери и венлоком соответствует контакту маршрутинского и войвывского горизонтов. Эта граница рассматривается как важный событийный рубеж в эволюции бентосных организмов и экосистем, который определяется исчезновением отдельных групп фауны, в том числе платформенных конодонтов, перерывом в осадконакоплении в конце лландовери и восстановлением разнообразия биоты в венлоке, отличавшейся обновленным таксономическим составом.

Существующие трудности определения границ крупных стратон в Североуральских разрезах нередко связаны с отсутствием четких литологических маркеров и непрерывной фаунистической охарактеризованности разновозрастных толщ, а также часто наблюдаемой плохой сохранностью ископаемых остатков бентосной фауны в широко развитых отложениях мелководных фаций.

### Благодарности

Авторы благодарят И.В. Смолеву – инженера ЦКП “Геонаука” Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН за определение изотопного состава углерода и кислорода в карбонатных породах. Особая благодарность двум анонимным рецензентам за конструктивные замечания, которые помогли улучшить эту статью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абушик А.Ф. (1980) Силурийские и раннедевонские остракоды. *Силурийские и нижнедевонские отложения острова Долгого*. (Отв. ред. В.П. Сапельников). Свердловск: УНЦ АН СССР, 107-140.
- Анищенко Л.А., Клименко С.С., Процько О.С., Силаев В.И. (2011) Результаты изотопно-геохимических исследований карбонатолитов в пределах нефтегазоносных Хорейверская и Денисовской впадин. *Геология и геохимия горючих ископаемых Европейского Севера России*. Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН, вып. 128, 26-44.
- Безносова Т.М. (1994) Биостратиграфия и брахиоподы силура Европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука, 128 с.
- Безносова Т.М. (2008) Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. Екатеринбург: УрО РАН, 217 с.
- Безносова Т.М. (2019) Событийный фактор в эволюции Тимано-Североуральских сообществ брахиопод позднего ордовика и раннего силура. Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН, вып. 131, 17-21. <https://doi.org/10.19110/0568-6156-2019-1-3>
- Безносова Т.М., Лукин В.Ю. (2009) Войвывский горизонт – новое стратиграфическое подразделение. *Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России*. Мат-лы XV Геол. съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 15-18.
- Безносова Т.М., Матвеев В.А. (2022) Региональная кривая изотопов углерода и биотические события в силуре западного склона Приполярного Урала и поднятия Чернова. *Вестн. геонаук*, 9(333), 31-36. <https://doi.org/10.19110/geov.2022.9.4>
- Безносова Т.М., Матвеев В.А., Шамсутдинова Л.Л. (2020) Новые данные по стратиграфии и обновленная схема корреляции верхнего ордовика и силура Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и севера Урала. *Изв. Коми НЦ УрО РАН. Сер.: Науки о Земле*, 6(46), 75-89. <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-6-75-89>
- Безносова Т.М., Мянник П. (2005) Граница лландовери и венлока на севере палеоконтинента Балтия. *Докл. АН*, 401(5), 655-658.
- Безносова Т.М., Мянник П., Майдль Т.В., Лукин В.Ю., Матвеев В.А. (2014) Условия осадконакопления и биота в раннем силуре на гряде Чернова. *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, (3), 14-18.
- Безносова Т.М., Соколова Л.В. (2015) Пограничные отложения лландовери и венлока центральной части гряды Чернышева. *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, (12), 24-30.
- Жемчугова В.А., Мельников С.В., Данилов В.Н. (2001) Нижний палеозой Печорского нефтегазоносного бассейна (строение, условия образования, нефтегазоносность). М.: Изд-во Академии горных наук, 110 с.
- Кулешов В.Н. (2001) Эволюция изотопных углекислотно-водных систем в литогенезе. Сообщ. 1. Седиментогенез и диагенез. *Литология и полез. ископаемые*, (5), 491-508.
- Кульков Н.П. (1967) Брахиоподы и стратиграфия силура Горного Алтая. М.: Наука, 151 с.
- Мельников С.В. (1999) Конодонты ордовика и силура Тимано-Североуральского региона. СПб.: ВСЕГЕИ, 136 с.
- Модзалевская Т.Л., Безносова Т.М. (1992) Некоторые силурийские спирифериды Печорского Урала и островов Советской Арктики. Фанерозой Европейского Севера России. Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН, вып. 75, 4-16.
- Мянник П. (1999) Конодонты ордовика и силура. *Стратиграфия силура и девона архипелага Северная Земля*. (Ред. Р.Г. Матухин, В.Вл. Меннер). Новосибирск: СНИИГГиМС, 110-120.
- Невесская Л.А. (1998) Этапы развития бентоса фанерозойских морей. Палеозой. М.: Наука, 503 с.
- Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой). (1994) (Отв. ред. Н.Я. Анцыгин). Екатеринбург, 152 с.
- Опорные разрезы верхнего ордовика и нижнего силура Приполярного Урала. (1987) (Ред. В.С. Цыганко, В.А. Чермных). Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 94 с.
- Опорные разрезы пограничных отложений силура и девона Приполярного Урала. (1983) (Ред. В.С. Цыганко, В.А. Чермных). Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 136 с.

- Патрунов Д.К., Шуригина М.В., Черкесова С.В. (1980) Силур и нижний девон на острове Долгом. Силурийские и нижнедевонские отложения острова Долгого. (Отв. ред. В.П. Сапельников). Свердловск: УНЦ АН СССР, 3-26.
- Сарычева Т.Г., Сокольская А.Н., Безносова Г.А., Максимова С.В. (1963) Брахиоподы и палеогеография карбона Кузнецкой котловины. М.: АН СССР, 547 с.
- Стратиграфический кодекс России. (2006) Изд. 3-е. СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Стратиграфический кодекс России. (2019) Изд. 3-е, испр. и доп. СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Танинская Н.В. (2010) Седиментологические критерии прогноза коллекторов в среднеордовикско-нижнедевонских отложениях Тимано-Печорской провинции. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, **5**(4).
- Черных В.А., Безносова Т.М. (1989) Комиссия по ордовикской и силурийской системам. *Изв. АН СССР. Сер. Геол.*, (11), 139-141.
- Шеболкин Д.Н. (2021) Изотопно-геохимическая характеристика венлокских карбонатных и терригенно-карбонатных отложений Приполярного Урала и южной части гряды Чернышева. *Литосфера*, **21**(6), 829-848. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2021-21-6-829-848>
- Шеболкин Д.Н., Мянник П. (2014) Венлокские отложения южной части гряды Чернышева (Тимано-Североуральский регион). *Литосфера*, (1), 33-40.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (2010) Соотношения изотопов углерода в стратосфере и биосфере: четыре сценария. *Биосфера*, (2), 231-246.
- Abushik A.F. (2000) Silurian – earliest Devonian ostracode biostratigraphy of the Timan-Northern Ural region. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 112-125.
- Antoshkina A.I. (2000) The Silurian of the Timan-Northern Ural region. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 69-84.
- Beznosova T.M. (2000) Silurian brachiopods in the Timan-Northern Ural region: zonation and palaeoecology. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 85-103.
- Boucot A.J. (1975) Evolution and Extinction Rate Controls. Amsterdam: Elsevier, 427 p.
- Chen P., Jin J., Lens A.C. (2012) Palaeoecology of transported brachiopod assemblages embedded in black shale, Cape Phillips Formation (Silurian), Arctic Canada. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **367-368**, 103-120. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.11.013>
- Gourvennec R. (2000) The evolution, radiation and biogeography of early spiriferid brachiopods. *Records of the Australian Museum Suppl.*, **58**, 335-347.
- Männik P. (2007) An updated Telychian (Late Llandovery, Silurian) conodont zonation based on Baltic faunas. *Lethaia*, **40**, 45-60. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2006.00005.x>
- Männik P., Bogolepova O.K., Pöldvere A., Gubanov A.P. (2009). New data on Ordovician–Silurian conodonts and stratigraphy from the Severnaya Zemlya archipelago, Russian Arctic. *Geol. Mag.*, **146**, 497-519. <https://doi.org/10.1017/S0016756809006372>
- Männik P., Martma T. (2000) The Llandovery – Wenlock boundary in Subpolar Urals. *Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna: Ichthyolith Iss., Spec. Publ.*, **6**, 64-67.
- Matveev V.A., Beznosova T.M., Gomze L.A. (2020) Wenlock-Ludlow boundary sediments on Chernov uplift (Arctic region of Russia). *Épitoanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, **72**(5), 169-173. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28>
- Melnikov S.V., Zhemchugova V.A. (2000) Lower Silurian stratigraphy of the Timan-Northern Ural region and eustatic fluctuation. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 85-103.
- Sheehan P.M. (1980) Late Ordovician and Silurian of the Eastern Great Basin. Pt 4. Late Llandovery and Wenlock Brachiopods. *Milwaukee Public Mus. Contrib. Biol. Geol.*, **30**, 23 p.
- Strusz D.L. (1985) Brachiopoda from the Silurian of Fyshwick Canberra, Australia. Bureau of Mineral Resource. *J. Austral. Geol. Geophys.*, **19**, 107-119.
- Strusz D.L. (2010) Silurian spiriferidae brachiopods from Yass and Molong, New South Wales, and Canberra, Australian Capital Territory. *Memoris of the Association of Australian Palaeontologists*, **39**, 85-120.
- Abushik A.F. (1980) Silurian and Early Devonian ostracods. *Silurian and Lower Devonian deposits of the Dolgiy Island*. (Ed. by V.P. Sapelnikov). Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 107-140. (In Russ.)
- Abushik A.F. (2000) Silurian – earliest Devonian ostracode biostratigraphy of the Timan-Northern Ural region. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 112-125.
- Anischenko L.A., Klimenko S.S., Protsko O.S., Silaev V.I. (2011) Results of isotopic-geochemical studies of carbonatolites within the oil-and-gas-bearing Khoreyverskaya and Denisovskaya depressions. *Geology and geochemistry of combustible fossils of the European North of Russia. Tr. IG Komi NTs UrO RAN*, vyp. 128, 26-44. (In Russ.)
- Antoshkina A.I. (2000) The Silurian of the Timan-Northern Ural region. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 69-84.
- Beznosova T.M. (1994) Biostratigraphy and brachiopods of Silurian European North East of Russia). St.Petersburg, Nauka Publ., 128 p. (In Russ.)
- Beznosova T.M. (2000) Silurian brachiopods in the Timan-Northern Ural region: zonation and palaeoecology. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 85-103.
- Beznosova T.M. (2008) Brachiopod communities and biostratigraphy of Upper Ordovician, Silurian and Lower Devonian of North-Eastern margin of Baltica paleocontinent. Ekaterinburg, UrO RAN, 218 p. (In Russ.)
- Beznosova T.M. (2019) The event factor in the evolution of the Timan-Northern Ural brachiopod communities of the Late Ordovician and Early Silurian. *Tr. IG Komi NTs UrO RAN*, vyp. 131, 17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.19110/0568-6156-2019-1-3>
- Beznosova T.M., Lukin V.Yu. (2009) Voivyy Regional Stage – a new stratigraphic unit. *Geology and mineral resources of the European North-East of Russia. Proc. XV Geol. Conf. Syktyvkar, IG Komi NTs UrO RAN*, 15-18. (In Russ.)
- Beznosova T.M., Männik P. (2005) The Llandovery-Wenlock boundary of the Northern part of the Baltica paleocontinent. *Dokl. Earth. Sci.*, **401**(3), 374-377 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **401**(5), 655-658).
- Beznosova T.M., Männik P., Majdl' T.V., Lukin V.Yu., Matveev B.A. (2014) Sedimentation conditions and bio-



- ta at Llandoveryan-Wenlockian boundary (Chernov Uplift). *Vestn. IG Komi NTs UrO RAN*, (3), 14-18. (In Russ.)
- Beznosova T.M., Matveev V.A., Shamsutdinova L.L. (2020) New data on stratigraphy and an updated correlation scheme of the upper Ordovician and Silurian of the Timan-Pechora oil and gas province and the North of the Urals. *Izv. Komi NTs UrO RAN. Ser. Nauki o Zemle*, **6**(46), 75-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-6-75-89>
- Beznosova T.M., Sokolova L.V. (2015) Llandovery-Wenlock boundary from Silurian central part Chernyshev Ridge. *Vestn. IG Komi NTs UrO RAN*, (12), 24-30. (In Russ.)
- Beznosova T.M., Matveev V.A. (2022) Regional carbon isotope curve and biotic events in the Silurian of the Western slope of the Subpolar Urals and Chernov Uplift. *Vestn. geonauk*, **9**(333), 31-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.19110/geov.2022.9.4>
- Boucot A.J. (1975) Evolution and Extinction Rate Controls. Amsterdam, Elsevier, 427 p.
- Chen P., Jin J., Lens A.C. (2012) Palaeoecology of transported brachiopod assemblages embedded in black shale, Cape Phillips Formation (Silurian), Arctic Canada. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **367-368**, 103-120. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.11.013>
- Chernykh V.A., Beznosova T.M. (1989) Commission on Ordovician and Silurian Systems. *Izv. AS USSR. Ser. Geol.*, (11), 139-141. (In Russ.)
- Explanatory note to Ural stratigraphic maps. (1994) (Ed. by N.Ya. Antsygin). Ekaterinburg 95 p. (In Russ.)
- Gourvenec R. (2000) The evolution, radianion and biogeography of early spiriferid brachiopods. *Records of the Australian Museum Suppl.*, **58**, 335-347.
- Kul'kov N.P. (1967) Brachiopody I stratigrafia silura Gornogo Altaya. Moscow, Nauka Publ., 148 p. (In Russ.)
- Kuleshov V.N. (2001) Evolution of isotopic carbon dioxide-water systems in lithogenesis. Report 1. Sedimentogenesis and diagenesis. *Litologiya i Polez. Iskopaemye*, (5), 491-508. (In Russ.)
- Männik P. (1999) Ordovician and Silurian conodonts. *Stratigraphy of the Silurian and Devonian of the Severnaya Zemlya archipelago*. (Ed. by R.G. Matuhin, V.V. Mennner). Novosibirsk, SNIIGiMS, 110-120. (In Russ.)
- Männik P. (2007) An updated Telychian (Late Llandovery, Silurian) conodont zonation based on Baltic faunas. *Lethaia*, **40**, 45-60. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2006.00005.x>
- Männik P., Bogolepova O.K., Pöldvere A., Gubanov A.P. (2009). New data on Ordovician-Silurian conodonts and stratigraphy from the Severnaya Zemlya archipelago, Russian Arctic. *Geol. Mag.*, **146**, 497-519. <https://doi.org/10.1017/S00167568090006372>
- Männik P., Martma T. (2000) The Llandovery – Wenlock boundary in Subpolar Urals. *Pan-Artic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna: Ichthyolith Iss., Spec. Publ.*, **6**, 64-67.
- Matveev V.A., Beznosova T.M., Gomze L.A. (2020) Wenlock-Ludlow boundary sediments on Chernov uplift (Arctic region of Russia). *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, **72**(5), 169-173. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28>
- Melnikov S.V. (1999) Conodonts of the Ordovician and Silurian of the Timan-Northern Ural region. St.Petersburg, VSEGEI, 136 p. (In Russ.)
- Melnikov S.V., Zhemchugova V.A. (2000) Lower Silurian stratigraphy of the Timan-Northern Ural region and eustatic fluctuation. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, **49**(2), 85-103.
- Modzalevskaya T.L., Beznosova T.M. (1992) Some Silurian Speriferidae from Silurian Pechorskij Ural and Soviet Union Arctic Islands. Phanerozoic European North of Russia. *Tr. IG Komi NTs UrO RAN*, (75), 4-16. (In Russ.)
- Neveskaya L.A. (1998) Stages of Benthos Development in Phanerozoic seas. Paleozoic. Moscow, Nauka Publ., 503 p. (In Russ.)
- Patrunov D.K., Shurygina M.V., Cherkesova S.V. (1980) Silurian and Lower Devonian deposits on Dolgiy Island. *Silurian and Lower Devonian deposits on the Dolgiy Island*. (Ed. by V.P. Sapelnikov). Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 3-26. (In Russ.)
- Reference sections of the Silurian/Devonian Boundary Deposits of Subpolar Urals. (1983) (Ed. by V.S. Tsyganko, V.A. Chernykh). Syktyvkar, Komi NTs AN SSSR, 136 p. (In Russ.)
- Reference sections of Upper Ordovician and Lower Silurian of Subpolar Urals. (1987) (Ed. by V.S. Tsyganko, V.A. Chernykh). Syktyvkar, Komi NTs AN SSSR, 94 p. (In Russ.)
- Russian stratigraphic code. (2006) 3rd ed. St.Petersburg, VSEGEI, 96 p. (In Russ.)
- Russian stratigraphic code. (2019) 3rd ed., corr. St.Petersburg, VSEGEI, 96 p. (In Russ.)
- Sarycheva T.G., Sokolskaya A.N., Beznosova G.A., Maksimova S.V. (1963) Brachiopods and paleogeography of the Carboniferous of the Kuznetsk Basin. Moscow, AN SSSR, 547 p. (In Russ.)
- Shebolkin D.N. (2021) Isotope-geochemical characteristics of Wenlock carbonate and terrigenous-carbonate deposits of the Subpolar Urals and the southern part of the Chernyshev ridge. *Lithosphere (Russia)*, **21**(6), 829-848. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2021-21-6-829-848>
- Shebolkin D.N., Männik P. (2014) Wenlock deposits in the southern part of the Chernyshev Swell (Timan-Northern Ural region). *Lithosphere (Russia)*, (1), 33-40. (In Russ.)
- Sheehan P.M. (1980) Late Ordovician and Silurian of the Eastern Great Basin. Pt 4. Late Llandovery and Wenlock Brachiopods. *Milwaukee Public Mus. Contrib. Biol. Geol.*, **30**, 23 p.
- Strusz D.L. (1985) Brachiopoda from the Silurian of Fyshwick Canberra, Australia. Bureau of Mineral Resource. *J. Austral. Geol. Geophys.*, **19**, 107-119.
- Strusz D.L. (2010) Silurian spiriferidae brachiopods from Yass and Molong, New South Wales, and Canberra, Australian Capital Territory. *Memoris of the Assotiation of Australian Palaeontologists*, **39**, 85-120.
- Taninskaya N.V. (2010) Sedimentological criteria of reservoirs forecast of the middle Ordovician and Lower Devonian deposits (Timan-Pechora province). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, **14**(2). (In Russ.)
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. (2010) Correlation of carbon isotopes in the stratosphere and biosphere: four scenarios. *Biosfera*, (2), 231-246. (In Russ.)
- Zhemchugova V.A., Mel'nikov S.V., Danilov V.N. (2001) Lower Paleozoic of the Pechora oil basin: structure and conditions of formation. Moscow, *Izd-vo Akademii gornyykh nauk*, 110 p. (In Russ.)