

DOI: 10.17353/2070-5379/46\_2023

УДК 571.733.31/.33(470.111)

**Матвеев В.А., Безносова Т.М.**

Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, [vamatveev@geo.komisc.ru](mailto:vamatveev@geo.komisc.ru)

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ВЕНЛОКА И НИЖНЕГО ЛУДЛОВА В ОПОРНОМ РАЗРЕЗЕ СИЛУРА НА ПОДНЯТИИ ЧЕРНОВА (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

*Охарактеризованы особенности строения пограничных отложений верхнего венлока и нижнего лудлова в опорном разрезе силура, расположенном в центральной части поднятия Чернова, в Арктической зоне Европейского Северо-Востока России. Выявлены значительные изменения в обстановках осадконакопления, в составе некоторых групп органических остатков и поведении изотопов углерода и кислорода, совпадающие с глобальными биотическими и изотопными событиями, свидетельствующими о крупной экосистемной перестройке на рубеже венлока и лудлова. Проведенная биостратиграфическая корреляция изученных разнофациальных толщ силура в бассейне р. Падимейтивис с одновозрастными отложениями на западном склоне Приполярного Урала, на поднятии Чернышева и на острове Долгий позволяет обоснованно считать уникальной стратиграфическую полноту отложений венлока и лудлова в разрезе силура на поднятии Чернова.*

**Ключевые слова:** венлок, лудлов, силур, изотопы углерода и кислорода, биостратиграфическая корреляция, поднятие Чернова, Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция.

### **Введение**

Выходы раннепалеозойских толщ в бассейне р. Падимейтивис впервые установлены и описаны Г.А. Черновым в 1941 г. (1964 г.). Результаты проведенного им изучения карбонатно-терригенного разреза силура на поднятии Чернова и коллекций ископаемой фауны приведены в полевых дневниках, тематических отчетах и опубликованных работах. Г.А. Чернов установил последовательность залегания силурийских толщ, расчленил силурийские отложения на ярусы и отметил исключительное значение исследований палеозойских пород для поисково-разведочных работ на нефть и газ (1964, 1966, 1972 гг.). Результаты дальнейшего изучения строения силурийского разреза на поднятии Чернова изложены в ряде публикаций [Ляшенко, 1964; Князев, 1965; Тимонин, 1998; Антошкина, Безносова, 1988; Безносова, 2008; Безносова и др., 2014; Майдль, Котик, 2017; Modzalevskaya, Wenzel, 1999; Abushik, 2000].

Первые результаты проведенного изучения разреза силура по ручью Безымянному и реке Падимейтивис общей мощностью 205 м опубликованы ранее [Matveev, Beznosova, Gomze, 2020]. Настоящая статья посвящена существенной детализации исследований пограничного интервала венлока и лудлова мощностью 121,4 м только в бассейне р. Падимейтивис, где

вскрывается контакт этих отложений. В этой статье уделено должное внимание литологической, палеонтологической, геохимической и хемотратиграфической характеристикам.

Впервые приведены микроскопическое описание пород этого интервала, а также данные распределения изотопного состава кислорода и содержания бария и стронция, которые фиксируют изменение условий осадконакопления. Для палеонтологического обоснования положения рубежа венлока и лудлова дополнена характеристика таксономического состава биоты определениями цефалопод и остракод, которые наряду с брахиоподыми, являются основными группами фауны, датирующими возраст этих толщ. Проведенное сопоставление изученного интервала разреза с одновозрастными отложениями на западном склоне Приполярного Урала, на поднятии Чернышева и на о-ве Долгий, показало уникальную стратиграфическую полноту отложений венлока и лудлова в бассейне р. Падимейтывис. Палеонтологически обоснованный рубеж нижнего и верхнего силура в разрезе на поднятии Чернова скоррелирован с глобальным событием на границе венлока и лудлова, установленном в других силурийских палеобассейнах (Норвегии, Эстонии, в Подолии, на о-ве Готланд).

В стратиграфической схеме Урала граница между венлоком и лудловом в западноуральском регионе условно принята в литологически однородной толще по появлению остракод *Shrencka uralensis* Abushik в основании падимейтывисского горизонта лудлова. При этом отмечено, что проблема соответствия уровней ярусных границ, принятых в субрегиональной схеме Урала, границам ярусов МСШ является трудноразрешимой [Объяснительная записка, 1994]. Как известно, в карбонатных породах Михайловско-Вайгачской зоны отсутствуют граптолиты и «обоснование ярусной принадлежности толщ и уровней границ производится через сопоставление с разрезами смежных районов Русской платформы, в частности с разрезами Прибалтики, где установлены соотношения карбонатных пород с раковинной фауной и сланцевых пород с граптолитами» [Объяснительная записка, 1994, с. 54]. По мнению авторов, общая мощность разреза силура на поднятии Чернова составляет более 900 м. Самыми древними в этом разрезе силура являются отложения венлока мощностью до 300 м, первые выходы которых вскрываются по ручью Безымянный. Рассматриваемый в настоящей статье интервал разреза силура вскрывается на р. Падимейтывис, охватывая пограничные отложения венлока и лудлова.

### Материалы и методы

Разрез силура в бассейне р. Падимейтывис в 2010 и 2017 гг. изучали В.Ю. Лукин, В.А. Матвеев и П. Мянник. Материалом для данной статьи послужили послойно собранные ими коллекции, насчитывающие более 300 образцов осадочных пород с остатками фауны и

образцов для различных видов анализов. Фаунистические остатки исследовали Т.М. Безносова (брахиоподы), Л.Л. Шамсутдинова (остракоды), П. Мянник (конодонты руч. Безымянного и р. Падимейтывис), Л.В. Соколова (конодонты р. Падимейтывис), Т. Мярс (позвоночные). Литологические образцы изучал В.А. Матвеев. Также учтены ранее выполненные заключения о возрасте пород по остракодам А.Ф. Абушик [Abushik, 2000], по головоногим моллюскам - Г.Н. Киселева (1984 г.), по брахиоподам - Т.Л. Модзалевской (1985 г.) и Безносовой Т.М. (2008 г.), по остракодам - А.Ф. Абушик [Abushik, 2000].

При стандартной химической обработке 10% уксусной кислотой карбонатных пород совместно с конодонтами обнаружены створки раковин органо-фосфатных брахиопод Lingulida.

Определение изотопного состава углерода и кислорода в карбонатных породах проведено в ЦКП «Геонаука» Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на масс-спектрометре DELTA V Advantage. Значение изотопных коэффициентов для углерода определялись в промилле (‰) по стандартам PDB, для кислорода - по стандартам SMOW. При калибровке использованы международные стандарты МАГАТЭ NBS18 (calcite) и NBS19 (TS-limestone). Погрешность определения обоих коэффициентов не превышала  $\pm 0,1\%$ . Изотопный состав углерода и кислорода изучен в 36 образцах. Шаг отбора проб зависел от литологических особенностей пачек и составлял в среднем от 0,5 до 5 м. Материалом для изотопного анализа послужили карбонатные породы, наименее подвергшиеся вторичным преобразованиям.

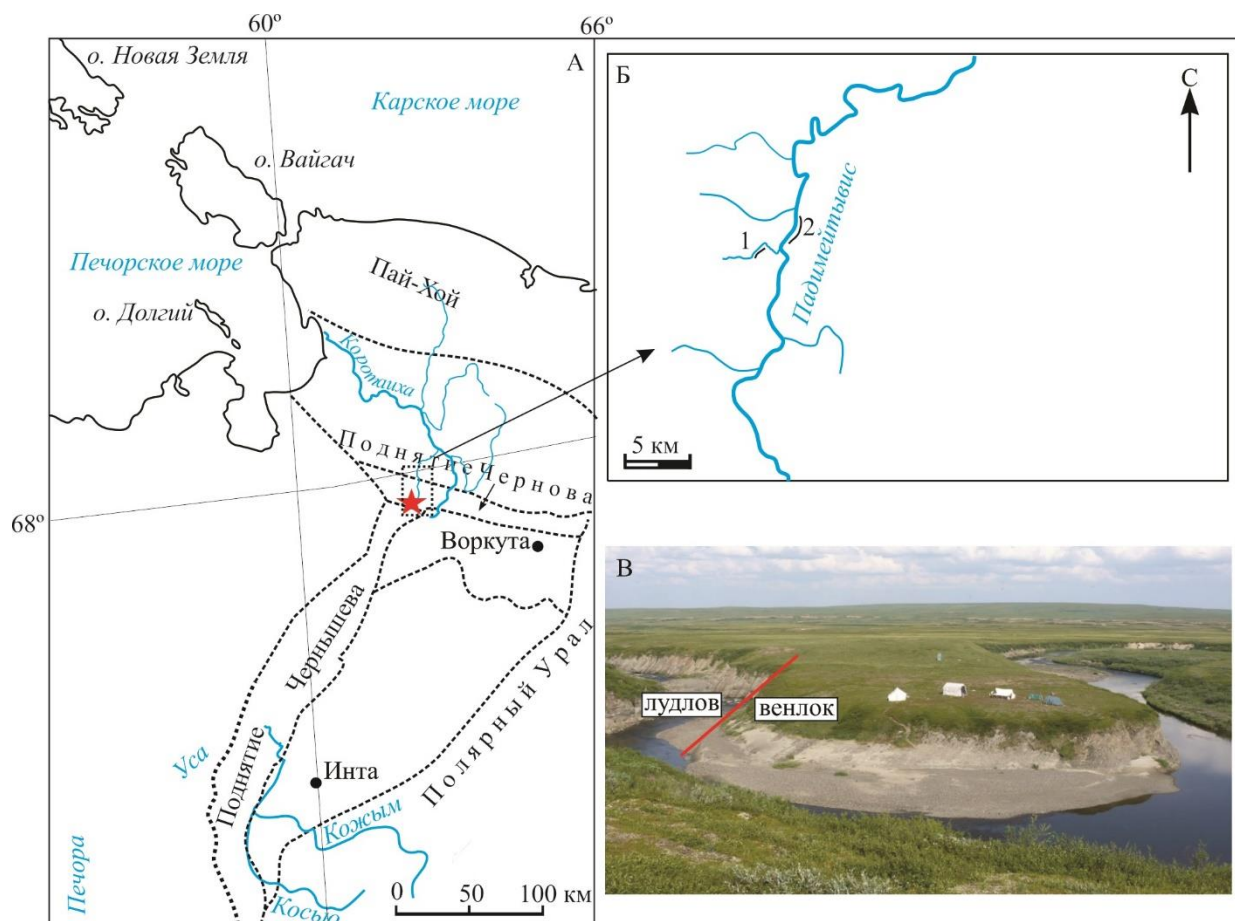
Содержание бария и стронция в карбонатах определялось методом спектрального количественного анализа в ЦКП «Геонаука» на спектрографе ДФС-8, в лаборатории химии минерального сырья Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (аналитик Т.В. Якимова). Погрешность определения для стронция составляет от 14,2 до 27,7%, для бария - 30%.

Коллекции ископаемых остатков фауны и образцов пород хранятся в Геологическом музее им. А.А. Чернова Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

### Описание разреза

В структурно-тектоническом плане изученный разрез силура находится в пределах Предуральского краевого прогиба в бассейне р. Падимейтывис на поднятии Чернова - узкой горстообразной структуре, протягивающейся в субширотном направлении от Аячягинской структуры на юго-востоке до Синькина Носа на северо-западе. В целом поднятие Чернова рассматривается как принадвиговая бескорневая структура, сформированная в результате выхода на поверхность послынного срыва в чехле Коротайхинской впадины, приуроченного к верхнеордовикской толще [Юдин, 1994; Тимонин, 1998]. В основу расчленения силурийских

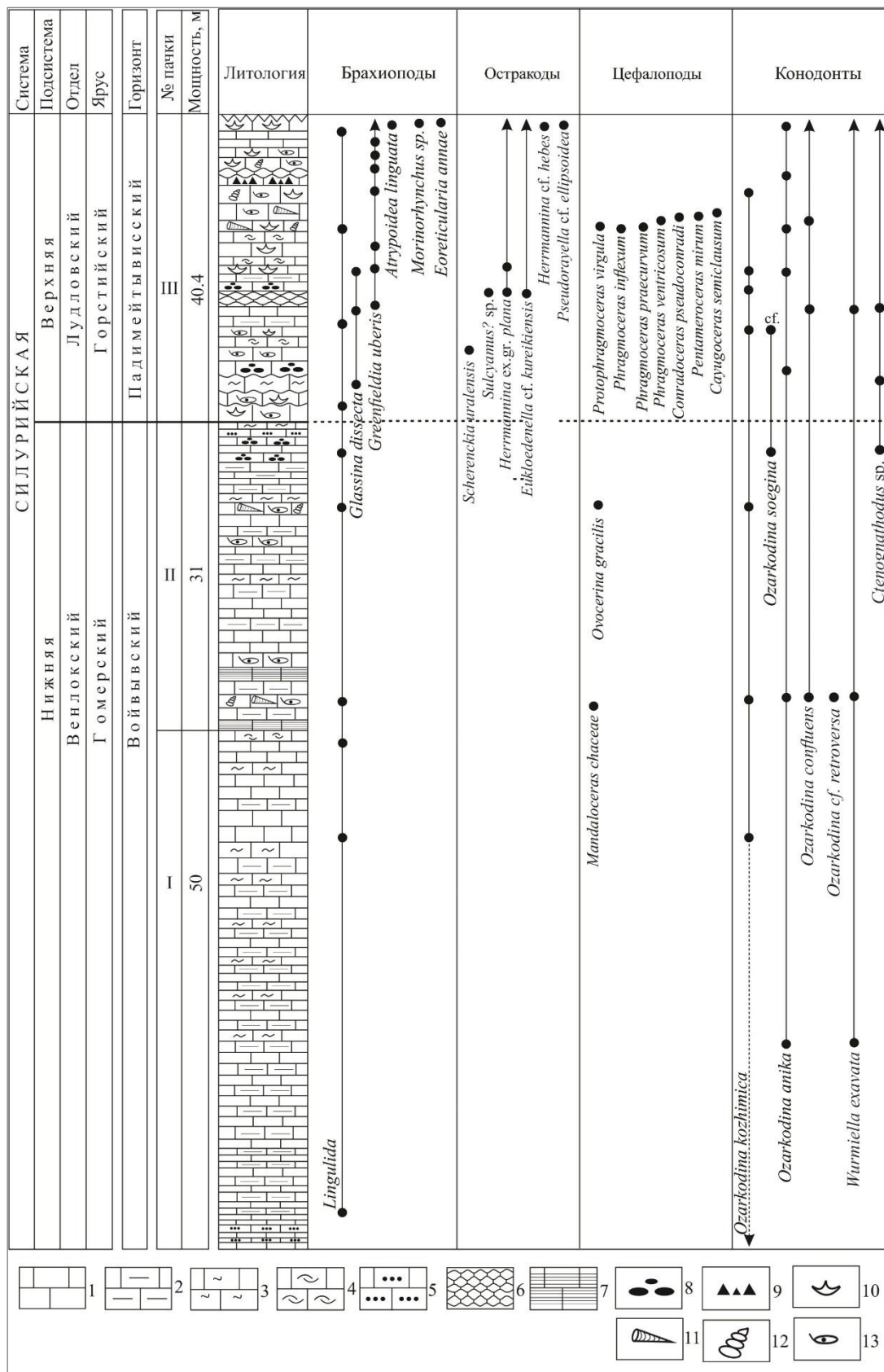
толщ положена уточненная стратиграфическая схема силура Североуральского региона [Безносова, Матвеев, Шамсутдинова, 2020]. Послойно изученные отложения верхней части войвывского горизонта венлока (гомерия) и нижней части падимейтывисского горизонта лудлова (горстия) описаны в разрезе по правому берегу р. Падимейтывис (рис.1В, рис. 2).



**Рис. 1. Схема тектонического районирования (А) (по [Тимано-Печорская провинция..., 2004] с изменениями), место расположения обнажений (Б) и общий вид пограничных отложений венлока и лудлова в обнажении 2 (В)**

Б: 1 - руч. Безымянный; 2 - р. Падимейтывис.

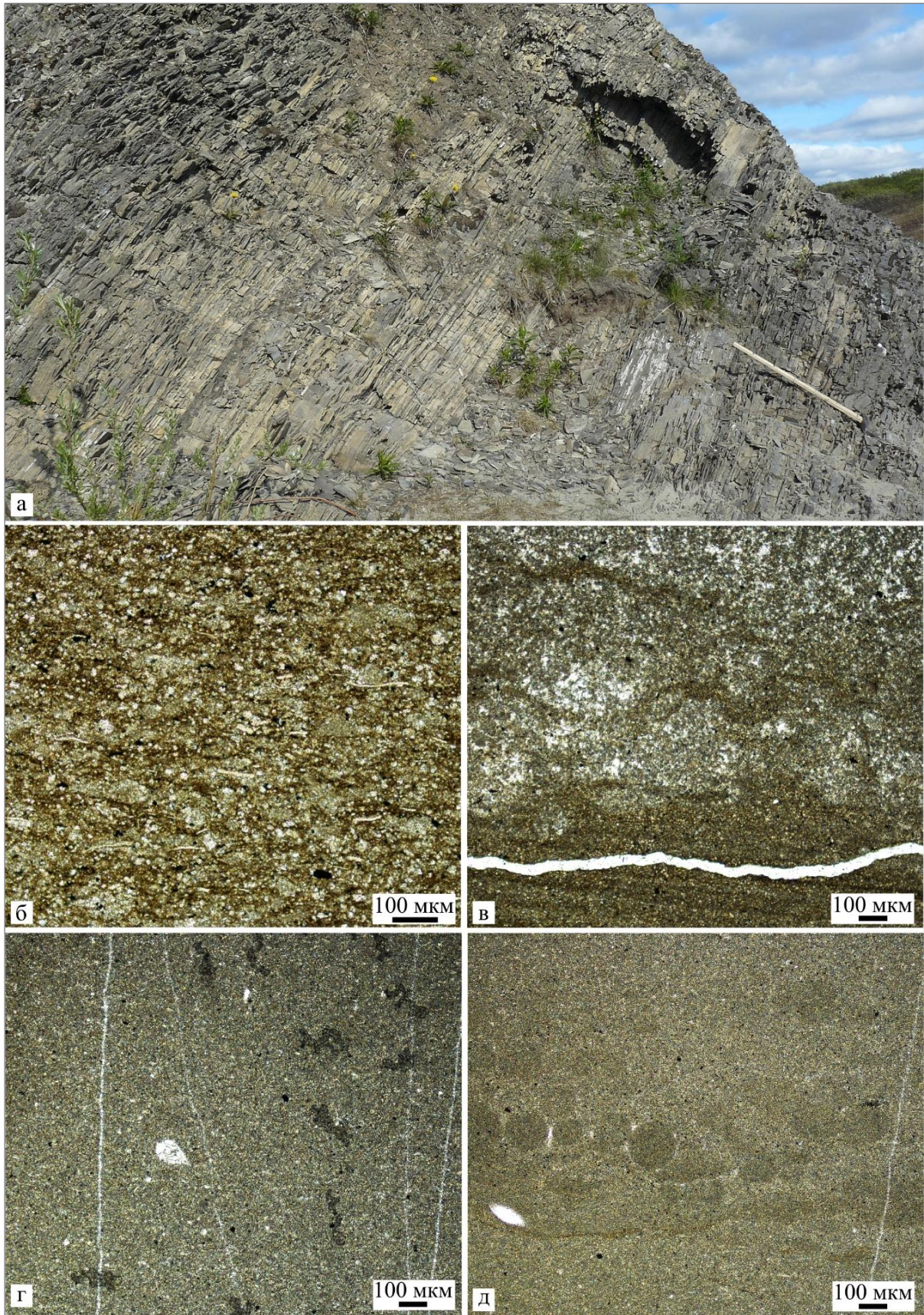
По условиям осадконакопления и распространению органических остатков в этом интервале разреза снизу вверх выделяются три пачки: две в венлоке и одна в основании лудлова. Описание разреза начинается с первых невысоких коренных выходов пород, вскрывающихся по правому борту р. Падимейтывис (рис. 3а).



**Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка и распределение основных групп фауны в пограничных отложениях венлока и лудлова в разрезе р. Падимейтывис**

(по [Matveev et al., 2020] с изменениями)

1 - известняк; 2 - глинистый, 3 - биотурбированный, 4 - биокластовый, 5 - песчанистый; 6 - комковатый; 7 - микрослойчатый; 8 - гравелиты; 9 - брекчии; 10 - брахиоподы; 11 - головоногие моллюски; 12 - гастроподы; 13 - остракоды.



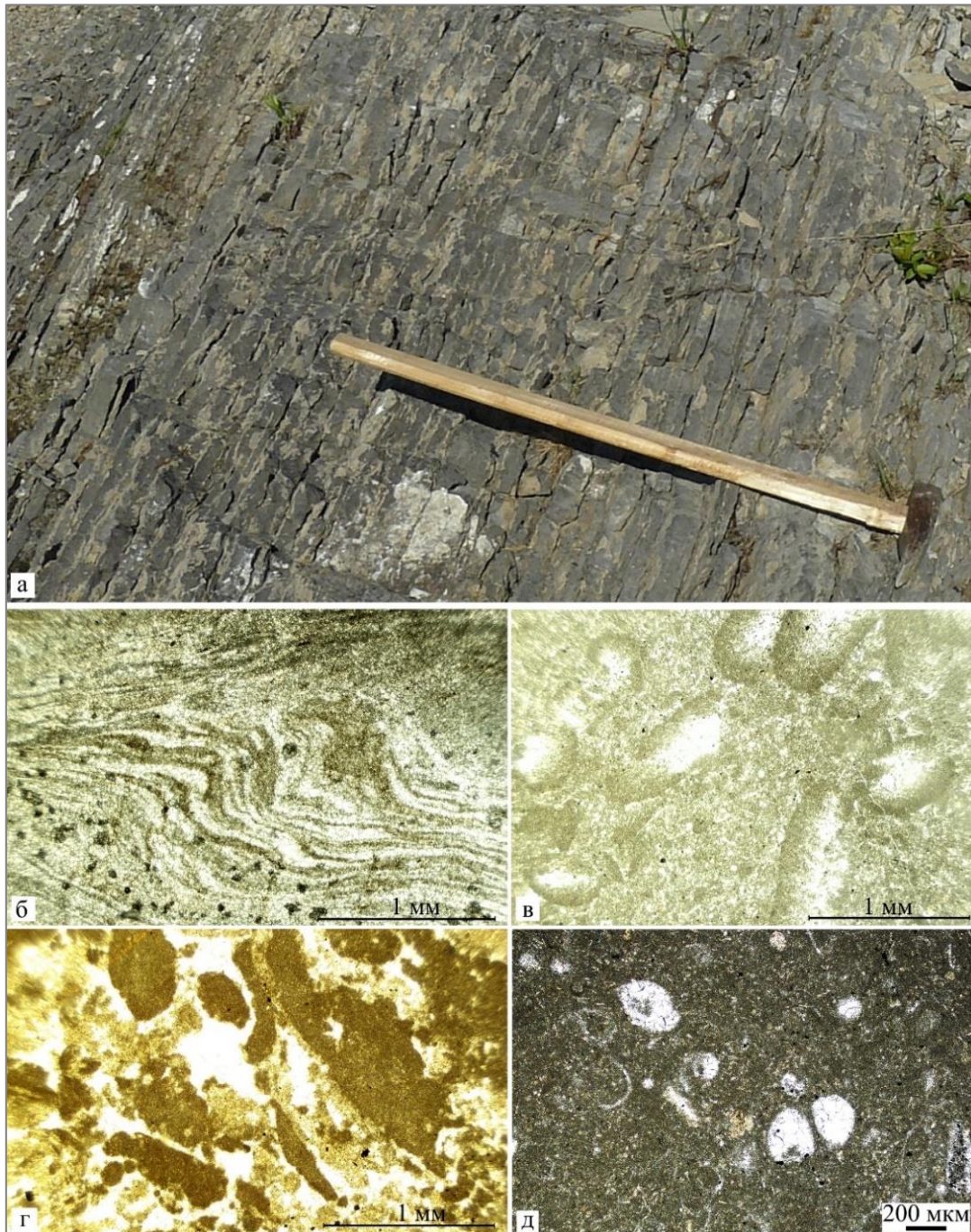
**Рис. 3. Основные литологические типы пород в пачке I войвывского горизонта**

*a* - общий вид пачки I; *б* - известняк пелитоморфный глинистый с неопределимыми микробиокластами (шлиф 17/1) (по [Matveev et al., 2020]); *в* - известняк пелитоморфный с микрослоистыми глинистыми прослоями (шлиф 17/10); *г* - известняк пелитоморфный с единичными раковинами остракод(?) (шлиф 17/20); *д* - известняк пелитоморфный со следами илоедов (шлиф 17/60) (по [Matveev et al., 2020]).

**Пачка I** сложена переслаиванием известняков коричневатого-серых микрокристаллических тонкоплитчатых, тонкополосчатых, известняков серых сгустково-комковатых и глинисто-сланцеватых (0,5-1 см) (16 м) (см. рис. 3а). Микроскопическое изучение этих пород показало, что основная масса представлена пелитоморфным кальцитом (до 80%), который включает единичные зерна кварца алевритистой размерности, прослои серых песчаных мелкозернистых и сланцеватых глинистых известняков. Текстура пород - неясно-слоистая и пятнистая. Слоистость обусловлена распределением параллельно напластованию тонкого глинистого материала, а также полых гнезд (фенестр?) и микробиокластов (до 0,005 мм) (рис. 3б, в). В верхней части пачки наблюдается переслаивание известняков коричневатого-серых пелитоморфных с единичными остракодами (рис. 3г), известняков глинистых доломитизированных с биотурбированными (34 м). Текстура пород пятнистая, с хаотично распределенным мелкообломочным материалом (до 0,01 мм), сгустками (комочками) пелитоморфного кальцита. В шлифах наблюдается большое количество следов илоедов (до 1 мм) (рис. 3д), а также единичные зерна кварца (до 0,025 мм), кристаллы пирита (до 3%) угловатой формы размером до 0,1 мм, в виде рассеянных агрегатов. Отложения пачки I не содержат видимых остатков фауны. В шлифах органические остатки представлены мельчайшими раковинами фосфатных брахиопод *Lingulida* и остракод (?). Отдельные створки брахиопод хорошей и удовлетворительной сохранности и конодонты *Ozarkodina kozhimica* Melnikov, *Ozarkodina anika* Viira et Einasto и *Wurmiella excavata* (Branson et Mehl.) обнаружены в пяти образцах, отобранных из этой пачки. Мощность - 50 м.

**Пачка II** сложена преимущественно переслаиванием известняков серых пелитоморфных тонкоплитчатых, микрослойчатых и известняков биокластовых. В нижней части пачку слагают известняки серые, темно-серые тонкоплитчатые, с волнистой микрослойчатостью, битуминозные (14 м) (рис. 4а). Текстура пород - слоистая и пятнистая, обусловленная горизонтальным распределением глинистого вещества и процессами биотурбации. Микроскопическое изучение пород показало, что основная масса сложена пелитоморфным кальцитом (90%), нередко образующим разные по форме пелоиды (5%), и органическим материалом (5%). Органические остатки заключены в линзовидных прослоях и представлены перекристаллизованными раковинами остракод, гастропод, единичными ядрами цефалопод и их фрагментами (0,025-0,21 мм). Отмечаются единичные кристаллы пирита. Средняя часть пачки мощностью 21,2 м представлена переслаиванием известняков серых, темно-серых пелитоморфных, известняков лито-, биокластовых и известняков биотурбированных. Текстура пород - преимущественно слоистая и пятнистая. Слоистость обусловлена переслаиванием более толстых светлых кальцитовых и тонких темных глинистых прослоек. В шлифах наблюдается нарушенная слоистость, обусловленная подводно-

оползневыми процессами (рис. 4б), что может служить признаком слаболитифицированной породы [Осадочные породы..., 1990]. Пятнистая текстура сформирована хаотичным распределением биокластового материала, ходов илоедов, образующие структуры типа геопетальных (рис. 4в), участков доломитизации, комков пелитоморфного кальцита и окатанного несортированного мелкообломочного (до 2 мм) материала (до 20%).



**Рис. 4. Основные литологические типы пород в пачке II войвывского горизонта**

*a* - общий вид пачки II; *б* - известняк микрозернистый с подводно-оползневыми текстурами (шлиф 17/117); *в* - известняк микрозернистый с геопетальной структурой внутри ходов илоедов (шлиф 17/123); *г* - известняк литокластовый (шлиф 17/127); *д* - известняк биокластово-пелитоморфный (шлиф 17/130).

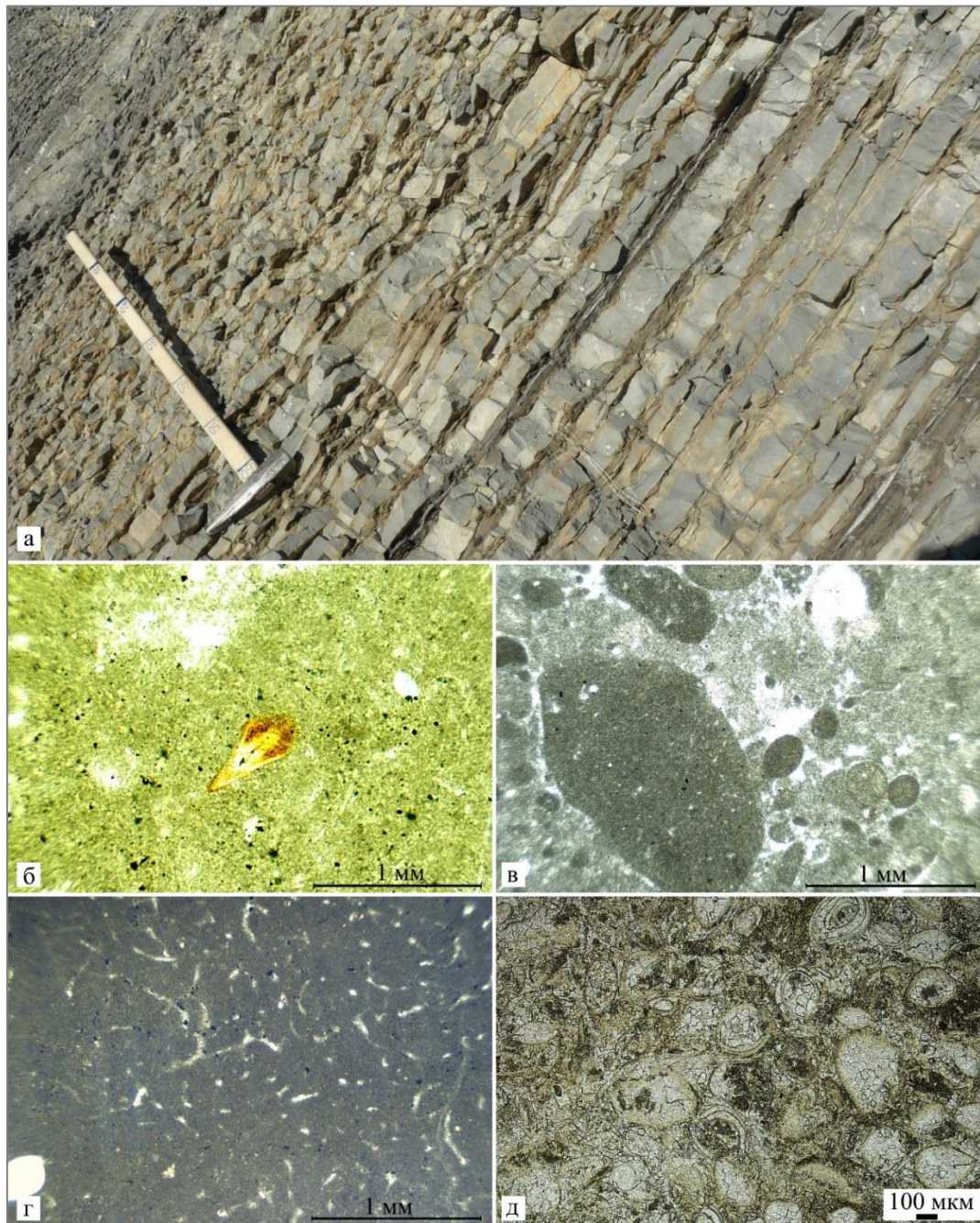


Вверх по разрезу наблюдается увеличение количества органического материала. Органические остатки заключены преимущественно в линзовидных прослоях и представлены несортированными, неориентированными целыми раковинами гастропод (до 5 мм), остракод (до 2,5 мм), ортоцератид, пеллеципод, брахиопод, ругоз и их фрагментами. Часто органические остатки перекристаллизованы и неопределимы. Почти во всех шлифах наблюдается пиритизация, которая в отдельных прослоях достигает 10%. Кристаллы пирита, как правило, рассеяны в породе и развиваются по биокластам и ходам илоедов. Терригенный материал представлен кварцем мелкоалевритистой размерности.

Верхнюю часть пачки слагают известняки серые, коричневато-серые микрокристаллические, тонкоплитчатые, с бугристой поверхностью, известняки пелитоморфные, лито- и биокластовые, которые переслаиваются с тонкими прослойками известняков глинистых (11,5 м). Микроскопически порода представлена пелитоморфным кальцитом (до 80%), органическим и обломочным материалом (до 20%). Текстура породы - пятнистая, обусловлена процессами биотурбации и доломитизации. В отдельных прослоях отмечается хорошо окатанный несортированный обломочный материал мелкогравийной размерности (до 2 мм). Органический материал представлен целыми раковинами остракод (до 0,5 мм), гастропод (до 2 мм) и их фрагментами. Отмечается постепенное уменьшение количества обломочного материала и размеров обломков, а также фаунистических остатков, ориентированных по наслоению. Наблюдаются ходы илоедов, по которым проходит пиритизация и доломитизация. Отложения пачки включают немногочисленные створки беззамковых брахиопод *Lingulipora* sp., венлокских цефалопод и комплекс конодонтов с *Oz. kozhimica* Melnikov, *Oz. anika* Viira et Einasto и *Oz. cf. soegina* Viira et Einasto. Мощность - 31 м.

**Пачка III** в нижней части сложена переслаиванием известняков комковатых светло-коричневых тонкоплитчатых глинистых, известняков темно-серых массивных, с пятнистой текстурой, известняков лито- и биокластовых, известняков микрозернистых (27,5 м) (рис. 5а, б). Микроскопическое изучение пород показало, что основная масса представлена пелитоморфным кальцитом (60-90%). Текстура пород - массивная, пятнистая, обусловленная процессами биотурбации и неравномерным распределением доломитизированного глинистого вещества, органических остатков и обломочного материала. Литокласты представлены окатанными обломками (до 2,5 мм) пелитоморфных известняков (рис. 5в). Биокластовый материал не сортирован по размерам, не ориентирован, слабоокатан. Органические остатки представлены в основном целыми раковинами гастропод (до 0,5 мм), остракод (до 0,5 мм), брахиопод (до 5 мм) и фрагментами трилобитов. Прослой комковатых известняков включает ракушняк с брахиоподами *Greenfieldia uberis* T. Modzalevskaya и

*Glassina dissecta* T. Modzalevskaya, *Morinorhynchus attenuata* (Amsden), датирующими лудловский возраст пород, а также конодонты *Oz. kozhimica*, *Oz. cf. soegina*, *Oz. anika*. В шлифах отмечаются неправильные округлые и угловатые тела от 0,5 до 0,8 мм, имеющие по краям игольчатое строение (остатки иглокожих?), также наблюдаются структуры типа кератолитовых (рис. 3г) и образования, сходные с *Problematicum* [Рейтлингер, 1959, с. 30, табл. XII, фиг. 1-3]. Почти во всех шлифах присутствует пиритизация (до 7-10%)



**Рис. 5. Основные литологические типы пород в пачка III падимейтывисского горизонта**  
а - общий вид пачки III 3; б - известняк микрозернистый с фрагментами конодонтового аппарата (шлиф 17/136); в - известняк литокластовый с окатанными обломками гравийной размерности (шлиф 17/138); г - известняк микрозернистый с кератолитовой текстурой (шлиф 17/148); д - известняк биоморфный с многочисленными целыми раковинами остракод (шлиф 17/167).

Выше по разрезу пачку слагают известняки темно-серые, микрокристаллические, темно-коричневые скрыто- и микрокристаллические, тонкослойчатые глинистые, с прослоями остракодовых ракушняков (12,9 м). В шлифах органический материал составляет около 50%, представлен фрагментами раковин брахиопод с известковистым скелетом (до 5 мм), остракод (0,5 мм) и трилобитов (до 3 мм). Нередко раковины остракод вложены одна в другую (рис. 5д). В раковинах брахиопод наблюдаются геопетальная структура и пиритизация по биокластам в виде рассеянных зерен. В шлифах также отмечаются комки заполнения и прожилки глинистого битуминозного вещества. Мощность - 40,4 м.

### Особенность развития биоты на рубеже венлока и лудлова

Существенная перестройка палеобиоценозов на рубеже венлока и лудлова обусловлена изменениями экологических условий обитания, способствовавших существенному обновлению ее родового и видового состава и таксономическому разнообразию. В венлокских отложениях р. Падимейтывис обнаружены отдельные створки мельчайших (не превышающих 1 мм) органофосфатных брахиопод отряда Lingulida хорошей и удовлетворительной сохранности, приуроченные преимущественно к нижней части пачки I. В настоящее время продолжается изучение морфологии раковин этих лингулид и уточнение их систематической принадлежности. Батиметрически лингулиды относятся к первому бентосному комплексу (БК-1) [Буко, 1979]. Известно, что эти брахиоподы являются индикатором условий обитания в литоральной зоне морского бассейна, на мягком илистом осадке мелководья, но также они могли существовать и в более широком диапазоне условий, что подтверждает их распространение в разрезе (см. рис. 2).

Разнообразие и увеличение количества фаунистических остатков в отложениях раннего лудлова свидетельствуют о более благоприятных условиях (ближе к нормально-морским) для развития бентосной фауны в это время (см. рис. 2, пачка III). Захоронение сообщества беззамковых брахиопод в венлокских отложениях в рассматриваемом разрезе в настоящее время является единственным на территории Тимано-Североуральского региона [Безносова, 2008]. Остатки лингулид обнаружены совместно с уже известными здесь ранее конодонтами *Oz. kozhimica* Melnikov, *Oz. soegina* Viira et Einasto, *Oz. anika* Viira et Einasto [Котик, Майдль, 2017]. Вид *Oz. kozhimica* - эндемик, широко распространенный в разрезах мелководных отложений венлока и в разрезах скажин на территории Тимано-Североуральского региона [Мельников, 1999]. Виды *Oz. anika*, *Oz. soegina* известны в венлокских и пограничных с лудловом отложениях Эстонии и Литвы [Viira, Einasto 2003; Männik, 2009; Jarochovska et al., 2017; Spiridonov et al., 2020].

Обмеление бассейна, достигшее максимума в конце венлока, завершилось биотическим

кризисом. Исчезновение существовавших в венлокское время таксонов бентосной фауны обусловлено постепенным падением уровня моря к концу венлока, развитием строматолитообразующей биоты и существенными изменениями условий седиментации (увеличением количества терригенного материала, солености вод, характера грунта).

Последующие изменения в составе биоты, наблюдаемые в разрезе, обусловлены эвстатическим подъемом уровня моря в начале лудлова. Смена экологического режима, вызванная улучшением аэрации и более интенсивным водным обменом, обусловила постепенное изменение структур трофических систем и увеличение биопродуктивности. В разрезе это изменение отмечено обновлением таксономического состава биоты, появлением брахиопод *Gr. uberis* T. Modzalevskaya, *G. dissecta* T. Modzalevskaya (рис. 6), позже *M. attenuata* (Amsden), *Atrypoidea linguata* (Buch) и *Eoreticularia annae* T. Beznosova, цефалопод *Protophragmoceras virgula* (Barrande), *Phragmoceras inflexum* Hedström, *Phragmoceras praecurvum* Hedström, *Phragmoceras ventricosum* Sowerby in Murchison, *Conradoceras pseudoconradi* (Foerste), *Pentameroceras mirum* (Barrande), *Cayugoceras semiclausum* (Barrande), остракод родов *Shrenkia*, *Beyrichia*, *Eoevlanella*, *Kloedenella*, датирующих лудловский возраст заключающих пород.



**Рис. 6. Фотография ракушняка с брахиоподами *Greenfieldia uberis* и *Glassina dissecta* (x3,5) в основании падимейтывисского горизонта лудлова**

Распространение представителей рода *Greenfieldia* связано с широким спектром биотопов - от отмельной части лагуной зоны до внутренней части зоны открытого шельфа с охватом позиции второго бентосного комплекса (БК-2) [Буко, 1979]. Вид *Gr. uberis* является зональным видом падимейтывисского горизонта лудлова [Модзалевская, 1985]. Зона охватывает почти весь этот горизонт и прослеживается на западном склоне Приполярного и Северного Урала, на поднятии Чернышева и многочисленных разрезах скважин Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Изменение состава ассоциаций брахиопод и остракод на рубеже венлока и лудлова отчетливо прослеживается в разрезах Урало-Новоземельского

региона [Безносова, 2008; Патрунов, Шурыгина, Черкесова, 1980; Nekhorosheva et al., 1991; Abushik, 2000]. Выше слоев с ракушками брахиопод обнаружены остатки позвоночных *Thelodus visvaldi* Karatajute-Talimaa, Mårss, которые до настоящего времени известны только в лудлове на Северной Земле [Karatajute-Talimaa, Mårss, 2002].

### Изотопно-геохимическая характеристика пограничных отложений венлока и лудлова

Распределение величин  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$  по разрезу - неравномерное, с многочисленными экскурсами в стороны положительных и отрицательных значений, которые фиксируют смену условий седиментации (рис. 7).

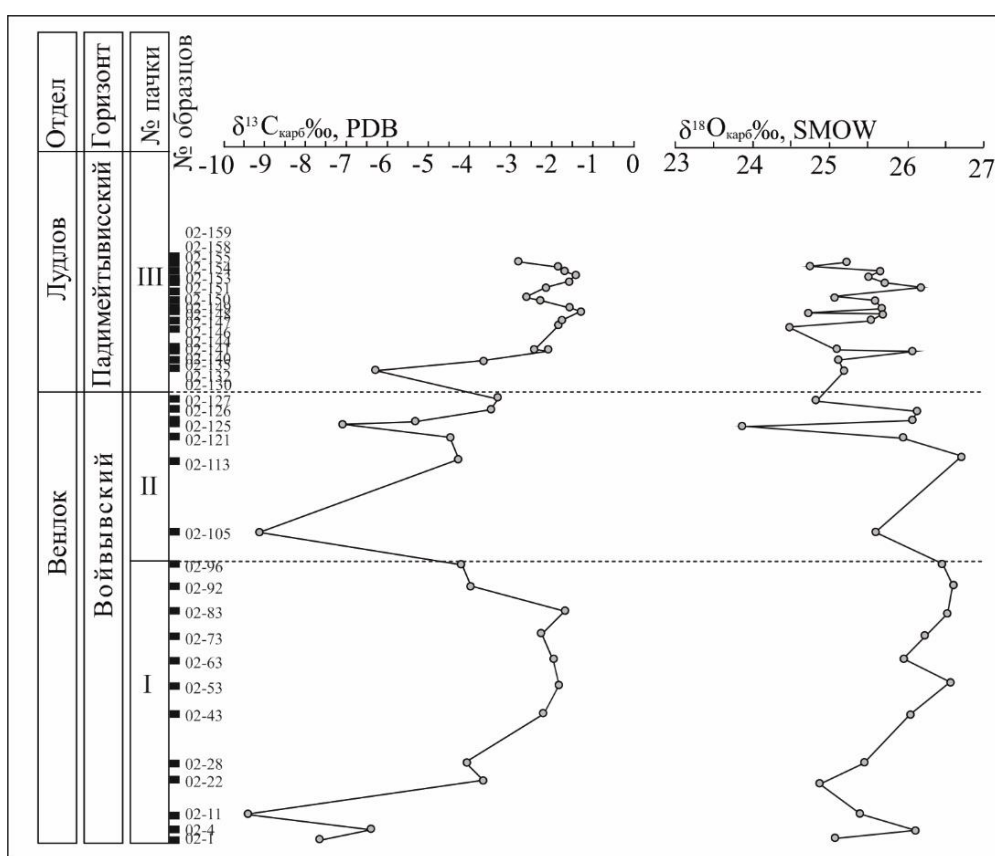


Рис. 7. Распределение изотопов углерода и кислорода в пограничных отложениях венлока и лудлова в разрезе р. Падимейтывис

Пачка I войвывского горизонта мощностью 50 м характеризуется значительным постепенным увеличением изотопов углерода от основания (-9,51‰) к середине пачки (-1,7‰) и постепенным их уменьшением до -9,1‰. Значения изотопов кислорода лежат в небольших пределах: от 24,85 до 26,59‰.

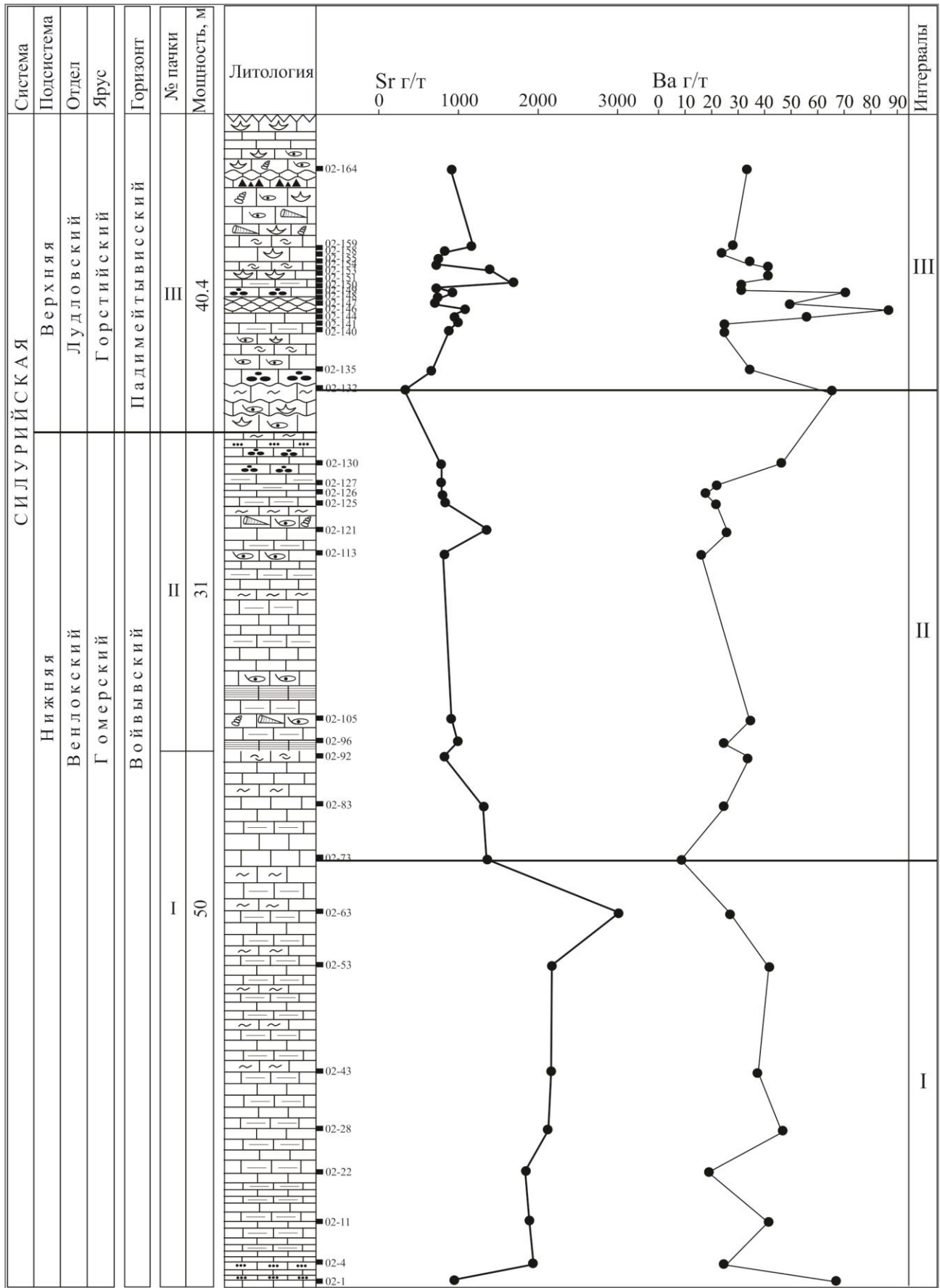
Пачка II войвывского горизонта мощностью 31 м характеризуется резким увеличением изотопного состава углерода от -9,1 до -1,91‰, задающим тренд положительного направления кривой, в которой фиксируются два пика отрицательных значений изотопов углерода (-6,29 и

-6,93‰). Изотопные величины кислорода лежат в пределах от 23,87 до 26,69‰. Скачкообразные экскурсы изотопных кривых отражают нестабильность условий седиментации на рубеже венлока и лудлова.

Пачка III падимейтывисского горизонта лудлова мощностью 40,4 м характеризуется постепенным увеличением изотопного состава углерода от -2,98 до -0,13‰. Начиная с основания этой пачки, на изотопной кривой наблюдаются два пика с небольшими положительными экскурсами. Изотопные величины кислорода также имеют тенденцию к увеличению от 24,72 до 26,01‰. Результаты изучения изотопного состава углерода в карбонатах этого же разреза р. Падимейтывис приведены ранее в публикации [Майдль, Котик, 2017]. Конфигурация C-изотопной кривой по карбонатам совпадает с авторскими данными, но отличается биостратиграфическим расчленением разреза и определением рубежа венлока и лудлова.

В пограничных отложениях венлока и лудлова в распределении стронция и бария выделены три характерных интервала (рис. 8).

Их значения изменчивы и лежат в следующих пределах: для стронция - от 400 до 3000 г/т, для Ва - от 16 до 85 г/т. В первом интервале содержание стронция в карбонатах характеризуется самыми высокими значениями, которые варьируют в пределах от 800 до 3000 г/т (см. рис. 8). Содержание бария в этих же карбонатах изменяется от 18 до 67 г/т. Среднее отношение Sr/Ba составляет 55,43 (табл. 1). По уровню содержания стронция, исследованные карбонатолиты, значительно превышают средние значения (300-400 г/т), полученные для карбонатных отложений палеозоя в Елецкой структурно-формационной зоне Печорского Урала [Юдович, Майдль, Иванова, 1980]. Во втором интервале наблюдается постепенное снижение содержания стронция и бария (см. рис. 8). Содержание стронция изменяется от 790 до 1300 г/т, а бария - от 16 до 47 г/т. Среднее отношение Sr/Ba составляет 39,24 (см. табл. 1). В третьем интервале пачки наблюдаются изменения, как в положительную, так и в отрицательную стороны (рис. 8). Содержание Sr в карбонатах этой пачки составляет от 400 до 1300 г/т, Ва - от 25 до 85 г/т. Среднее отношение Sr/Ba - 25,4 (см. табл. 1). Причины аномального содержания Sr в терригенно-карбонатных толщах подробно рассмотрены Я.Э. Юдовичем с соавторами [Юдович, Майдль, Иванова, 1980].



**Рис. 8. Распределение стронция и бария (по [Матвеев, 2023]) в пограничных отложениях венлока и лудлова в разрезе р. Падимейтывис**

Усл. обозначения см. на рис. 2.

Таблица 1

**Содержание Sr и Ba и их отношение в карбонатах пограничных отложениях венлока и лудлова  
разреze р. Падимейтывис (по [Матвеев, 2023])**

Интервалы	Номер образца	Sr, г/т	Ba, г/т	Sr/Ba
I	ПДТ 17/1	940	67	14,03
	ПДТ 17/4	1900	24	79,17
	ПДТ 17/11	1800	41	43,9
	ПДТ 17/22	1900	29	65,52
	ПДТ 17/28	2100	48	43,75
	ПДТ 17/43	2300	38	60,53
	ПДТ 17/53	2100	41	51,21
	ПДТ 17/63	3000	27	111,11
II	ПДТ 17/73	1200	18	66,67
	ПДТ 17/83	1100	24	48,83
	ПДТ 17/92	800	32	25
	ПДТ 17/96	1000	23	43,48
	ПДТ 17/105	890	34	26,18
	ПДТ 17/113	880	16	55
	ПДТ 17/121	1300	26	50
	ПДТ 17/125	850	21	40,48
	ПДТ 17/126	830	19	43,68
	ПДТ 17/127	790	21	37,62
III	ПДТ 17/130	820	47	17,45
	ПДТ 17/132	400	66	6,06
	ПДТ 17/135	710	34	20,88
	ПДТ 17/140	900	25	36
	ПДТ 17/141	1000	25	40
	ПДТ 17/144	950	57	16,67
	ПДТ 17/146	1100	85	12,94
	ПДТ 17/147	720	67	10,75
	ПДТ 17/148	780	49	15,92
	ПДТ 17/149	930	70	13,29
	ПДТ 17/150	710	32	22,19
	ПДТ 17/151	1700	31	54,84
	ПДТ 17/153	1300	41	31,71
	ПДТ 17/154	770	41	18,78
ПДТ 17/155	790	34	23,24	
ПДТ 17/158	840	24	35	
ПДТ 17/159	1200	27	44,44	
ПДТ 17/164	960	33	29,09	

### Обсуждение результатов и выводы

Обоснование положения границы венлока и лудлова представляется важным, поскольку определение ярусных границ систем является одной из главных задач исследований биологических и изотопных событий. Пограничные отложения венлока и лудлова в изученном разрезе р. Падимейтывис характеризуются мелководными условиями седиментации и малоразнообразными, преимущественно монотаксонными фаунистическими ассоциациями.



При этом достаточно выразительна смена фауны и фаций на рубеже принимаемой авторами границы между венлоком и лудловом. Палеонтологическая граница определяется по обновленному составу фауны (брахиопод, остракод, наутилоидей и позвоночных) в известняках, слагающих основание падимейтывисского горизонта. Литологически переход от венлока к лудлову в разрезе проявляется сменой известняков светло-коричневых тонкоплитчатых глинистых, без видимых остатков фауны на известняки комковатые глинистые, массивного облика, заключающие ракушняковые прослой с лудловскими брахиоподами *Greenfieldia uberus*, остракодами и цефалоподами.

Глобальный масштаб событий на этом рубеже подтверждается данными, полученными при изучении других палеобассейнов. Например, в некоторых разрезах силура Норвегии обмеление бассейна в конце венлока (зона *passa-ludensis*) отмечено появлением красноцветных пород [Worsley et al., 1983]. Разрез силура на о-в Готланд представлен отложениями мелководных морских фаций. Толща, переходная от венлока к лудлову и известная как Клинтебергская формация, характеризуется признаками постепенного обмеления бассейна в конце венлока [Frikman, 1989]. Максимум регрессии палеобассейна в конце венлока отмечен и в разрезе Эстонии [Эйнасто, 1989; Чехович, 2010]. В Подолии этот рубеж характеризуется резким изменением фаций [Опорные разрезы..., 1972]. Это глобальное событие на основе граптолитовой последовательности коррелируется с кризисом *passa-ludensis* [Koren, 1989].

Результаты проведенного изучения разреза силура в центральной части поднятия Чернова, подтвержденные биоседиментологическими, палеоэкологическими и хемотратиграфическими данными, позволяют сделать следующие выводы: уточнены датирование, а так же мощность венлокских отложений, вскрывающихся в бассейне р. Падимейтывис, которая составляет 81 м, а не 36 м, как это представлялось ранее [Чернов, 1972; Антошкина, Безносова, 1988; Модзалевская, 1980; Майдль, Котик, 2017]. Видимые изменения в составе пород совпадают с распределением стронция и бария, величин  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ , которые фиксирует изменение условий осадконакопления на рубеже нижнего и верхнего силура.

Полученные результаты расширяют знания о биогеологической истории древнего силурийского палеобассейна, располагавшегося в современной Арктической зоне России, необходимые для решения важнейших задач глобальной корреляции и осмысленных поисков осадочных месторождений полезных ископаемых на этой обширной территории.

*Авторы выражают благодарность П. Мяннику и В.А. Радаеву за совместные полевые работы на поднятии Чернова. И.В. Смолевой за определение изотопного состава углерода и*

кислорода в карбонатных породах, Т.В. Якимовой за определение содержания стронция и бария ЦКП - инженерам ЦКП «Геонаука» Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

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

### Литература

*Антошкина А.И., Безносова Т.М.* Новые данные по стратиграфии венлокских отложений Большеземельской тундры // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел геологический. - 1988. - Т. 63. - № 6. - С. 32-39.

*Безносова Т.М.* Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. - Екатеринбург: УрО РАН, 2008. - 219 с.

*Безносова Т.М., Матвеев В.А., Шамсутдинова Л.Л.* Новые данные по стратиграфии и обновленная схема корреляции верхнего ордовика и силура Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и севера Урала // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Науки о Земле». - 2020. - Т. 2. - № 42. - С. 75-89. DOI: [10.19110/1994-5655-2020-6-75-89](https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-6-75-89)

*Безносова Т.М., Мянник П., Майдль Т.В., Лукин В.Ю., Матвеев В.А.* Условия осадконакопления и биота на рубеже лландовери и венлока (поднятие Чернова) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2014. - № 3. - С. 14-18.

*Буко А.* Эволюция и темпы вымирания. - М.: Мир, 1979. - 378 с.

*Киселев Г.Н.* Головоногие моллюски силура и нижнего девона севера Урала. - Л.: ЛГУ., - 1984. - 144 с.

*Князев С.А.* Силурийские отложения центральной части поднятия Чернова // Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европейской части СССР: материалы. - Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1965. - Вып. 6. - С. 112-120.

*Корень Т.Н.* Основные событийные уровни граптолитовой последовательности силура // Геология и палеонтология. - Л., 1989. - С. 299-304.

*Ляшенко А.И.* Новые виды девонских брахиопод Русской платформы и западного склона Урала // Фауна палеозоя Волжско-Уральской области нефтегазоносной провинции. - М.: Наука, 1964. - С. 3-57.

*Майдль Т.В., Котик И.С.* Литолого-геохимическая характеристика проявления силурийского изотопного события Мульде в разрезе р. Падимейтьвис (поднятие Чернова) // Геодинамика, вещество, рудогенез восточно-европейской платформы и ее складчатого обрамления: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. - Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. - С. 105-107.

*Матвеев В.А.* Распределение стронция и бария в пограничных отложениях венлока и лудлова в разрезе р. Падимейтьвис (поднятие Чернова) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 32-й научной конференции Института геологии Коми НЦ УрО РАН. - Сыктывкар: Геопринт, 2023. - С. 78-84.

*Мельников С.В.* Конодонты ордовика и силура Тимано-Североуральского региона. - СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской картограф. фабрики ВСЕГЕИ, 1999. - 136 с.

*Модзалевская Т.Л.* Брахиоподы силура и раннего девона Европейской части СССР. Отряд *Athyridida*. - М.: Наука, 1985. - 128 с.

*Модзалевская Т.Л.* Некоторые вопросы стратиграфии силурийских отложений Большеземельской тундры // Ежегодник ВПО. - Л., 1980. - Т. 23. - С. 299-304.

Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой) / Н.Я. Анцыгин. - Екатеринбург, 1994. - 152 с.

Объяснительная записка к схеме стратиграфии верхнесилурийских отложений Вайгачско-Южноземельского региона. - Л.: ВНИИОкеонгеология, 1981. - 205 с.

Опорный разрез силура и нижнего девона Подолии / Отв. ред. Б.С. Соколов. - Л., 1972. - 261 с.

Осадочные породы (состав, текстуры, типы разрезов) / Ред. В.И. Бгатов. - Новосибирск: Наука, 1990. - 269 с.

*Патрунов Д.К., Шуригина М.В., Черкесова С.В.* Силур и нижний девон на острове Долгом // Силурийские и нижнедевонские отложения острова Долгого. - Свердловск: Недр, 1980. - С. 3-26.

*Рейтлингер Е.А.* Атлас микроскопических органических остатков и проблематика древних толщ Сибири. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - 61 с.

Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения / М.Д. Белонин, Г.Ф. Буданов, С.В. Данилевский, О.М. Прищеп, Е.Л. Теплов. - СПб: Недр, 2004. - 396 с.

*Тимонин Н.И.* Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. - Екатеринбург, 1998. - 240 с.

*Чернов Г.А.* Палеозой Большеземельской тундры и перспективы его нефтегазоносности. - М.: Наука, 1972. - 318 с.

*Чернов Г.А.* Силурийские отложения поднятия Чернова (Большеземельской тундры) // Доклады АН СССР. - 1964. - Т. 156. - №4. - С. 843-846.

*Чернов Г.А.* Силурийские строматолиты поднятия Чернова (Большеземельская тундра) // Стратиграфия и палеонтология северо-востока Европейской части СССР. - М-Л.: Наука, 1966. - С. 90-105.

*Чехович П.А.* Карбонатные платформы в раннепалеозойских осадочных бассейнах. Седиментационные характеристики и методы изучения // Жизнь Земли. Геология, геодинамика, экология, музеология: сборник научных трудов МГУ. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - С. 104-132.

*Эйнасто Р.Э.* Система перерывов в силуре Северной Прибалтики // Геология и палеонтология. - Л.: Наука, 1989. - С. 142-153.

*Юдин В.В.* Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. - Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. - 283 с.

*Юдович Я.Э., Майдль Т.В., Иванова Т.И.* Геохимия стронция в карбонатных отложениях: (В связи с проблемой геохимической диагностики рифов). - Л.: Наука, 1980. - 152 с.

*Abushik A.* Silurian - earliest Devonian ostracode biostratigraphy of the Timan-northern Ural region // Proceedings of the Estonian academy of sciences. - 2000. - Vol. 49. - No. 2. - P. 112-126.

*Frikman P.* Carbonate ramp facies of the Klinteberg formation, Wenlock-Ludlow transition on Gotland, Sweden // Sveriges Geologiska Undersökning. - 1989. - Vol. 820. - P. 1-79.

*Jarochowska E., Viira V., Einasto R., Nawrot R., Bremer O., Männik P., Munnecke A.* Conodonts in Silurian hypersaline environments: Specialized and unexpectedly diverse // Geology. - 2017. - Vol. 45. - No. 1. - P. 3-6. DOI: [10.1130/G38492.1](https://doi.org/10.1130/G38492.1)

*Karatajute-Talimaa V.N., Märss T.* Ordovician and Lower Silurian thelodonts from Severnaya Zemlya Archipelago (Russia) // *Geodiversitas*. - 2002. - Vol. 24. - No. 2. - P. 381-404.

*Männik P., Bogolepova O.K., Põldevere A., Gubanov A.P.* New data on Ordovician-Silurian conodonts and stratigraphy from the Severnaya Zemlya Archipelago, Russian Arctic // *Geological Magazine*. - 2009. - Vol. 146. - No. 4. - P. 497-516. DOI: [10.1017/S0016756809006372](https://doi.org/10.1017/S0016756809006372)

*Matveev V.A., Beznosova T.M., Gomze L.A.* Wenlock-Ludlow boundary sediments on Chernov uplift (Arctic region of Russia) // *Építőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*. - 2020. - Vol. 72. - No. 5. - P. 169-173. DOI: [10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28](https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28)

*Modzalevskaya T.L., Wenzel B.* Biostratigraphy and geochemistry of Upper Silurian brachiopods from the Timan-Pechora region (Russia) // *Acta Geologica*. - 1999. - Vol. 40. - No. 2. - P. 145-157.

*Nekhorosheva L., Abushik A., Modzalevskaya T., Patruncov D.* The Events at the Wenlock-Ludlow boundary in paleobasins of the Novaya Zemlya area // *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. - 1991. - Vol. 40. - No. 2. - P. 79-85.

*Spiridonov, A., Samsoné J., Brazauskas A., Stankevič R., Meidla T., Ainsaar L., Radzevičius S.* Quantifying the community turnover of the uppermost Wenlock and Ludlow (Silurian) conodonts in the Baltic Basin // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. - 2020. - Vol. 549. - P. 109-128. DOI: [10.1016/j.palaeo.2019.03.029](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.03.029)

*Viira V., Einasto R.* Wenlock-Ludlow boundary beds and conodonts of Saaremaa Island, Estonia // *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. - 2003. - Vol. 52. - No. 4. - P. 213-238.

*Worsley D., Aarhus N., Bassett M.G., Howe M.P.A., Mørk A., Olausson S.* The Silurian Succession of the Oslo Region Norges geologiske Undersøkelse. - 1983. - Vol. 384. - 57 p.

**Matveev V.A., Beznosova T.M.**

Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, [vamatveev@geo.komisc.ru](mailto:vamatveev@geo.komisc.ru)

## CHARACTERIZATION OF UPPER WENLOCK AND LOWER LUDLOW STRATA IN THE SILURIAN REFERENCE SECTION OF THE CHERNOV UPLIFT (TIMAN-PECHORA PETROLEUM PROVINCE)

*The features of the Upper Wenlock and Lower Ludlow boundary strata in the Silurian reference section located in the central part of the Chernov Uplift in the Arctic zone of the European Northeast of Russia are characterized. Significant changes in sedimentation conditions, in the composition of different groups of organic remains, and in the behavior of carbon and oxygen isotopes, are revealed, which coincide with global biotic and isotopic events indicating a major ecosystem reorganization at the Wenlock - Ludlow boundary. The biostratigraphic correlation of the studied different facies Silurian strata in the Padimeityvis River basin with the coeval strata on the western slope of the Subpolar Urals, on the Chernyshev Uplift and on Dolgiy Island allows considering the stratigraphic completeness of the Wenlock and Ludlow strata in the Silurian section on the Chernov Uplift as unique.*

**Keywords:** *Wenlock, Ludlow, Silurian, isotopes of carbon and oxygen, biostratigraphic correlation, Chernov Uplift, Timan-Pechora petroleum province.*

### References

Abushik A. Silurian - Earliest Devonian ostracode biostratigraphy of the Timan - northern Ural region. Proceedings of the Estonian academy of sciences, 2000, vol. 49, no. 2, pp. 112-126.

Antoshkina A.I., Beznosova T.M. *Novyye dannyye po stratigrafii venlokskikh otlozheniy Bol'shezemel'skoy tundry* [New data on the Wenlock stratigraphy in the Bolshezemelskaya tundra]. Bulletin of Moscow society of naturalists. Geological series, 1988, vol. 63, no. 6. pp. 32-39.

Beznosova T.M. *Soobshchestva brachiopod i biostratografiya verkhnego ordovika, silura i nizhnego devona severo-vostochnoy okrainy paleokontinenta Baltiya* [Brachiopod communities and biostratigraphy of Upper Ordovician, Silurian and Lower Devonian strata of the northeastern margin of the Baltia Palecontinent]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008, 219 p.

Beznosova T.M., Matveev V.A., Shamsutdinova L.L. *Novye dannye po stratigrafii i obnovlennaya skhema korrelyatsii verkhnego ordovika i silura Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii i severa Urala* [New data on stratigraphy and an updated correlation scheme of the Upper Ordovician and Silurian of the Timan-Pechora petroleum Province and the North of the Urals]. Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN. Seriya «Nauki o Zemle», 2020, vol. 6, no. 46, pp. 75-89. DOI: [10.19110/1994-5655-2020-6-75-89](https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-6-75-89)

Beznosova T.M., Myannik P., Maydl' T.V., Lukin V.Yu., Matveev V.A. *Usloviya osadkonakopleniya i biota na rubezhe llandovery i venloka (podnyatie Chernova)* [Sedimentation conditions and biota at Llandovery-Wenlock boundary (Chernov Uplift)]. Vestnik IG Komi NTs UrO RAN, 2014, no. 3, pp. 14-17.

Buko A. *Evolutsiya i tempy vymiraniya* [Evolution and tempos of extinction]. Moscow, Mir, 1979, 378 p.

Chekhovich P.A. *Karbonatnye platformy v rannepaleozoyskikh osadochnykh basseynakh. Sedimentatsionnye kharakteristiki i metody izucheniya* [Carbonate platforms in Early Paleozoic sedimentary basins. Sedimentation characteristics and methods of study]. Zhizn' Zemli. Geologiya, geodinamika, ekologiya, muzeologiya: sbornik nauchnykh trudov MGU. Moscow: Izd-vo MGU, 2010, pp. 104-132.

Chernov G.A. *Paleozoy Bol'shezemel'skoy tundry i perspektivy ego neftegazonosnosti* [Paleozoic of the Bolshezemelskaya tundra and prospects of its oil and gas bearing sections]. Moscow: Nauka, 1972, 318 p.

Chernov G.A. *Siluriyskie stromatolity podnyatiya Chernova (Bol'shezemel'skaya tundra)*

[Silurian stromatolites of the Chernov Swell (Bolshezemel'skaya Tundra)]. Stratigrafiya i paleontologiya severo-vostoka Evropeyskoy chasti SSSR, Moscow, Leningrad: Nauka, 1966, pp. 90-105.

Chernov G.A. *Siluriyskiye otlozheniya podnyatiya Chernova* (Bol'shezemel'skoy tundry) [Silurian strata of the Chernov uplift]. Doklady AN SSSR, 1964, vol. 156, no. 4, pp. 843-846.

Eynasto R.E. *Sistema pereryvov v silure Severnoy Pribaltiki* [The system of breaks in the Silurian of the Northern Baltic]. Geologiya i paleontologiya, Leningrad: Nauka, 1989, pp. 142-153.

Frykman P. Carbonate ramp facies of the Klinteberg Formation, Wenlock-Ludlow transition on Gotland, Sweden. Sveriges Geologiska Undersökning, 1989, vol. 820, pp. 1-79.

Jarochowska E., Viira V., Einasto R., Nawrot R., Bremer O., Männik P., Munnecke A. Conodonts in Silurian hypersaline environments: Specialized and unexpectedly diverse. *Geology*, 2017, vol. 45, no. 1, pp. 3-6. DOI: [10.1130/G38492.1.19](https://doi.org/10.1130/G38492.1.19)

Karatajute-Talimaa V.N. Märss T. Ordovician and Lower Silurian thelodonts from Severnaya Zemlya Archipelago (Russia). *Geodiversitas*, 2002, vol. 24, no. 2, pp. 381-404.

Kiselev G.N. *Golovonogiye molljuski silura i nizhnego devona severa Urala* [Cephalopod molluscs of the Silurian and Lower Devonian of the northern Urals]. Leningrad: LGU, 1984, 144 p.

Knyazev S.A. *Siluriyskie otlozheniya tsentral'noy chasti podnyatiya Chernova* [Silurian strata of the central part of the Chernov Uplift]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Severo-Vostoka evropeyskoy chasti SSSR. USSR. Syktyvkar*, 1965, no. 5, pp. 112-120.

Koren' T.N. *Osnovnye sobytiynye urovni graptolitovoy posledovatel'nosti silura* [Main event levels of the Silurian graptolite sequence]. *Geologiya i paleontologiya*. Leningrad, 1989, pp. 299-304.

Lyashenko A.I. *Novyye vidy devonskikh brakhiopod Russkoy platformy i zapadnogo sklona Urala* [New species of Devonian brachiopods of the Russian platform and the Western slope of the Urals]. *Fauna paleozoya Volzhsko-Ural'skoy oblasti neftegazonosnoy provintsii*. Moscow: Nauka, 1964, pp. 3-57.

Männik P., Bogolepova O.K., Pöldevere A., Gubanov A.P. New data on Ordovician-Silurian conodonts and stratigraphy from the Severnaya Zemlya Archipelago, Russian Arctic. *Geological Magazine*, 2009, vol. 146, no. 4, pp. 497-516. DOI: [10.1017/S0016756809006372](https://doi.org/10.1017/S0016756809006372)

Matveev V.A. *Raspredelenie strontsiya i bariya v pogranichnykh otlozheniyakh venloka i ludlova v razreze r. Padimeytyvis (podnyatie Chernova)* [Distribution of strontium and barium in the boundary strata of the Wenlock and Ludlow in the section of the Padimeityvis River (Chernov Uplift)]. *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: materialy 32-y nauchnoy konferentsii Instituta geologii Komi NTs UrO RAN. Syktyvkar: Geoprint*, 2023. pp. 78-84.

Matveev V.A., Beznosova T.M., Gomze L.A. Wenlock-Ludlow boundary strata on Chernov Uplift (Arctic region of Russia). *Építőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*, 2020, vol. 72, no. 5, pp. 169-173. DOI: [10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28](https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.28)

Maydl' T.V., Kotik I.S. *Litologo-geokhimicheskaya kharakteristika proyavleniya siluriyskogo izotopnogo sobytiya Mul'de v razreze r. Padimeytyvis (podnyatie Chernova)* [Petrological and geochemical characteristics of the manifestation of the Silurian isotope event Mulde in the section of the Padimeityvis River (Chernov uplift)]. *Geodinamika, veshchestvo, rudogenez vostochnoevropeyskoy platformy i ee skladchatogo obramleniya: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Syktyvkar: IG Komi NTs UrO RAN*, 2017, pp. 105-107.

Mel'nikov S.V. *Konodonty ordovika i silura Timano-Severoural'skogo regiona* [Conodonts of the Ordovician and Silurian of the Timan-Northern Ural region]. St. Petersburg. *Izd-vo Sankt-Peterburgskoy kartograf. fabriki VSEGEI*, 1999, 136 p.

Modzalevskaya T.L. *Brakhiopody silura i rannego devona Evropeyskoy chasti SSSR. Otryad Athyridida* [Brachiopods of Silurian and Early Devonian from the European part of the USSR. Order *Athyridida*]. Moscow: Nauka, 1985, 128 p.

Modzalevskaya T.L. *Nekotoryye voprosy stratigrafii siluriyskikh otlozheniy Bol'shezemel'skoy tundry* [Some questions of stratigraphy of Silurian section of the Bolshezemel'skaya tundra].

Ezhegodnik VPO. Leningrad, 1980, vol. 23, pp. 299-304.

Modzalevskaya T.L., Wenzel B. Biostratigraphy and geochemistry of Upper Silurian brachiopods from the Timan-Pechora region (Russia). *Acta Geologica*, 1999, vol. 40, no. 2, pp. 145-157.

Nekhorosheva L., Abushik A., Modzalevskaya T., Patrunov D. The Events at the Wenlock-Ludlow boundary in paleobasins of the Novaya Zemlya area. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 1991, vol. 40, no. 2, pp. 79-85.

*Ob'yasnitel'naya zapiska k skheme stratigrafii verkhnesiluriyskikh otlozheniy Vaygachsko-Yuzhnovozemel'skogo regiona* [Explanatory note to the scheme of stratigraphy of Upper Silurian strata of the Vaigach-South Vozemelsky region]. Leningrad: VNIIOkeongeologiya, 1981, 205 p.

*Ob'yasnitel'naya zapiska k stratigraficheskim skhemam Urala (dokembriy, paleozoy)* [Explanatory note to the stratigraphic schemes of Ural]. N.Ya. Antsygin. Ekaterinburg, 1994, 152 p.

*Opornyy razrez silura i nizhnego devona Podolii* [Silurian and Lower Devonian reference section of Podolia]. Ed. B.S. Sokolov. Nauka, Leningrad, 1972, 261 p.

*Osadochnyye porody (sostav, tekstury, tipy razrezov)* [Sedimentary rocks (composition, textures, types of sections)]. Ed. V.I. Bgatov. Novosibirsk: Nauka, 1990, 269 p.

Patrunov D.K., Shurigina M.V., Cherkesova S.V. *Silur i nizhniy devon na ostrove Dolgom* [Silurian and Lower Devonian strata on the Dolgy Island]. Siluriyskie i nizhnedevoonskie otlozheniya ostrova Dolgogo. Sverdlovsk: Nedra, 1980, pp. 3-26.

Reytinger E.A. *Atlas mikroskopicheskikh organicheskikh ostatkov i problematika drevnikh tolshch Sibiri* [Atlas of microscopic organic matter and issues of the ancient strata of Siberia]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1959, 61 p.

Spiridonov, A., Samsoné J., Brazauskas A., Stankevič R., Meidla T., Ainsaar L., Radzevičius S. Quantifying the community turnover of the uppermost Wenlock and Ludlow (Silurian) conodonts in the Baltic Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2020, vol. 549, pp. 109-128. DOI: [10.1016/j.palaeo.2019.03.029](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.03.029)

*Timano-Pechorskaya provintsiya: geologicheskoe stroenie, neftegazonosnost' i perspektivy osvoeniya* [Timan-Pechora province: geological structure, petroleum potential and development prospects]. M.D. Belonin, G.F. Budanov, S.V. Danilevskiy, O.M. Prishchepa, E.L. Teplov. St. Petersburg: Nedra, 2004, 396 p.

Timonin N.I. *Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoie* [Pechora Plate: history of geological development in the Phanerozoic]. Ekaterinburg, UrO RAN, 1998, 240 p.

Viira V., Einasto R. Wenlock-Ludlow boundary beds and conodonts of Saaremaa Island, Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 2003, vol. 52, no. 4, pp. 213-238.

Worsley D., Aarhus N., Bassett M.G., Howe M.P.A., Mørk A., Olaussen S. The Silurian succession of the Oslo region. *Norges geologiske Undersøkelse*, 1983, vol. 384, 57 p.

Yudin V.V. *Orogenez severa Urala i Pay-Khoya* [Orogenesis the North Ural and Pay-Khoy]. Ekaterinburg: UIF Nauka, 1994, 283 p.

Yudovich Ya.E., Maydl' T.V., Ivanova T.I. *Geokhimiya strontsiya v karbonatnykh otlozheniyakh: (V svyazi s problemoy geokhimicheskoy diagnostiki rifov)* [Geochemistry of strontium in carbonate strata: due to problem of geochemical diagnostics of reefs]. Leningrad: Nauka, 1980, 152 p.

