

DOI: 10.17353/2070-5379/9_2023

УДК 551.733.31(470.1)

Шеболкин Д.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, drk80@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕНЛОКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА (ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКИЙ РЕГИОН)

Рассматриваются результаты литогенетических, стратиграфических, геохимических исследований венлокских отложений южной части гряды Чернышева. Установлены позитивные отклонения $\delta^{13}\text{C}$, связанные с глобальными событиями Ирвиген и Мулде. Выделенные литотипы венлокских карбонатных и карбонатно-терригенных пород по механизму образования объединены в генетические группы. Изотопный состав пород имеет широкий диапазон значений $\delta^{13}\text{C}$ (-6,4...-0,5‰) и $\delta^{18}\text{O}$ (22,4-26,9‰). По литолого-геохимическим данным отчетливо обособляются три временных интервала, соответствующих примерно раннему шейнвуду, позднему шейнвуду и гомеру. Седиментационно-диагенетические доломиты в основании и широко распространенные ооидно-строматолитовые ассоциации в разрезе свидетельствуют о водоеме с нетипично нормально-морской гидрохимией. Особенностью условий осадконакопления в венлокскую эпоху в изученном регионе являлась крайняя мелководность бассейна с ограниченным водообменом.

Ключевые слова: венлокские карбонатные и карбонатно-терригенные породы, изотопный состав $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, условия осадконакопления, гряда Чернышева, Тимано-Североуральский регион.

Введение

Естественные выходы отложений венлокского возраста в Тимано-Североуральском регионе присутствуют на западном склоне севера Урала, на грядах Чернышева и Чернова, в остальной части региона они вскрываются скважинами. Объектом исследования является разрез на р. Изьяю в южной части гряды Чернышева (рис. 1, 2). Интерес к разрезу объясняется его существенным отличием среди известных в других районах региона, а именно: а) полным стратиграфическим объемом венлока, подтвержденным палеонтологическими и изотопно-геохимическими данными в отличие от других [Шеболкин, Мянник, 2014]; б) своеобразием породных ассоциаций и условиями седиментации [Антошкина, Шеболкин, 2014; Шеболкин, 2017]; в) его палеогеографическим положением в отличие от разрезов Приполярного Урала [Шеболкин, 2018]. Установлено по данным хемотратиграфии, что в стратотипической местности на западном склоне Приполярного Урала отсутствует часть нижнего венлока [Mannik, Martma, 2000; Mannik, Antoshkina, Veznosova, 2000].

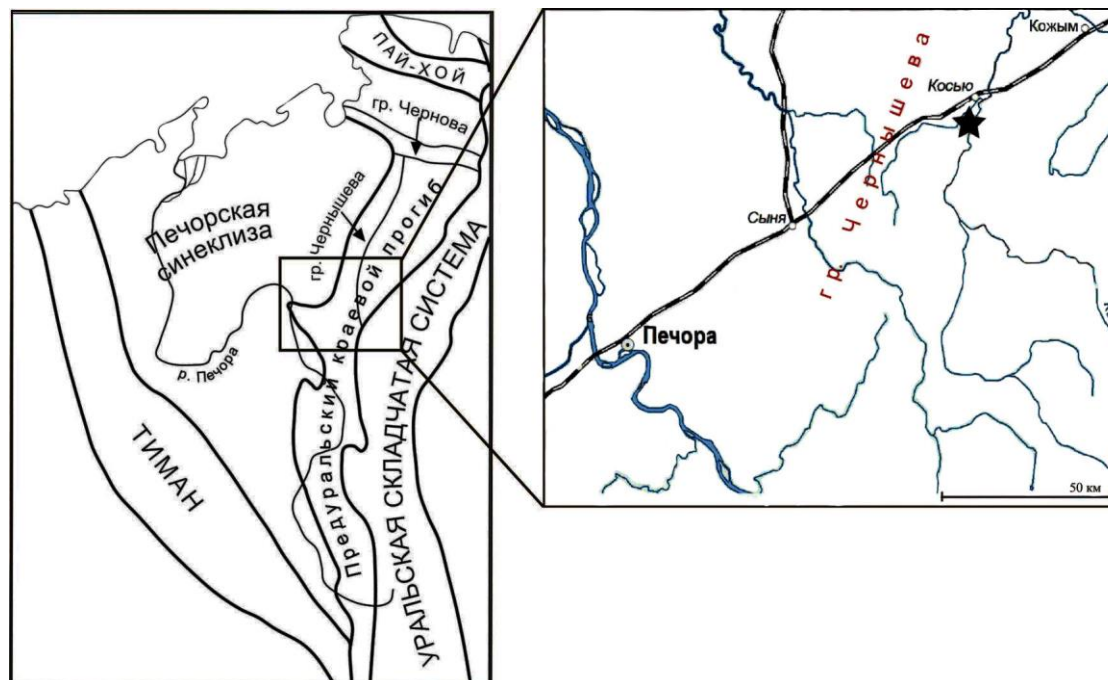


Рис. 1. Структурная схема Тимано-Печорского региона и географическое расположение изученного разреза



Рис. 2. Панорама обнажения 479, р. Изью

Целью статьи является обобщение полученных данных при изучении разреза р. Изьяю для обоснования обстановок осадконакопления в венлокскую эпоху на территории южной части гряды Чернышева, являющейся переходной зоной между разрезами венлока в естественных выходах на востоке и вскрытых скважинами на западе в пределах Печорской синеклизы. Присутствие единственного установленного полного разреза венлокских отложений служит важным корреляционным маркером для реконструкции палеогеографической ситуации в венлокскую эпоху в Тимано-Печорском нефтегазоносном бассейне.

Материалы и методы

Фактический материал составляют более 90 образцов карбонатных и терригенно-карбонатных пород, отобранных во время полевых работ в период с 2004 по 2011 гг. на р. Изьяю. Лабораторные исследования включали: изучение в шлифах, шлифовках, методы химического карбонатного и силикатного анализов, рентгендифрактометрического, электронномикроскопического с микронзондовым анализатором. Для выявления генезиса доломита использовались параметры их элементарных решеток, полученные рентгеноструктурным методом (дифрактометр Shimadzu XRD-6000 Cu-анод, ток - 30 мА, напряжение - 30 кВ, фильтр Ni, шаг сканирования 2 гета - 0,05, скорость съемки - 1гр./мин; аналитик Б.А. Макеев). Для изучения микроструктуры ооидов и доломитов, а также химического состава доломитов применялись оптическая микроскопия (компьютеризированный комплекс OLIMPUS BX 51), аналитическая СЭМ (JSM-6400 Jeol) и микронзонд Tescan Vega 3.2 (аналитики С.С. Шевчук, Е.А. Тропников).

Исследование органического вещества проводилось по сколам пород в петрографических шлифах методом рамановской спектроскопии (микроспектрометр LabRam HR800 Horiba, Jobin Yvon). Параметры регистрации спектров: He-Ne-лазер (мощность 0,2-2 мВт, $\lambda = 633$ нм), решетка спектрометра - 600 ш/мм, размер конфокального отверстия - 300 мкм, щели - 100 мкм, время накопления сигнала - от 1 до 10 секунд, количество измерений на одном участке спектрального диапазона - от 3 до 10 раз. Регистрация спектров осуществлялась при комнатной температуре (аналитик С.И. Исаенко). Изучение изотопного состава углерода и кислорода в карбонатах проводилось на аналитическом комплексе, включающем в себя систему подготовки и ввода проб Gas Bench II, соединенную с масс-спектрометром DELTA V Advantage фирмы Thermo Fisher Scientific (Бремен, Германия) (аналитик И.В. Смолева). Значения $\delta^{13}\text{C}$ даны в промилле относительно стандарта VPDB, $\delta^{18}\text{O}$ - стандарта SMOW. При калибровке использованы международные стандарты МАГАТЭ NBS18 (calcite) и NBS19 (TS-limestone). Ошибка определения для $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ составляет

± 0,15%. Аналитические исследования проводились в ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Литологическая характеристика

Разрез венлока расположен на левом берегу р. Изьяю в обн. 479, в котором присутствуют также отложения верхнего лландовери и низов лудлова. Он представлен 14 литотипами чередующихся разнообразных известняков, доломитов и глинисто-карбонатных микстолитов [Шеболкин, Мянник, 2014]. В статье основное внимание уделено литотипам, наиболее выразительно характеризующих уникальность исследуемого разреза, и выделению в нем трех временных интервалов венлокской эпохи. Характерными литотипами в основании разреза являются доломиты трех типов, слагающих пачку мощностью 4,4 м (рис. 3). *Доломиты известковистые с межзерновым пелитоморфным кальцитовым цементом* характеризуются микро-мелкокристаллической структурой. Идиоморфные кристаллы доломита (от 0,01 до 0,1 мм) довольно плотно прилегают друг к другу, их межзерновое пространство (5%) заполнено пелитоморфным кальцитом с гидроксидами железа. *Доломиты известковистые алевритистые с линзовидно-полосчатой текстурой*, подчеркнутой глинистым материалом. Идиоморфные кристаллы доломита (от 0,01 до 0,1 мм) довольно плотно прилегают друг к другу, межзерновое пространство (5%) в них заполнено пелитоморфным кальцитом с гидроксидами железа и зернами кварца 0,04-0,1 мм (10-15%). *Доломиты известковистые алевритистые с пятнистой текстурой*, подчеркнутой глинистым материалом. Идиоморфные кристаллы доломита (0,01-0,1 мм) довольно плотно прилегают друг к другу, в межзерновом пространстве (5%) пелитоморфный кальцит с гидроксидами железа и скоплениями в виде линз и пятен кварца (20-25%) размером зерен 0,04-0,1 мм, с присутствием мусковита, хлорита, гематита до 5%.

Для уточнения генезиса доломитов исследованы параметры их элементарных ячеек. Существуют доломиты катионно-упорядоченные, неупорядоченные и промежуточные. При расчете параметров элементарной ячейки доломитов выяснилось, что некоторые доломиты в составе имеют избыток атомов кальция, например, $\text{Ca}_{51}\text{Mg}_{49}(\text{CO}_3)_2$ и $d_{104} - 2,889 \text{ \AA}$, либо избыток атомов магния - $\text{Ca}_{48}\text{Mg}_{52}(\text{CO}_3)_2$ и $d_{104} - 2,880 \text{ \AA}$. Согласно D.L. Graf, для первично-осадочного доломита состава $\text{Ca}_{50}\text{Mg}_{50}(\text{CO}_3)_2$ межплоскостное расстояние d_{104} равно $2,886 \text{ \AA}$ [Graf, 1961]. Диагностика карбонатов кальцит-доломитового ряда методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) анализа проводилась по наиболее интенсивным у тригональных карбонатов отражениям $hkl = 104$ в области углов $28,5-32,5^\circ 2\Theta$ Cu K α . По данным J. Veizer, кальциевые доломиты, в структуре которых избыток CaCO_3 может достигать 7 мол. % по отношению к доломиту, со значением d_{104} - от $2,90 \text{ \AA}$ до $2,887 \text{ \AA}$ [Veizer, 1983]. Установлено

что кальциевые доломиты характерны для первично-осадочных, магниевые доломиты - для поздних стадий, их значение d_{104} - от 2,885 Å до 2,880 Å. Полученные данные (табл. 1) показывают, что изученные доломиты имеют первично-осадочное происхождение.

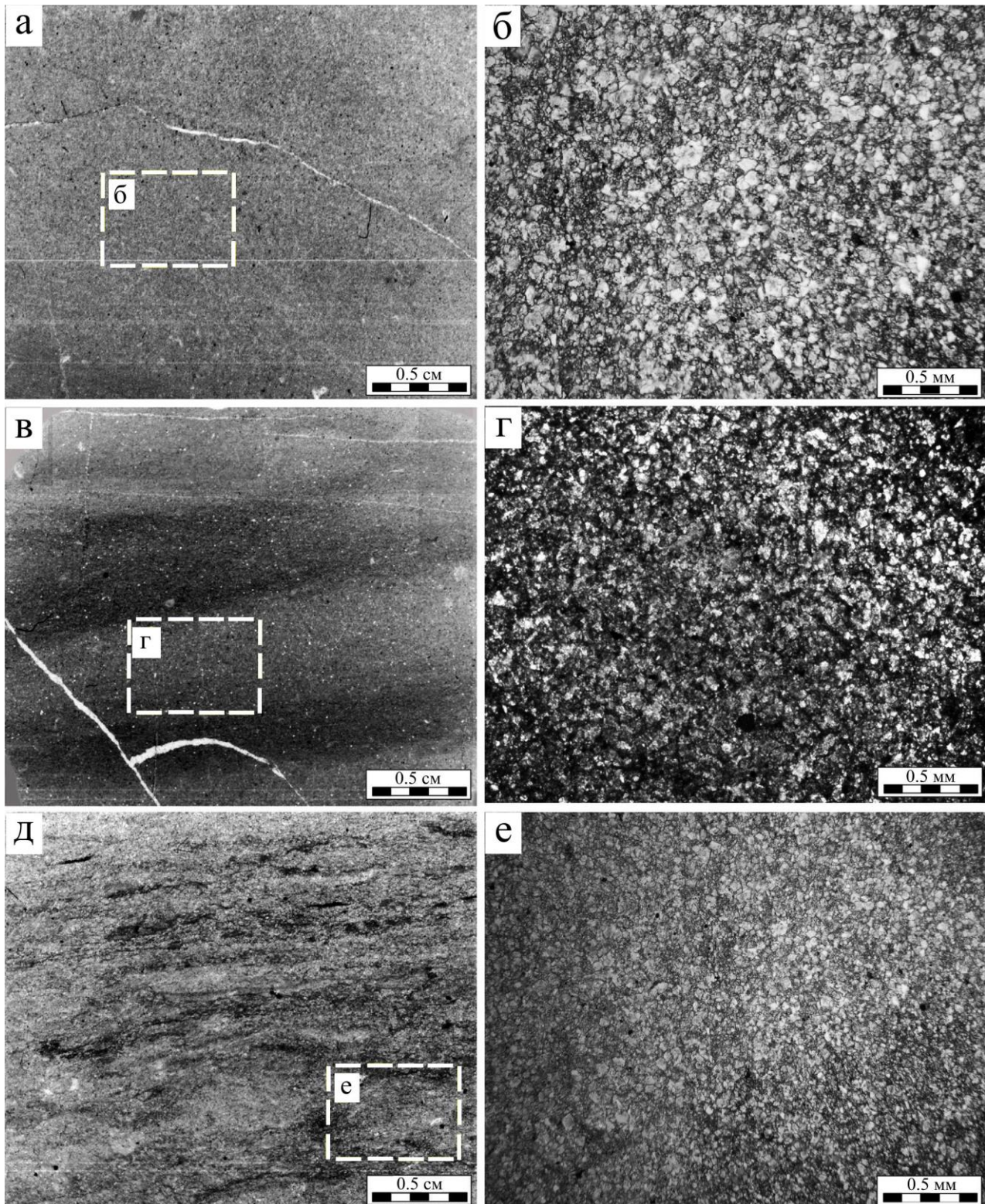


Рис. 3. Фотографии текстур и структур микро-мелкозернистых известковистых доломитов
а-б - с пелитоморфным кальцитовым цементом, с массивной текстурой; в-г - алевритистый, с линзовидно-полосчатой текстурой; д-е - алевритистый с полосчато-пятнистой текстурой.

Таблица 1

Межплоскостные расстояния d_{104} в доломитах первично-осадочного происхождения

Проба	d_{104} Å	Микро-мелкозернистые доломиты
Из479-105-1	2,887	Доломит с пелитоморфным кальцитовым цементом
Из479-107-1	2,887	Доломит алевритистый с линзовидно-полосчатой текстурой
Из479-109-1	2,888	Доломит алевритистый с полосчато-пятнистой текстурой
Из479-109-3	2,886	Доломит алевритистый с полосчато-пятнистой текстурой
Из479-110-1	2,886	Доломит алевритистый с полосчато-пятнистой текстурой
Из479-114	2,900	Доломит алевритистый с полосчато-пятнистой текстурой

Начало средней части разреза представлено известняками ооидными. Макроскопически - это известняки серые, коричневато-желтые, темно-серые, в разной степени доломитизированные мощностью от 0,05 до 0,3 м, увеличивающейся вверх. Микроскопически ооиды представляют собой карбонатные образования шаровидной, уплощенной, эллипсоидальной и бисфероидальной форм (0,1-0,5 мм). Ядра ооидов имеют размер от 0,01 до 0,2 мм и сложены пелоидами, литокластами, кварцевыми зернами или биокластами. Вокруг ядер образована кальцитовая оболочка (кортекс) разной толщины, строения и структуры. Среди ооидов различаются образования разного генезиса: кортоиды, оолиты, ооиды вадозных обстановок (вадоиды по [Flügel, 2010]) и ооиды микробиальных матов (с микробиальным кальцитом в ядре). Биокластовый материал (2-20%) в разной степени перекристаллизован, несортирован (0,1-2 мм) и представлен фрагментами остракод размером от 0,2 до 2 мм, иногда - целыми раковинами до 2 мм, реже отмечаются фрагменты гастропод, пелеципод и мшанок. Пространство между ооидами и биокластами может быть заполнено кальцитовым пелитоморфным матриксом или цементом разных генераций в виде: тонкой крустификационной оторочки и средне-крупнокристаллического кальцита из блоковой формы кристаллов спаритового типа, иногда - с реликтами стустковой структуры. Необходимо отметить разные типы ооидных оболочек (рис. 4б): а) когда образование кристаллов кальцита и их рост происходил за счет предыдущего слоя, то проявлялась радиальная структура, в пределах которой наблюдаются реликты концентрической оболочки; б) ооиды, имеющие только одну оболочку радиального строения, при этом среди них можно выделить ооиды, где оболочка состоит из плотно упакованных однообразных кристаллов, но чаще она представляет упаковку из чередования светлых кристаллов и темных (как пространство между кристаллами) форм, более мелкие ооиды напоминают ежиковидные шарики и овалы; в) оболочка из темного и светлого кальцита фибрового типа вокруг удлиненных фрагментов органических остатков и зерен неясного генезиса образует ооиды необычных уплощенных форм. При электронно-микроскопическом изучении (рис. 5) видно, что кристаллы имеют отчетливые следы растворения, напоминающие формы,

образующиеся при растворении органическими кислотами инкрустирующих микроорганизмов [Heise, 1973].

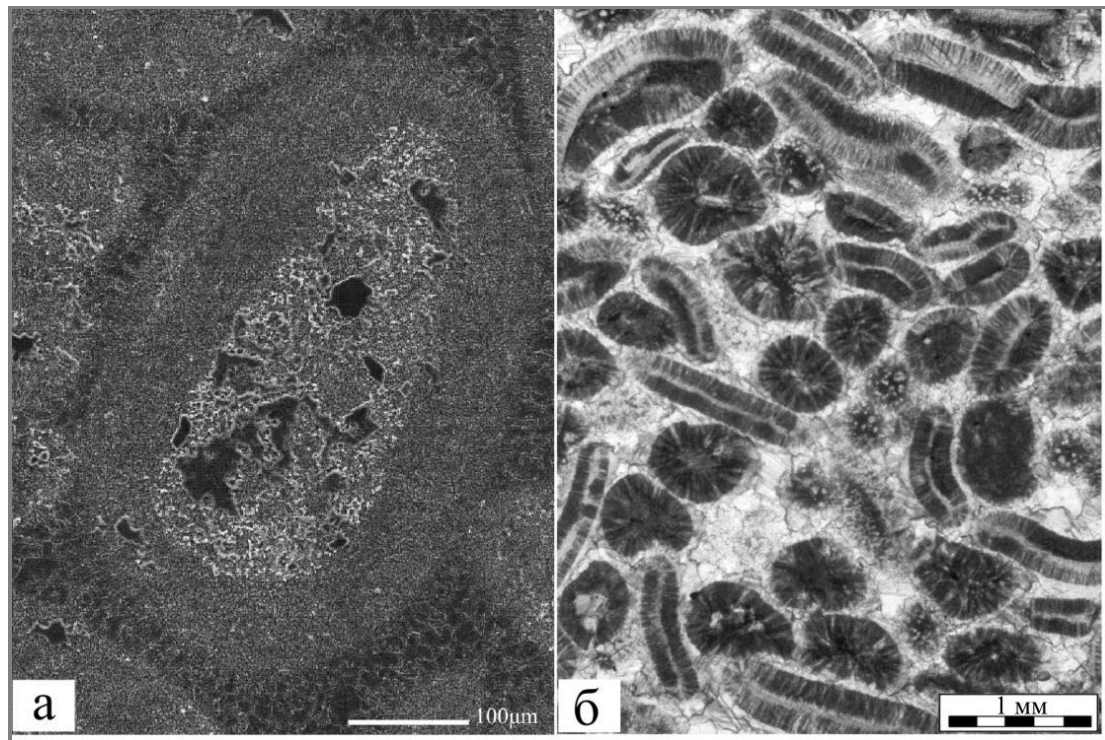


Рис. 4. Микрофотографии типов ооидов

а - овальный ооид с зернистой структурой их оболочки; б - ооиды пластинчатых и ежиковидных форм в друзовидном вадозном цементе.

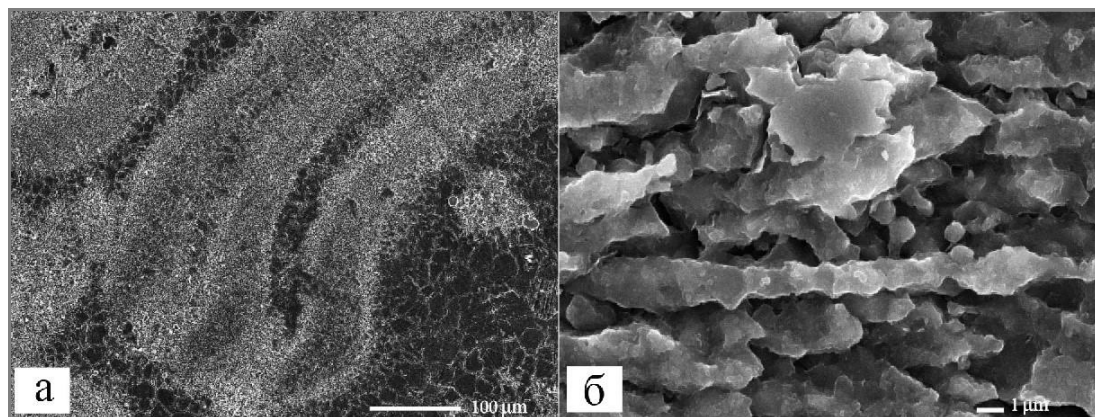


Рис. 5. Электронно-микроскопические снимки, иллюстрирующие микробильное участие в формировании ооидов, в упруго-отраженных (а) и во вторичных электронах (б), обр. Из479-118

а - биовальный ооид с шестовато-фибровой структурой оторочки; б - кристаллы кальцита со следами растворения из оболочки ооида на рис 5а.

Ооидные известняки перекрывают известняки строматолитовые, а затем встречаются совместно (рис. 6). Их чередование слагает ооидно-строматолитовую породную ассоциацию, являющуюся еще одним отличительным признаком данного разреза. Среди строматолитов

можно выделить четыре морфологических типа построек: 1) куполообразные постройки, имеющие высоту до 0,5 м и диаметр до 0,5 м; 2) караваяобразные постройки высотой до 0,3 м, диаметром до 0,6 м; 3) мелкие куполообразные постройки высотой до 0,2 м, диаметром до 0,25 м; 4) крупные караваяобразные постройки, образующие биостром высотой до 1,0 м, диаметром до 1,3 м. Как правило, колонии строматолитов закреплены на иловом субстрате, поверхности слоев - бугристые или волнисто-слоистые [Шеболкин, 2015].

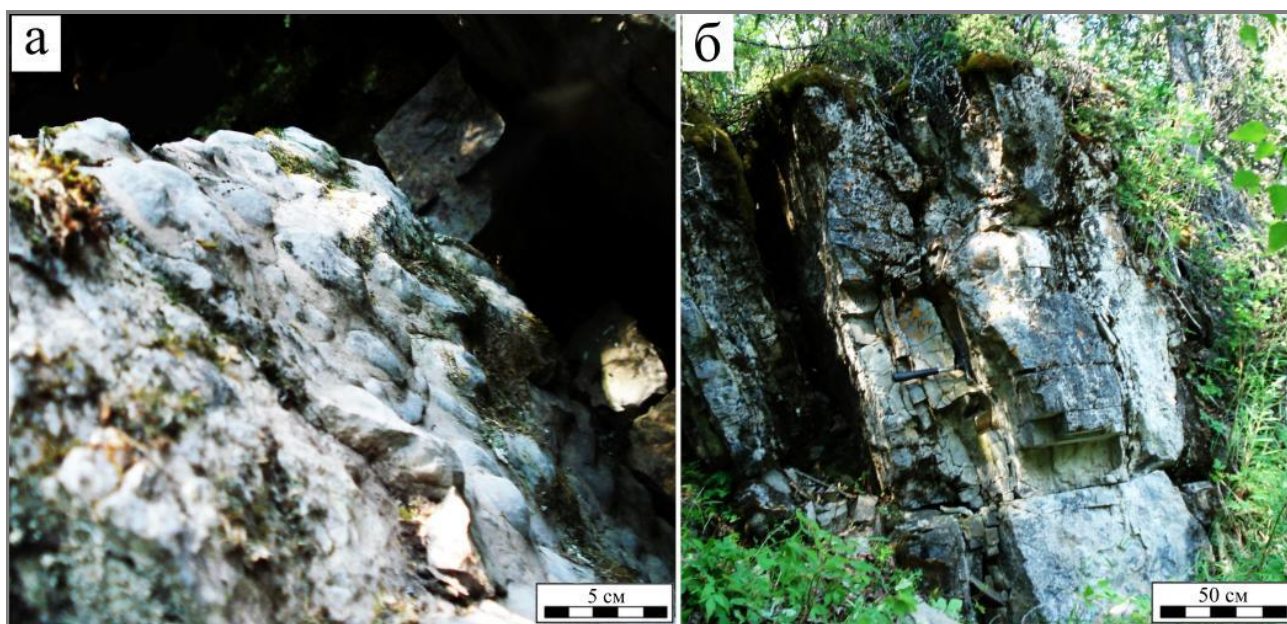


Рис. 6. Фотографии морфотипов строматолитов

а - скопления мелких караваяобразных построек; б - биостром из караваяобразных и пластовых построек.

Верхняя часть разреза сложена преимущественно обломочными разностями известняков, включающих *биолитокластовые* и *полибиокластовые* типы (рис. 7а). Обломки представлены хорошо или слабо окатанными, угловатыми известняками микрозернистыми размером от 0,02 до 0,5 мм и с органогенными остатками. Последние перекристаллизованы и включают целые раковины остракод (от 0,01 мм до 1 мм), фрагменты остракод, гастропод, пелеципод, мшанок (от 0,02 до 0,1 мм). Цемент - разнокристаллический кальцит базально-порового типа, участками с примесью пелитоморфного материала. Завершают разрез венлока *глинисто-алевритисто-карбонатные микстолиты* (рис. 7б). Микроскопически - это породы с псаммо-алевритовой структурой и текстурой биотурбации, подчеркнутую пятнисто-полосчатыми скоплениями зерен кварца в карбонатном матриксе. Кварц составляет 23,50%, имеет угловатые, угловато-окатанные и редко игловидные формы размером от 0,01 до 0,1 мм, погасание - ровное. Редко наблюдается биокластовый материал из фрагментов створок остракод и трилобитов. Присутствуют мусковит, хлорит и альбит.

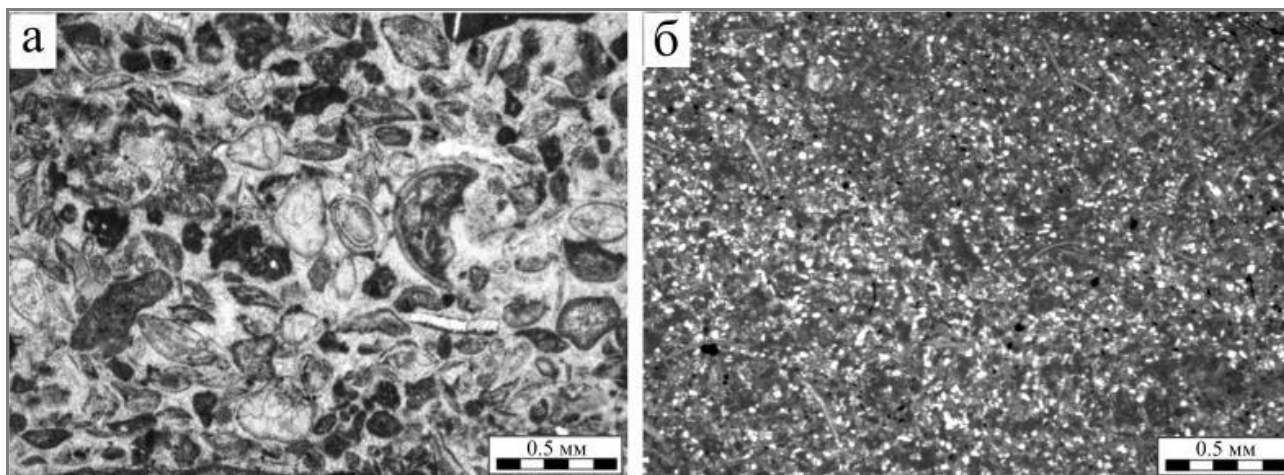


Рис. 7. Микрофотографии обломочных разностей известняков

а - известняк био-литокластовый, шлиф; б - глинисто-алевритисто-карбонатный микстолит.

Хемотратиграфическая характеристика разреза венлока

Важным фактором полноты стратиграфического объема венлока в данном разрезе является хемотратиграфическая кривая $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 8), которая показала уровни его границ, характерные для разных регионов мира [Cramer et al., 2010]. Известно, что для отложений основания венлока (нижний шейнвуд) свойственно позитивное отклонение значений $\delta^{13}\text{C}$, нижняя часть которого соответствует событию Иревикен (*Ireviken Event*), а уровень начала увеличения значений $\delta^{13}\text{C}$ фактически совпадает с границей лландовери и венлока. Здесь хорошо выражено это позитивное отклонение [Шеболкин, Мянник, 2014]. Литологически нижняя граница, согласно резкому началу повышения кривой, подчеркивается резкой сменой лито-биокластовых известняков и известняковых конглобрекций доломитами.

Вид хемотратиграфической кривой позволил выявить границы венлока и лудлова, так как для верхней части кривой характерны два близко расположенных четких позитивных отклонения $\delta^{13}\text{C}$ из гомера, связанного с глобальным событием Мулде (*Mulde Event*) [Martma et al., 2005; Cramer et al., 2011]. Литологически верхняя граница отличается сменой микстолитов крупнобиокластовыми известняками, выше в которых определены лудловские брахиоподы [Шеболкин, Мянник, 2014].

Карбонаты в морских бассейнах с понижением солености от нормально-морской характеризуются несколько облегченными величинами изотопного состава кислорода и углерода, что объясняется поступлением в бассейн седиментации изотопно-легких пресных вод и наличием углекислоты биогенного происхождения [Кулешов, 2001]. Ранее описаны морские карбонатолиты фанерозойского возраста со стабильным изотопным составом углерода на фоне широкого варьирования изотопии кислорода: $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}} = -2...2\%$ [Силаев, Хазов, 2003], поэтому в данной работе используется именно такой диапазон для нормально-осадочных карбонатов.

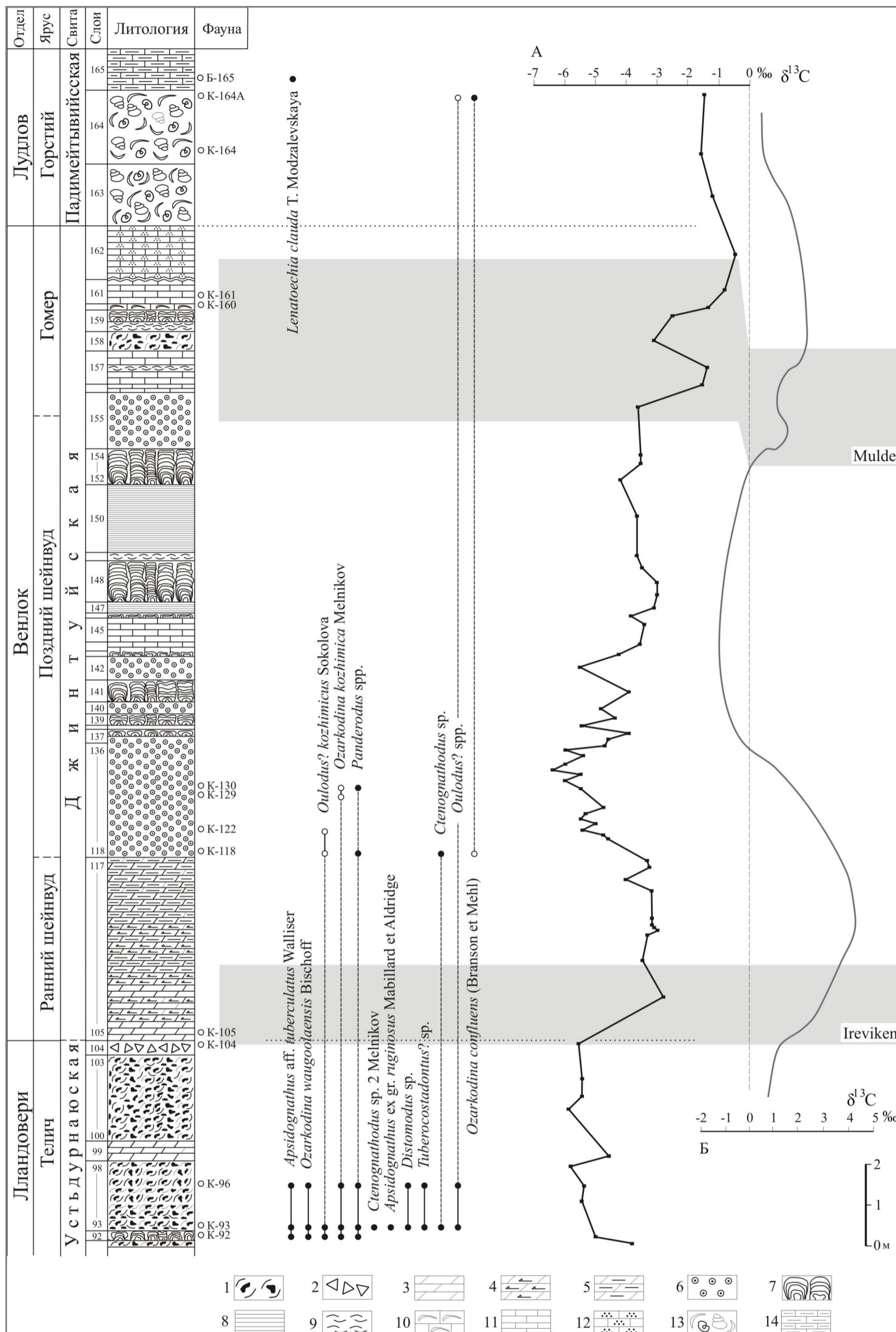


Рис. 8. Литологический разрез с биостратиграфическими и геохимическими определениями

Слева направо (по [Шеболкин, 2017]): К - конодонты, Б - брахиоподы; распространение фауны (непрерывная линия - вид встречается во всех образцах из указанного интервала, прерывистая линия - вид встречается в единичных образцах, черная точка - вид определен уверенно, белая точка - вид определен с вопросом); А - кривая $\delta^{13}C$ в изученном разрезе: горизонтальные прерывистые линии - границы этих интервалов; Б - кривая $\delta^{13}C$ из разреза о-ва Готланд, Швеция [Wenzel, Joachimski, 1996]; названия глобальных событий (горизонтальные серые интервалы соответствуют названным событиям).

1 - известняки биолитокластовые; 2 - карбонатные конглобрекчи; 3 - доломиты известковистые с межзерновым пелитоморфным кальцитовым цементом; 4 - доломиты глинистые с пятнистой текстурой; 5 - доломиты известковистые с линзовидно-полосчатой текстурой; 6 - известняки ооидные; 7 - известняки строматолитовые; 8 - известняки микрозернистые неравномерно слоистые; 9 - известняки полибиокластовые; 10 - известняки остракодовые биокластовые; 11 - известняки микрозернистые неравномерно биотурбированные; 12 - глинисто-алевритисто-карбонатные микстолиты; 13 - известняки крупнобиокластовые; 14 - известняки глинистые биотурбированные.

В табл. 2 представлены данные изотопного состава литотипов разных генетических групп, а на рис. 9 приведена диаграмма с распределением значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ для основных литотипов. Доломиты характеризуются облегченными значениями $\delta^{13}\text{C}$ (-3,5...-2,8‰), $\delta^{18}\text{O}$ (22,4-24,1‰) и располагаются в области понижения солености вод. Известняки ооидные имеют наиболее облегченный изотопный состав углерода (-6,4...-3,7‰) и кислорода (22,5-25,3‰). При этом значения $\delta^{18}\text{O}$ несколько увеличиваются вверх по разрезу. Для строматолитовых известняков также характерны пониженные величины $\delta^{13}\text{C}$ (-4,3...-3,0‰), и $\delta^{18}\text{O}$ (23,7-24,6‰), как и для слоистых микрозернистых известняков - $\delta^{13}\text{C}$ (-3,7...-3,1‰) и $\delta^{18}\text{O}$ (25,5-26,9 ‰), переслаивающихся с ооидными и строматолитовыми известняками.

Изотопные показатели по пробам известняков микрозернистых - $\delta^{13}\text{C}$ (-1,6...-0,8‰) и $\delta^{18}\text{O}$ (23,0-25,3‰) имеют величины близкие к значениям изотопного состава нормально-морских осадочных карбонатов. Известняки биолитокластовые имеют значения $\delta^{13}\text{C}$ -3,1‰ и $\delta^{18}\text{O}$ 24,3‰, а полибиокластовые - $\delta^{13}\text{C}$ (-3,7‰) и $\delta^{18}\text{O}$ (25,1‰), переслаивающиеся с строматолитовыми и слоистыми известняками со сходным изотопным составом. Изотопный состав известняков биокластовых остракодовых - $\delta^{13}\text{C}$ -1,3‰, $\delta^{18}\text{O}$ 22,8‰ и микстолитов со значениями $\delta^{13}\text{C}$ -0,5‰ и $\delta^{18}\text{O}$ 24,0‰ из верхних слоев разреза показывает нормально-морские величины по углероду и резко пониженные для кислорода. Последние могут быть связаны с вторичными преобразованиями пород, такими как перекристаллизация, субаэральные обстановки выветривания или карстования во время регрессии в конце гомера. Такое обоснование требует дополнительного изучения для подтверждения.

Условия образования

Силурийский бассейн на севере-востоке Европейской платформы располагался в северных приэкваториальных областях [Scotese, 2004] и характеризовался мелководными обстановками в условиях колебания климата [Jeppsson, 1997; Calner, 2008]. В поздневенлокское время на окраине карбонатного шельфа (Приполярный Урал) начал формироваться риф Балбанью и создавал обстановки затрудненного водообмена в зарифовой лагуне [Антошкина, 2003].

Установлено, что глобальные биосферные изменения в раннем палеозое в первую очередь связаны с периодами похолодания на Гондване, что отражалось в эвстатических колебаниях уровня моря и геохимических изменениях гидросферы [Caputo, 1998; Kaljo et al., 2003; Cramer, Saltzman, 2005; Lehnert et al., 2007]. На рубеже лландовери-венлок это проявилось биотическим событием вымирания Ирвикоен, а в конце венлока - событием Мульде.

Таблица 2

Изотопный состав венлокских отложений

Литотип	Изотопный состав, ‰			Литотип	Изотопный состав, ‰		
	Номер пробы	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$		Номер пробы	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
Биохеогенная генетическая группа				Биохеогенная генетическая группа			
Доломиты с пелитоморфным кальцитовым цементом	Из479-107-1	-2,8	23,4		Из479-132-2	-6,4	23,0
					Из479-133	-6,0	24,6
					Из479-134	-5,3	25,2
Доломиты алевритистые с линзовидно-полосчатой текстурой	Из479-108-2	-3,5	22,5	Известняки ооидные	Из479-135	-6,0	24,6
	Из479-108-3	-3,3	22,4		Из479-136	-4,7	25,3
	Из479-109-1	-3,0	23,1		Из479-140	-4,8	24,2
	Из479-109-2	-3,1	22,8		Из479-142	-5,5	25,0
	Из479-109-3	-3,2	22,9		Из479-155	-3,7	25,3
	Из479-110-1	-3,2	23,3		Известняки микрозернистые слоистые	Из479-147	-3,1
Из479-110-3	-3,2	23,3	Из479-150	-3,7		25,5	
Доломиты алевритистые с пятнистой текстурой	Из479-112	-3,2	24,1	Известняки микрозернистые с текстурой биотурбации	Из479-156	-1,6	24,7
	Из479-116	-3,2	23,7		Из479-157	-1,4	23,0
	Из479-117	-3,3	24,0		Из479-161	-0,8	25,3
				Механогенная генетическая группа			
Известняки ооидные	Из479-120	-4,6	23,4	Известняки биолитокластовые	Из479-158	-3,1	24,3
	Из479-121	-4,8	23,3				
	Из479-122	-5,3	22,7	Известняки полибиокластовые	Из479-149	-3,7	25,1
	Из479-124	-5,0	23,1				
	Из479-125	-5,5	22,6	Известняки биокластовые остракодовые	Из479-160	-1,3	22,8
	Из479-126	-5,3	22,8				
	Из479-127	-4,8	22,8				
	Из479-130-1	-5,5	23,0	Глинисто-алевритисто-карбонатные породы (микстолиты)	Из479-162	-0,5	24,0
	Из479-131-1	-6,0	22,5				
	Из479-132-1	-5,5	22,9				

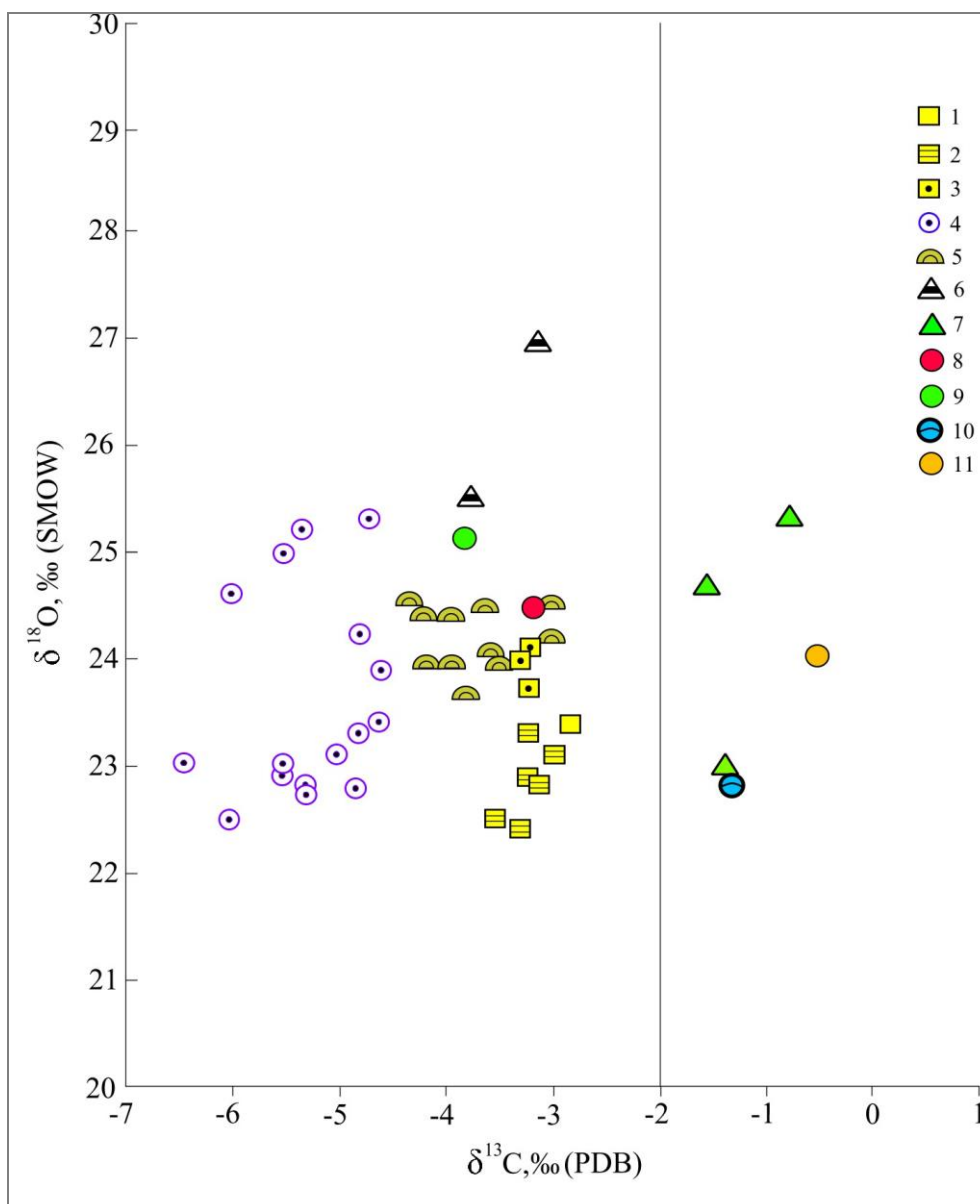


Рис. 9. Изотопные показатели $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в литотипах венлокских пород

1 - доломиты известковистые с межзерновым пелитоморфным кальцитовым цементом, 2 - доломиты известковистые алевритистые с линзовидно-полосчатой текстурой, 3 - доломиты известковистые алевритистые с пятнистой текстурой, 4 - известняки ооидные, 5 - известняки строматолитовые, 6 - известняки микрозернистые неравномерно слоистые, 7 - известняки микрозернистые неравномерно биотурбированные, 8 - известняки биолитокластовые, 9 - известняки полибиокластовые, 10 - известняки биокластовые остракодовые, 11 - глинисто-алевритисто-карбонатные микстолиты.

Глобальные регрессии в результате похолодания вызывали экспозицию карбонатных платформ - эродирование как поверхности рифов, так и зарифовых шельфов, создавая стрессовые ситуации в бентосных экосистемах [Lehnert et al., 2007; Antoshkina, 2007]. Проведенные литогенетические исследования литологических типов пород и ассоциаций позволили провести реконструкцию обстановок осадконакопления и условно выделить стратиграфические интервалы развития морского бассейна в венлоке [Шеболкин, 2018]. Эти интервалы соответствуют: I - раннему шейнвуду, II - позднему шейнвуду, III - гомеру. На их

основе рассмотрены статистические параметры распределения изотопного состава углерода и кислорода (рис. 10, табл. 3).

Таблица 3

Статистические параметры распределения изотопного состава углерода и кислорода в венлокских отложениях

Интервал	Среднее содержание (x, ‰)		Среднее квадратичное отклонение (Sx, ‰)		Коэффициент вариации (Vx, %)	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
III	-1,6	24,1	0,92	0,92	57,5	3,8
II	-4,5	24,2	0,96	1,05	21,2	4,3
I	-3,3	23,0	0,29	0,60	8,9	2,6

Во время *I этапа* (рис. 10-I) на территории юга гряды Чернышева существовал довольно изолированный крайне мелководный водоем, где накапливались осадки с повышенным содержанием Mg, что проявляется в накоплении доломитов и крайне редким присутствием мелких тонкостворчатых остракод. Периодически поступал алевритовый материал с близлежащих участков суши. Даже небольшие колебания уровня моря в бассейне приводили к выводу осадков в вадозно-фреатические обстановки, а в Печорской синеклизе - вплоть до образования каолинитовых кор выветривания в средней части веяжской свиты на Баганской площади (по неопубликованным данным Р.В. Хипели), что свидетельствует о продолжительном перерыве осадконакопления в западных районах региона.

Средние значения изотопных данных (x) $\delta^{13}\text{C}$ -3,3‰ и $\delta^{18}\text{O}$ 23,0‰ в породах данного интервала незначительно варьируют (Sx 0,29 и 0,60‰, соответственно), низкие значения изотопного состава углерода вполне могут быть объяснены низкой биопродуктивностью вод и периодическим поступлением терригенного вещества с области эрозии. Рентгеноструктурные исследования доломитов показывают стандартные данные первично-осадочных доломитов. Их спектроскопические показатели отвечают фазам углеродистого вещества крайне низкой степени упорядоченности его структуры, что говорит о низкой степени его преобразования. Соответственно, изотопный состав доломитов отражает первичные изотопные характеристики бассейна седиментации [Антошкина и др., 2019].

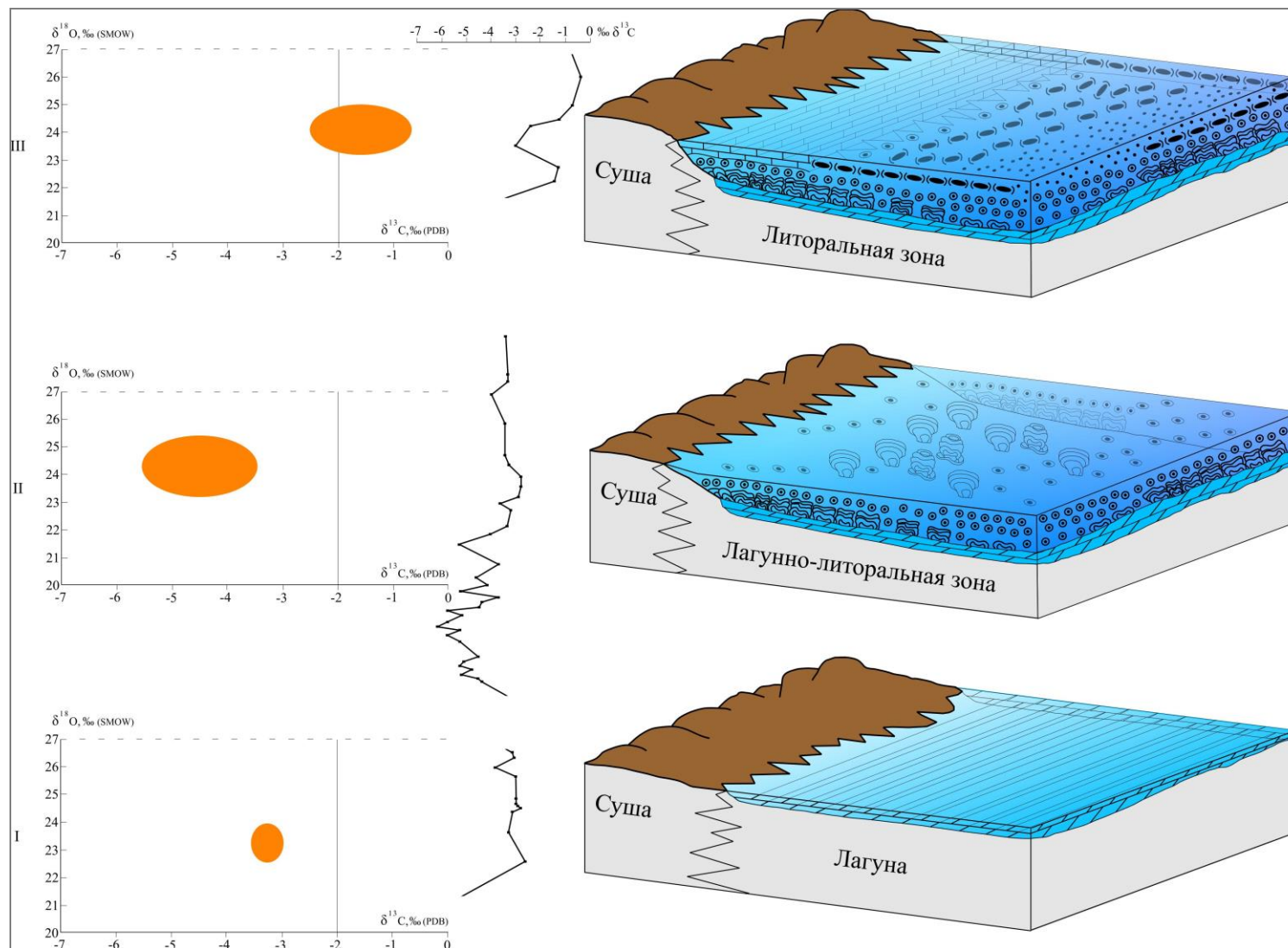


Рис. 10. Диаграммы распределения средних изотопных значений углерода и кислорода, сопровождающимися хемотратиграфическими кривыми на выявленных трех временных интервалах и их литофациальные модели
 Этапы: I - ранний шейвуд, II - поздний шейвуд, III - гомер.

Во *II этане* (рис. 10-II) самого продолжительного интервала отложения формировались в основном ооидно-строматолитовые ассоциации и слоистые разности микрозернистых известняков со средними значениями (x) $\delta^{13}\text{C}$ $-4,5\text{‰}$ (S_x $0,96\text{‰}$) и $\delta^{18}\text{O}$ $24,2\text{‰}$ (S_x $1,05\text{‰}$). Распространение ооидо-строматолитовых породных ассоциаций существовало во время некоторого повышения уровня вод по сравнению с первым этапом, что обусловило поступление разнообразной биокластики, илового материала и способствовало некоторому движению поверхностных вод и дифференциации палеоэкологических обстановок [Антошкина и др., 2015]. При сохранении малой подвижности придонных вод происходила экспансия микробных сообществ, создававших эвтрофные условия в придонном осадке. Это отрицательно влияло на кальциевый баланс в морском бассейне и приводило к резкому обеднению представителей бентоса с чисто кальцитовым составом скелета. Поэтому в породах последовательностей с ооидно-строматолитовыми ассоциациями встречаются в основном фоссилии эвригалинных остракод и гастропод. Ооидные оболочки начинали формироваться в спокойно-водных условиях вокруг компонентов, попадавших в осадок: скелетных фрагментов, терригенных зерен, интракластов и внутри структуры строматолитовых образований. Иногда можно наблюдать вадозный цемент между ооидами. Дифференциация дна бассейна и гидродинамического режима, возникающая в результате колебания вод бассейна, отражалась в разных морфологических и генетических типах строматолитов и ооидов.

На *III этане* (рис. 10-III) спокойноводные обстановки сменились литоральными, о чем говорит накопление остракодовых биокластовых, полибиокластовых и лито-биокластовых осадков. Породы этого интервала имеют средние изотопные величины (x) $\delta^{13}\text{C}$ $-1,6\text{‰}$ (S_x $0,92\text{‰}$) и $\delta^{18}\text{O}$ $24,1\text{‰}$ (S_x $0,92\text{‰}$). Залегающие в кровле разреза микстолиты, характеризующие смешанные глинисто-алеврито-магнезиально-известковые осадки, показывают смену обстановок на завершающей стадии осадконакопления венлокской эпохи и говорят о существенном обмелении морского бассейна с более интенсивным поступлением терригенного материала.

Выводы

Обобщение полученных аналитических результатов исследования венлокских отложений разреза р. Изьяю южной части гряды Чернышева позволяет сделать выводы, показывающие специфику осадконакопления на этой территории в венлокскую эпоху.

Полный стратиграфический объем венлокской джинтуйской свиты определяется хемотратиграфической кривой: выраженным позитивным отклонением, сопровождающим событие Иревикен в основании разреза и резкой сменой породных ассоциаций. Верхняя

граница характеризуется присутствием вблизи ее совмещенных двух положительных отклонений события Мульде, выше которого присутствует резкая смена породных ассоциаций.

Осадконакопление в венлокскую эпоху на данной территории происходило в крайне мелководном зарифовом бассейне с колебанием уровня моря, гидродинамики, гидрохимии, что подтверждается широким разбросом изотопных характеристик $\delta^{13}\text{C}$ (-6,4...-0,5‰) и $\delta^{18}\text{O}$ (22,4-26,9‰) и нестабильным тектоническим режимом.

В раннеджинтуйское время (I интервал - ранний шейнвуд) бассейн представлял собой крайне мелководный фактически изолированный водоем с нарушенным водообменом и накоплением кальциево-магнезиальных осадков. Среднеджинтуйское время (II интервал - поздний шейнвуд) в связи с некоторой дифференциацией дна бассейна и повышением уровня моря характеризовалось распространением ооидно-строматолитовых и микрозернистых известковых осадков. Только в позднеджинтуйское время (III интервал - гомер), когда уже существовала зарифовая лагуна, присутствовали литоральные обстановки, которые в самом конце завершились крайне мелководными, близкими к субаэральным.

Изотопные характеристики венлокских пород свидетельствуют о логичности выделения трех временных интервалов и их корреляции с палеогеографическими реконструкциями венлокского осадконакопления.

Полученные результаты необходимо учитывать при корреляции венлокских отложений, полнота которых варьирует в разных районах, что особенно важно для нижнепалеозойского комплекса Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Работа выполнена в рамках НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (№ в ЕГИСУ НИОКТР - 1021062311457-5-1.5.6; FUUU-2022- 0054).

Автор благодарен А.И. Антошкиной за ценные советы и рекомендации при написании статьи.

Литература

Антошкина А.И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. - 303 с.

Антошкина А.И., Шеболкин Д.Н. Генетическая интерпретация ооидных образований (на примере венлокских отложений южной части гр. Чернышева) // Геохимия литогенеза: материалы Российского совещания с международным участием. - Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. - С. 165-168.

Антошкина А.И., Салдин В.А., Никулова Н.Ю., Юрьева З.П., Пономаренко Е.С., Сандула А.Н., Канева Н.А., Шмелева Л.А., Шеболкин Д.Н., Шадрин А.Н., Инкина Н.С. Реконструкция осадконакопления в палеозое Тимано-Североуральского региона:

направления исследований, результаты, проблемы и задачи // Известия Коми НЦ УрО РАН. - 2015. - № 1 (21). - С. 55-72.

Антошкина А.И., Шеболкин Д.Н., Шмелёва Л.А., Исаенко С.И. Биохемогенные известняки и доломиты в нанометровом масштабе: значение для геологической летописи // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2019. - № 8. - С. 3-13.

Кулешов В.Н. Эволюция изотопных углекислотно-водных систем в литогенезе. Сообщение 1. Седиментогенез и диагенез // Литология и полезные ископаемые. - 2001. - № 5. - С. 491-508.

Силаев В.И., Хазов А.Ф. Изотопное диспропорционирование карбонатного углерода в процессах гипргенно-экзогенной перегруппировки вещества земной коры. - Сыктывкар: Геопринт, 2003. - 41 С.

Шеболкин Д.Н., Мянник П. Венлокские отложения южной части гряды Чернышева (Тимано-Североуральский регион) // Литосфера. - 2014. - №1. - С. 33-40.

Шеболкин Д.Н. Разнообразие строматолитовых построек как отражение специфики венлокского осадконакопления в Тимано-Североуральском регионе // Геология рифов: материалы Всероссийского литологического совещания. - Сыктывкар, 2015. - С. 157-159.

Шеболкин Д.Н. Джинтуйская свита венлока на р. Изьяю (гряда Чернышева) // Природное геологическое наследие европейского севера России наследие: материалы Всероссийской научной конференции. - Сыктывкар, 2017. - С. 97-100.

Шеболкин Д.Н. Литогенетическая типизация и условия образования венлокских отложений Приполярного Урала и гряды Чернышева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2018. - Т.13. - № 2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/20_2018.pdf
DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2018

Antoshkina A.I. Silurian sea-level and biotic events in the Timan-northern Ural region: sedimentological aspects // Acta Palaeontologica Sinica. - 2007. - Vol. 46. - P. 23-27.

Calner M. Silurian global events at the tipping point of climate change: Mass extinctions // Springer-Verlag. Berlin and Heidelberg. - 2008. - P. 21-58.

Caputo M.V. Ordovician-Silurian glaciation and global sea-level changes. In: Landing E. & Johnson M. E. (eds.) Silurian cycles - Linkages of dynamic stratigraphy with atmospheric, oceanic, and tectonic changes // New York State Museum Bull. - 1998. - Vol. 491. - P. 15-25.

Cramer B.D., Brett C.E., Melchin J.M., Männik P., Kleffner M.A., McLaughlin P.I., Loydell D.K., Munnecke A., Jeppsson L., Corradini C., Brunton F.R., Saltzman M.R. Revised correlation of Silurian Provincial Series of North America with global and regional chronostratigraphic units and $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ chemostratigraphy. Lethaia 44. - 2011. - P. 185-202.

Cramer B.D., Loydell D. K., Samtleben C., Munnecke A., Kaljo D., Männik P., Martma T., Jeppsson L., Kleffner M.A., Barrick J.E., Johnson C.A., Emsbo P., Joachimski M.M., Bickert T., Saltzman M.R. Testing the limits of Paleozoic chronostratigraphic correlation via high-resolution (<500kyr) integrated conodont, graptolite, and carbon isotope ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$) bio-chemostratigraphy across the Llandovery-Wenlock (Silurian) boundary: Is a unified Phanerozoic time scale achievable? GSA Bulletin 122. - 2010. - P. 1700-1716.

Cramer B.D., Saltzman M.R., Sequestration of ^{12}C in the deep ocean during the early Wenlock (Silurian) positive carbon isotope excursion // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2005. - Vol. 219. - P. 333-349.

Flügel E. Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Berlin: Heidelberg-Springer-Verlag, 2010. - 976 p.

Graf D.L. Crystallographic tables for the rhombohedral carbonates // The American mineralogist. - 1961. - Vol. 46. - P. 1283-1316.

Heise R. Diagenesis of a SeaMount oolite from the West Pacific, LEG 20 // Deep Sea Drilling Project. University of California, 1973. - P. 363-387.

Jeppsson L. A new latest Telychian, Sheinwoodian and Early Homeric (Early Silurian) standard conodont zonation. Transactions of the Royal Society of Edinburgh // Earth Sciences. - 1997. - Vol. 88. - P. 91-114.

Kaljo D, Martma T., Mannik P., Viira V. Implications of Gondvana glaciations in the Baltic Later Ordovician and Silurian and a carbon isotopic test of environmental cyclicity // Bull. de la Societe geologique de France. - 2003. - Vol. 174. - P. 59-66.

Lehnert O., Eriksson M.E., Calner M., Joachimski M., Buggisch W. Concurrent sedimentary and isotopic indications for global climatic cooling in the Late Silurian // Acta Palaeontologica Sinica. - 2007. - Vol. 46. - P. 249-255.

Mannik P., Antoshkina A.I., Beznosova T.M. The Lland-overey-Wenlock boundary in the Russian Arctic. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol. - 2000. - Vol. 49. - P. 104-111.

Mannik P., Martma T. The Llandovery-Wenlock boundary in Subpolar Urals. Pan-Artic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna: Ichthyolith Issue, Special Publication, 6 - Syktyvkar: Institute of Geology, Komi Science Centre, Uralian Division of RAS, 2000. - P. 64-67.

Martma T., Brazauskas A., Kaljo D., Kaminskas D., Musteikis P. The Wenlock-Ludlow carbon isotope trend in the Vidukle core, Lithuania, and its relations with oceanic events. Geological Quarterly 49, 2005. - P. 223-234.

Scotese C.R. Paleogeografic Atlas. Paleomap Project. Calgary, 2004.

Veizer J. Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates / Ed. R.J. Reeder. Carbonates: mineralogy and chemistry // Rev. Miner. Geochem. Miner. Soc. America, Washington. - 1983. - Vol. 11. - P. 265-299.

Wenzel B., Joachimski M.M. Carbon and oxygen isotopic composition of Silurian brachiopods (Gotland/Sweden): palaeoceanographic implications // Palaeogeography, Palaeoclimatology; Palaeoecology. - 1996. - 122. - P. 143-166.

Shebolkin D.N.

Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, drk80@mail.ru

THE COMPOSITION, STRUCTURE AND FORMATION CONDITIONS OF THE WENLOCKIAN STRATA IN THE SOUTHERN PART OF THE CHERNYSHEV RIDGE (TIMAN-NORTHERN URAL REGION)

The results of lithogenetic, stratigraphic, geochemical studies of the Wenlockian strata in the southern part of the Chernyshev Ridge are considered. Positive deviations of $\delta^{13}\text{C}$ associated with the global events Ireviken and Mulde have been established. The identified lithotypes of Wenlockian carbonate and carbonate-terrigenous rocks are combined into genetic groups according to the mechanism of formation. The isotopic composition of the rocks has a wide range of $\delta^{13}\text{C}$ (-6.4...-0.5‰) and $\delta^{18}\text{O}$ (22.4-26.9‰) values. According to lithological and geochemical data, three time intervals are clearly distinguished, corresponding approximately to the early Shanewoodian, late Shanewoodian and Homerian. Sedimentary-diagenetic dolomites at the base and widespread ooid-stromatolite rocks association in the section indicate a reservoir with atypically normal marine hydrochemistry. A feature of the sedimentation conditions in the Wenlockian Epoch in the studied region was the extreme shallowness of the basin with limited water exchange.

Keywords: *Wenlockian carbonate and carbonate-terrigenous rocks, isotopic composition $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$, sedimentation conditions, Chernyshev Ridge, Timan-Northern Ural region.*

References

Antoshkina A.I. *Rifooobrazovanie v paleozoe (sever Urala i sopredel'nye oblasti)* [Reef formation in the Paleozoic (north of the Urals and adjacent areas)]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2003, 303 p.

Antoshkina A.I. Silurian sea-level and biotic events in the Timan-northern Ural region: sedimentological aspects. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, vol. 46, pp. 23-27.

Antoshkina A.I., Saldin V.A., Nikulova N.Yu., Yur'eva Z.P., Ponomarenko E.S., Sandula A.N., Kaneva N.A., Shmeleva L.A., Shebolkin D.N., Shadrin A.N., Inkina N.S. *Rekonstruktsiya osadkonakopleniya v paleozoe Timano-Severoural'skogo regiona: napravleniya issledovaniy, rezul'taty, problemy i zadachi* [Reconstruction of sedimentation in the Paleozoic Timan-Northern Ural region: research directions, results, problems and tasks]. *Izvestiya Komi NTs UrO RAN*, 2015, no. 1 (21), pp. 55-72.

Antoshkina A.I., Shebolkin D.N. *Geneticheskaya interpretatsiya ooidnykh obrazovaniy (na primere venlokskikh otlozheniy yuzhnoy chasti gr. Chernysheva)* [Genetic interpretation of ooid formations (on the example of Wenlockian strata in the southern part of Chernyshev swell)]. *Geokhimiya litogeneza: materialy Rossiyskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiem*. Syktyvkar: IG Komi NTs UrO RAN, 2014, pp. 165-168.

Antoshkina A.I., Shebolkin D.N., Shmeleva L.A., Isaenko S.I. *Biokhemogennye izvestnyaki i dolomity v nanometrovoe masshtabe: znachenie dlya geologicheskoy letopisi* [Biochemogenic limestones and dolomites at the nanometer scale: implications for the geological record]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN*, 2019, no. 8, pp. 3-13.

Calner M. Silurian global events at the tipping point of climate change: Mass extinctions. Springer-Verlag. Berlin and Heidelberg, 2008, pp. 21-58.

Caputo M.V. Ordovician-Silurian glaciation and global sea-level changes. In: Landing E. & Johnson M.E. (eds.) *Silurian cycles - Linkages of dynamic stratigraphy with atmospheric, oceanic, and tectonic changes*. New York State Museum Bull, 1998, vol. 491, pp. 15-25.

Cramer B.D., Brett C.E., Melchin J.M., Männik P., Kleffner M.A., McLaughlin P.I., Loydell D.K., Munnecke A., Jeppsson L., Corradini C., Brunton F.R., Saltzman M.R. Revised correlation of Silurian Provincial Series of North America with global and regional chronostratigraphic units and $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ chemostratigraphy. *Lethaia* 44, 2011, pp. 185-202.

Cramer B.D., Loydell D. K., Samtleben C., Munnecke A., Kaljo D., Männik P., Martma T., Jeppsson L., Kleffner M.A., Barrick J.E., Johnson C.A., Emsbo P., Joachimski M.M., Bickert T., Saltzman M.R. Testing the limits of Paleozoic chronostratigraphic correlation via high-resolution (<500kyr) integrated conodont, graptolite, and carbon isotope ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$) bio-chemostratigraphy across the Llandovery-Wenlock (Silurian) boundary: Is a unified Phanerozoic time scale achievable? *GSA Bulletin* 122, 2010, pp. 1700-1716.

Cramer B.D., Saltzman M.R., Sequestration of ^{12}C in the deep ocean during the early Wenlock (Silurian) positive carbon isotope excursion. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2005, vol. 219, pp. 333-349.

Flügel E. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlin: Heidelberg-Springer-Verlag, 2010, 976 p.

Graf D.L. Crystallographic tables for the rhombohedral carbonates. *The American mineralogist*, 1961, vol. 46, pp. 1283-1316.

Heise R. Diagenesis of a SeaMount oolite from the West Pacific, LEG 20. Deep Sea Drilling Project. University of California. 1973, pp. 363-387.

Jeppsson L. A new latest Telychian, Sheinwoodian and Early Homerian (Early Silurian) standard conodont zonation. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth Sciences*, 1997, vol. 88, pp. 91-114.

Kaljo D, Martma T., Mannik P., Viira V. Implications of Gondwana glaciations in the Baltic Later Ordovician and Silurian and a carbon isotopic test of environmental cyclicity. *Bull. de la Societe geologique de France*, 2003, vol. 174, pp. 59-66.

Kuleshov V.N. *Evolyutsiya izotopnykh uglekislotno-vodnykh sistem v litogeneze. Soobshchenie 1. Sedimentogenez i diagenez* [Evolution of isotopic carbon dioxide-water systems in lithogenesis]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 2001, no. 5, pp. 491-508.

Lehnert O., Eriksson M.E., Calner M., Joachimski M., Buggisch W. Concurrent sedimentary and isotopic indications for global climatic cooling in the Late Silurian. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, vol. 46, pp. 249-255.

Mannik P., Antoshkina A.I., Beznosova T.M. The Llandovery-Wenlock boundary in the Russian Arctic. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol.*, 2000, vol. 49, pp. 104-111.

Mannik P., Martma T. The Llandovery-Wenlock boundary in Subpolar Urals. *Pan-Artic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna: Ichthyolith Issue, Special Publication, 6 - Syktyvkar: Institute of Geology, Komi Science Centre, Uralian Division of RAS*, 2000, pp. 64-67.

Martma T., Brazauskas A., Kaljo D., Kaminskas D., Musteikis P. The Wenlock-Ludlow carbon isotope trend in the Vidukle core, Lithuania, and its relations with oceanic events. *Geological Quarterly* 49, 2005, pp. 223-234.

Scotese C.R. *Paleogeographic Atlas. Paleomap Project*. Calgary, 2004.

Shebolkin D.N. *Dzhintuyskaya svita venloka na r. Iz'yayu (gryada Chernysheva)* [The Wenlockian Dzhintuy Formation on the Iz'yau river (Chernyshev Ridge)]. *Prirodnoe geologicheskoe nasledie evropeyskogo severa Rossii: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*. Syktyvkar, 2017, pp. 97-100.

Shebolkin D.N. *Litogeneticheskaya tipizatsiya i usloviya obrazovaniya venlokskikh otlozheniy Pripolyarnogo Urala i gryady Chernysheva* [Lithogenetic systematization and formation conditions of the Wenlockian sequences belonging to the Subpolar Urals and the Chernyshev Ridge]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2018, vol. 13, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/20_2018.pdf DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2018

Shebolkin D.N. *Raznoobrazie stromatolitovykh postroek kak otrazhenie spetsifiki venlokskogo osadkonakopleniya v Timano-Severoural'skom regione* [Variety of stromatolite structures as a reflection of the specifics wenlockian sedimentation in the Timan-Northern Ural region]. *Geologiya rifov: materialy Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya*. Syktyvkar, 2015, pp. 157-159.

Shebolkin D.N., Mannik P. *Venlokskie otlozheniya yuzhnoy chasti gryady Chernysheva (Timano-Severoural'skiy region)* [The Wenlockian sections in the southern part of the Chernyshev Ridge (Timan-Northern Ural region)]. *Litosfera*, 2014, no. 1, pp. 33-40.

Silaev V.I., Khazov A.F. *Izotopnoe disproportsiionirovanie karbonatnogo ugleroda v protsessakh giprgenno-ekzogennoy peregruppirovki veshchestva zemnoy kory* [Isotopic disproportionation of carbonate carbon in the processes of hypergenic-exogenous regrouping of substances of the earth's crust]. Syktyvkar: Geoprint, 2003, 41 p.

Veizer J. Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates / Ed. R.J. Reeder. Carbonates: mineralogy and chemistry. Rev. Miner. Geochem. Miner. Soc. America, Washington, 1983, vol. 11, pp. 265-299.

Wenzel B., Joachimski M.M. Carbon and oxygen isotopic composition of Silurian brachiopods (Gotland/Sweden): palaeoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology; Palaeoecology*, 1996, 122, pp. 143-166.

© Шеболкин Д.Н., 2023

