Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 551.3.051 (551.73)

DOI: 10.19110/geov.2021.10.1

Позднедевонско-раннекаменноугольные изолированные карбонатные платформы на севере Урала и Пай-Хоя

Д. А. Груздев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
dag79@yandex.ru

В статье рассматриваются изолированные карбонатные платформы, разрезы которых известны на Приполярном Урале (бассейн р. Большая Надота, скважины Юнъяхинской и Левогрубеюской площадей) и Северо-Западном Пай-Хое (бассейн р. Лымбадьяха, побережье Баренцева моря). Выделены три этапа их развития – франский, фаменско-турнейский и визейско-серпуховский. Для каждой платформы построены модели седиментации, проведен анализ мощностей сводных разрезов, построены кривые погружения; выявлены сходство и различия в истории их формирования и структуре. Тектоническое заложение во фране – раннем фамене внутришельфовых впадин (Кожимская – на Приполярном Урале, Коротаихинская – на Пай-Хое) обусловило возникновение изолированных карбонатных платформ. Дальнейшее развитие последних контролировалось преимущественно эвстатическими колебаниями уровня моря. Платформы отличаются по времени существования (Полярноуральская – поздний фран – серпухов, Пай-Хойская – ранний фамен – турне), рельефу, фациальной неоднородности и размерам. Изолирующие внутришельфовые впадины также имели разные размеры (Кожимская была крупнее, чем Коротаихинская). Кроме того, Полярноуральская изолированная карбонатная платформа относится к тепловодному типу, а Пай-Хойская – к прохладноводному.

Ключевые слова: Пай-Хой, Приполярный Урал, верхний девон, нижний карбон, изолированная карбонатная платформа, модели седиментации.

Late Devonian-Early Carboniferous isolated carbonate platforms of the North of the Urals and Pay-Khoy

D. A. Gruzdev

Institute of Geology of FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The article considers isolated carbonate platforms known in the Sub-Polar Urals (basin of the Bolshaya Nadota River; boreholes of the Yunyakha and Levaya Grubeyu areas) and the NW Pay-Khoy (basin of the Lymbad'yakha River and coast of the Barents Sea). The three stages of formation of the platforms (Frasnian, Famennian-Tournaisian, and Visean-Serpukhovian) are distinguished, and the sedimentological models of these platforms are developed. Subsidence curves based on the back-stripping demonstrate some differences in the evolution of the studied isolated carbonate platforms. Similarities and differences in the history and structure of the platforms are observed. Formation of the intra-shelf depressions (the Kozhim Depression in the Sub-Polar Urals, and the Korotaikha Depression in the Pay-Khoy) in the Frasnian – Early Famennian caused appearance of isolated carbonate platforms. The depressions probably were formed by the regional tectonics. The following development of the carbonate platforms was controlled by eustatic fluctuations. The isolated platforms differ by stratigraphic spans (Late Frasnian – Serpukhovian for the Polar Urals Platform and Famennian-Tournaisian for the Pay-Khoy Platform), relief, facies, and size. The isolated depressions differ in size as well: the Kozhim Depression is larger than the Korotaikha Depression. Additionally, it is supposed that the Polar Urals platform was of warm-water type, but the Pay-Khoy platform was of cool-water type.

Keywords: Pay-Khoy, Sub-Polar Urals, Upper Devonian, Lower Carboniferous, isolated carbonate platform, models of sedimentation.

Введение

В настоящее время при описании мощных толщ карбонатов мелководно-морского генезиса используется устоявшийся термин «карбонатная платформа». Он имеет достаточно широкое толкование и применяется как для обозначения карбонатных толщ, сформировавшихся в различных геотектонических условиях

[33], так и для любых поверхностей, контролирующих распределение фаций мелководно-морских карбонатов: от гомоклинальных рампов (homoclinal ramps) до окаймленных шельфов (rimmed shelves) [27]. Изучение процессов и факторов, влияющих на морское карбонатонакопление, активно началось в 70-х годах прошлого века. Первым, кто предложил различать рампы и шельфы, был В. М. Ар [21]. Позднее Р. Н. Гинзбург

Для цитирования: Груздев Д. А. Позднедевонско-раннекаменноугольные изолированные карбонатные платформы на севере Урала и Пай-Хоя // Вестник геонаук. 2021. 10(322). С. 3–15. DOI: 10.19110/geov.2021.10.1.

For citation: Gruzdev D. A. Late Devonian-Early Carboniferous isolated carbonate platforms of the North of the Urals and Pay-Khoy. Vestnik of Geosciences, 2021, 10(322), pp. 3–15, doi: 10.19110/geov.2021.10.1.

и Н. П. Джеймс выделили окаймленные и открытые шельфы [25]. Дж. Л. Уилсон в 1975 году дал первую развернутую модель карбонатной платформы, под которой он понимал гигантское карбонатное тело, имеющее более-менее горизонтальную кровлю и (обычно) крутые склоны, а на периферии сложенные осадками зоны высокой волновой энергии [35]. Среди работ 80-х годов по исследованию карбонатных платформ стоит отметить публикации Д. Ф. Рида [28, 29]. В них впервые разработана схема классификации типов платформ в соответствии с профилем осадконакопления и фациальной зональностью, а также эволюцией этих платформ на пассивных и активных континентальных окраинах.

Позднее М. Е. Таккер и В. П. Райт [33] модифицировали терминологию, выделив отличающиеся по морфологии пять основных разновидностей карбонатных платформ: эпиконтинентальную платформу, рампы, окаймленный шельф, изолированную и затопленную платформы.

Под изолированной карбонатной платформой (ИКП) понимается область шельфа, окаймленная более глубоководными участками и представляющая собой замкнутую седиментационную систему. Для этой системы характерна изоляция в первую очередь от терригенного материала, а осадконакопление целиком обеспечивается местной продукцией карбонатов. Склоны, как правило, имеют наклон более 15° и окаймлены биогермно-отмельными комплексами осадков [34]. Внутренняя зона обычно представлена карбонатными илами внутренних лагун [10].

Крупные региональные карбонатные образования, представленные биогермно-отмельными комплексами отложений края шельфа, известны на Приполярном Урале (бассейн р. Большая Надота, скважины Юнъяхинской и Левогубеинской площади) и на юго-западном склоне Пай-Хоя (бассейн р. Лымбадъяха и побережье Баренцева моря). Их строению и фациальным особенностям посвящен ряд исследований. В 1971 году А. И. Елисеевым был установлен и описан поздневизейский риф на Приполярном Урале (бассейн р. Большая Надота) [9], позднее М. А. Шишкиным [20] выдвинуто предположение о существовании в фаменское время оолитовой мегабанки. Группой польских исследователей в 2001 году [31] уточнена датировка рифового массива (Большенадотский риф — по А. И. Елисееву) и предложена модель его формирования в девонско-каменноугольное время. Позднее в работе А. В. Журавлева [11] дана седиментационная модель для более узкого возрастного интервала (фаментурне), и высказано предположение о существовании ИКП на Приполярном Урале, современным аналогом которой является Багамская банка. В нашей работе [3] эта идея получила дальнейшее развитие: в истории формирования изолированной карбонатной платформы в позднедевонско-раннекаменноугольное время на Приполярном Урале выделены три этапа осадконакопления, для которых построены модели седиментации, отражающие закономерности развития органических построек и их окружения. Нами было высказано предположение о тектоническом заложении внутришельфовой впадины как регионального фактора, инициировавшего возникновение ИКП на краю шельфа в позднем девоне. В дальнейшем эвстатикой кон-

тролировалась литофациальная зональность самой Полярноуральской ИКП [3]. Фации данной платформы также установлены на территории Приполярного и Полярного Урала в керне скв. Левогубеинская-1 [14] и Юнъяхинская-1 [4].

На северо-западном склоне Пай-Хоя среднепалеозойские мелководные карбонатные отложения были описаны В. С. Енокиным и отнесены им к «карбонатной мелководно-шельфовой структурно-формационной зоне»*. Позднее Н. М. Еременко [10] уточнила строение раннекаменноугольных биогермно-отмельных комплексов Пай-Хоя и Урала и выделила среди них два типа отмелей — «полярноуральский» и «пай-хойский». Отмели полярноуральского типа представляли собой биогермы, окруженные детритовыми и оолитовыми валами, в то время как отмели пай-хойского типа существовали в виде детритовых валов, разделенных мелководными впадинами с низкой гидродинамикой [8].

В 2020 году карбонатный комплекс позднедевонско-раннекаменноугольного возраста, развитый на северо-западе Пай-Хоя (Пай-Хойский карбонатный правтохтон), нами с соавторами рассматривался в качестве Пай-Хойской ИКП во франско-турнейское время. Формирование этой изолированной платформы было обусловлено неравномерным тектоническим погружением края Печорской плиты [6].

Таким образом, для Приполярного Урала и северо-запада Пай-Хоя предполагается существование ИКП на краю шельфа в позднедевонско-раннекаменноугольное время. Тем не менее остается открытым вопрос о соотношении региональных (тектонических) и глобальных (эвстатических) факторов в возникновении и функционировании этих структур. Цель данной работы состоит в решении этого вопроса.

Объект и предмет исследования

Материалом для данной работы послужили результаты изучения нами совместно с Д. Б. Соболевым, А. В. Журавлевым, Я. А. Вевель, Р. С. Кармановым, С. Ю. Камзалаковой, В. А. Коноваловой и А. Н. Плотицыным разрезов верхнего девона – нижнего карбона в бассейне р. Большая Надота (Приполярный Урал), керна скважины Юнъяхинская-1 и Левогубеинская-1, а также разрезов на р. Лымбадъяха и побережье Баренцева моря (СЗ Пай-Хой). Кроме того, дополнительно были привлечены материалы К. А. Коковина по разрезам бассейна р. Большая Надота (Приполярный Урал). Основное внимание было уделено двум детально изученным участкам — Большенадотинскому и Лымбадъяхинскому, расположенным в восточной части Бельско-Елецкой структурно-формационной зоны (СФЗ) (рис. 1).

Соотношение изученных стратиграфических подразделений показано на рис. 2.

В Большенадотинском районе развиты следующие подразделения (характеристика составлена по [2, 9]) (рис. 2): надотамыльская свита, матяшорская толща, большенадотинская толща, нерасчлененная известняково-доломитовая и известняково-брекчиевая

* Енокин В. С. Палеозойские отложения и история геологического развития Западного Пай-Хоя и острова Вайгач: Автореф. канд. дис. М., 1971. 26 с.

Рис. 1. Расположение рассматриваемых районов на схеме структурно-формационного районирования севера Урала и Пай-Хоя (по [1], с дополнениями). Условные обозначения: 1 — отложения чехла Печорской плиты; 2 — Бельско-Елецкая СФЗ; 3 — впадины Предуральского передового прогиба; 4 — Зилаиро-Лемвинская СФЗ; 5 — Центрально-Уральская мегазона; 6 — рифейско-вендские отложения; 7 — скважины, 8 — разрезы, 9 — границы палеовпадин: I — Кожимской, II — Коротаихинской. Цифрами обозначены рассматриваемые районы: 1 — Большенадотинский (бассейн р. Большая Надота), 2 — Лымбадъяхинский (мыс Пырков, бассейн р. Лымбадъяха, побережье Баренцева моря)

Fig. 1. The location of the areas under consideration on the scheme of structural-formational zoning of the north of the Urals and Pay-Khoy (according to [1], with additions). Legend: 1 — sediments of the cover of the Pechora plate; 2 — Belsko-Eletskaia SFZ; 3 — depressions of the Ural foredeep; 4 — Zilairo-Lemvinskaya SFZ; 5 — Central Ural megazone; 6 — Riphean-Vendian deposits; 7 — wells, 8 — sections, 9 — boundaries of paleo-depressions: I — Kozhimskaia, II — Korotai-hinskaya. The numbers indicate the areas under consideration: 1 — Bolshenadotinsky (basin of the Bolshaya Nadota river), 2 — Lymbad'yakhinsky (Cape Pyrkov, basin of the Lymbad'yaha river, the coast of the Barents Sea)

толщи, рифовый массив Олыся. Надотамылькская свита (разрезы бассейна р. Большая Надота, скв. Левогрубеинская-1) сложена преимущественно терригенными отложениями — песчаниками, алевролитами и аргиллитами, в верхней части с пачкой глинистых известняков. Матяшорская толща (разрезы бассейна р. Большая Надота, скв. Юнъяхинская-1) представлена в основном биокластовыми и биоморфными известняковыми разностями. Большенадотинская толща (разрезы бассейна р. Большая Надота, скв. Юнъяхинская-1) образована преимущественно оолитовыми известняками, а известняково-доломитовая и известняково-брекчиевая толщи (разрезы бассейна р. Большая Надота, скв. Юнъяхинская-1) — литобиокластовыми известняками, в различной степени доломитизированными. Рифовый массив Олыся слагают известняки рифогенного облика — в основном биоморфные в ассоциации с литобиокластовыми и оолитовыми разностями.

В строении Лымбадъяхинского района в рассматриваемом стратиграфическом интервале участвуют три подразделения (характеристика дана по [6]) (рис. 2): пырковская толща, лымбадъяхинская и болванская свиты. Пырковская толща (мыс Пырков, руч. Пырков) представлена в нижней части терригенными отложениями — косослоистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами, которые выше по разрезу сменяются чередованием аргиллитов и биокластовых известняков. Верхняя часть разреза сложена органогенными и биокластовыми известняками, а венчает разрез пачка пелитоморфных известняков с кремневыми конкрециями (рис. 3). Лымбадъяхинская свита (побережье Печорского моря в районе мыса Пырков, бассейн р. Лымбадъяха) представлена известняками — в нижней части органогенными (строматопорово-водорослевыми), в верхней — биокластовыми. Болванская свита (побережье Печорского моря от устья р. Лымбадъяха до мыса Чайка) образована биокластовыми известняками, в нижней и средней частях разреза выделяются горизонты рассеянно-линзовидных скоплений колониальных и одиночных кораллов и крупных раковин брахиопод в близком к прижизненному положению. В верхней (серпуховской) части разреза присутствуют глинисто-карбонатные прослои.

В основу интерпретации материалов положены разработанные ранее для Большенадотинского района фациальные модели [3]. Для реконструкции истории формирования внутришельфовых впадин и изолированных карбонатных платформ был также использован метод анализа мощностей и реконструкции погружения субстрата [6]. Реконструкция погружения осуществлена с помощью программного обеспечения BackStrip [24]. Величина погружения вычисляется как сумма мощности накопившихся за определенное время осадков (с учетом их уплотнения), эвстатического изменения уровня моря и изменения глубины бассейна. При расчетах принимается, что максимальное уплотнение осадка для карбонатных пород составляет 2 раза, а для терригенных и глинистых — 1.7 раза [22]. Данные по эвстатическим изменениям взяты из публикации Хака и Шаттера [26].

Исходными данными для каждого района служили сводные разрезы и их фациальная интерпретация (рис. 3).

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА (Стратиграфический кодекс 1993 года)				РЕГИОНАЛЬНАЯ (СУБРЕГИОНАЛЬНАЯ) СХЕМА ЗАПАДНЫЙ СКЛОН УРАЛ (УРСС, 1993; Постановления МСК, вып. 38, 2008)		КОРРЕЛЯЦИЯ МЕСТНЫХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ CORRELATION OF LOCAL STRATIGRAPHIC UNITS			
ЭРАТЕМА	СИСТЕМА	ОТДЕЛ И ПОДОТДЕЛ	ЯРУС	ГОРИЗОНТЫ	Елецкая структурно-формационная зона Eletskaia structural formation zone			Северо-западный Пай-Хой NW Pay-Khoi	
					Западный склон Приполярного Урала Western slope of Subpolar Urals				Лымбадьяхинский район Lymbadyakhinsky area
					Болшенадотинский район Bolshenadotinsky area				
					Западная подзона	Центральная подзона	Восточная подзона		
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ / PALEOZOIC	КАМЕННОУГОЛЬНАЯ / CARBONIFEROUS	НИЖНИЙ	Серпуховский C _{1s}	Юлдыбаевский	Известняково-брекчиевая толща C _{1ib} ~100м		Риф Олыся C _{1ol} 100–150 м	Болванская свита C _{1bl} 500–550 м	
				Протвинский					
				Косогорский					
			Визейский C _{1v}	Веневский	Известняково-доломитовая толща C _{1id} 30–150 м				
				Михайловский					
				Алексинский					
				Тулльский					
				Бобриковский					
			Турнейский C _{1t}	Радаевский					
				Косьвинский					
				Кизеловский					
				Черепетский					
				Упинский					
				Малевский					
				Гумеровский					
				Лытвинский			Лымбадьяхинская свита D ₃ –C _{1lb} 130–170 м		
	ДЕВОНСКАЯ / DEVONIAN	ВЕРХНИЙ	Фаменский D _{3fm}	Кушелгинский	Болшенадотинская толща D ₃ –C _{1bnd} 350 м				
				Мурзакаевский					
				Макаровский					
				Барминский					
				Аскынский					
			Франский D _{3f}	Мендымский	Матяшорская толща D _{2-3mt} более 60 м	~ 350 м ~ 80 м	Пырковская толща D _{3pr} 60–80 м		
				Доманиковский					
				Саргаевский					
				Кыновский					
	СРЕДНИЙ	Живетский D _{2zv}	Пашийский						
			Чеславский						
			Чусовской				Надотамыльская свита D _{1-2nd} 1300 м		
			Афонинский						
	Эйфельский D _{2ef}								

Рис. 2. Стратиграфическая схема рассматриваемых районов (по [3, 6, 12, 13, 19] с дополнениями и изменениями). Заливкой отмечен преобладающий состав отложений: коричневый цвет — терригенные отложения, голубой цвет — карбонатные отложения

Fig. 2. Stratigraphic chart of the areas under consideration (according to [3, 6, 12, 13, 19] with additions and changes). The color marks the predominant composition of the sediments: brown — terrigenous sediments, blue — carbonate sediments

Рис. 3. Сводные разрезы Лымбад'яхинского (слева) и Большенадотинского (справа) районов с кривыми изменения относительного уровня моря. Условные обозначения: 1 — песчаник, 2 — аргиллит и алевролит, 3 — известняк органо-генный, 4 — известняк глинистый, 5 — известняк биокластовый, 6 — известняк оолитовый, 7 — известняковые брекчии, 8 — известняк доломитизированный с кремневыми конкреционными плитами. В колонках индексами обозначены следующие стратиграфические подразделения: $D_{1-2} nd$ — надотамыльская свита, $D_{2-3} mt$ — матышорская толща, $D_3-C_1 bnd$ — большенадотинская толща, $C_1 id-ib$ — нерасчлененная известняково-доломитовая и известняково-брекчиевая толща, $C_1 ol$ — риф Олыся (Большенадотский риф по А. И. Елисееву [9]), $D_{2-3} pr$ — пырковская толща, $D_3-C_1 lb$ — лымбад'яхинская свита, $C_{1-2} bl$ — болванская свита

Fig. 3. Synoptic sections of the Lymbad'yakha (left) and the Bol'shaya Nadota (right) regions, with curves of relative sea level changes. Legend: 1 — sandstone, 2 — mudstone and siltstone, 3 — organogenic limestone, 4 — clayey limestone, 5 — bioclastic limestone, 6 — oolitic limestone, 7 — limestone breccias, 8 — dolomitized limestone with chert nodule slabs. The following stratigraphic subdivisions are indicated on the columns: $D_{1-2} nd$ — Nadotamylyk Formation, $D_{2-3} mt$ — Matyashor Formation, $D_3-C_1 bnd$ — Bolshaya Nadota Formation, $C_1 id-ib$ — undivided limestone-dolomite and limestone-breccia formation, $C_1 ol$ — Olysyia reef (Bol'shenadotskiy reef after A. I. Eliseev [9]), $D_{2-3} pr$ — Pyrkovskaya Formation, $D_3-C_1 lb$ — Lymbadyakha Formation, $C_{1-2} bl$ — Bolvansky Formation

Детальность реконструкций погружения обусловлена степенью расчленения используемых разрезов. В настоящей работе анализ был проведен по следующим временным интервалам (рис. 4): франкийский век, фаменский век, раннетурнейское время, позднетурнейское время, ранневизейское время и поздневизейско-серпуховское время.

Изменение относительного уровня моря (рис. 3) для рассматриваемых районов рассчитывалось из ус-

ловия, что определенные типы осадков на карбонатной платформе формируются в определенном диапазоне глубин. В работе принимается соотношение типов отложений и батиметрии, установленное в пределах Багамских банок [15, 30]. Мелководные карбонатные осадки в пределах изолированной карбонатной платформы распределены в следующей последовательности (по мере увеличения глубины): оолитовые пески — биокластовые пески — карбонатный ил. Органогенные

постройки характеризуются широким диапазоном глубин [15, 30].

Оолиты формируются в условиях крайнего мелководья, в подвижных водах с режимом высокой энергии и чаще всего ограничены глубиной до 8–10 метров [30]. Как правило, они образуют отмели и бары, приуроченные к краевым частям платформы. Значительная часть биокластического материала аккумулируется в диапазоне глубин от 10 до 30 метров [15, 30] в условиях умеренной динамики вод. Биокласты обычно слагают мелкие аккумулятивные формы, расположенные на периферии платформы и рядом с органогенными постройками [15]. Микриты (карбонатный ил) отлагаются на глубинах ниже базы волнового воздействия. В пределах изолированных карбонатных платформ они приурочены, как правило, к центральным частям (глубины более 30 м), защищенным от воздействия волн расположенными на краях органогенными постройками и аккумулятивными формами [30].

Органогенные постройки формируются на глубинах от 10 до 60 м и тяготеют к краевым частям изолированных карбонатных платформ [30]. При этом мелкие калиптры могут встречаться и в центральных частях.

Результаты исследований

Для сводных разрезов Большенадотинского района Полярного Урала, Пай-Хойского карбонатного паравтохтона, а также востока Косью-Роговской впадины (разрез на р. Кожим), поднятия Чернышева (разрез на р. Шарью), Вашуткино-Талотинской зоны надвигов (разрез на р. Талота и скважина 1-Рифовая) и юго-запада Коротаихинской впадины (скважина 1-Хавдейская) (рис. 1) построены кривые погружения для позднедевонско-раннекаменноугольного интервала (рис. 4).

Анализ кривых показывает, что на Приполярном Урале и в Приуралье начиная с франского века происходило дифференцированное прогибание, которое, вероятно, привело к формированию относительно глубоководной Кожимской впадины. Это подтверждается наличием глубоководных отложений этого возраста (карбонатные турбидиты с кремнисто-глинистыми фоновыми осадками) в разрезе на р. Кожим, западнее Большенадотинского района [18]. К началу фамена впадина окончательно отделила Большенадотинскую карбонатную платформу от основной Печорской платформы. Разница в амплитудах прогибания особенно заметна для разрезов гряды Чернышева, где достигла порядка 800 м в фаменское время. Дифференцированное развитие края шельфа продолжалось до конца серпуховского века. Также на графиках видно, что, скорее всего, впадина имела асимметричное строение: в начале фамена интенсивнее прогибался внутренний борт (разрезы гряды Чернышева), затем, в турнейское время, зона активного прогибания смещалась восточнее (разрезы бассейна р. Кожим), в сторону края изолированной платформы. Для Пай-Хойского карбонатного паравтохтона можно отметить, что в фаменско-турнейское время его погружение отставало на 150–400 м от западных и юго-западных бортов Коротаихинской впадины (разрезы Вашуткино-Талотинской зоны надвигов, р. Талота) (рис. 4, график 2) и юга Коротаихинской впадины (скважина Хавдейская-1) (рис. 4, график 3).

Вероятно, это отставание в прогибании маркирует время образования поднятия края шельфа и возникновение ИКП на северо-западе Пай-Хоя.

Формы кривых погружения для Приполярного Урала (район р. Большая Надота) и северо-запада Пай-Хоя (Пай-Хойский карбонатный паравтохтон) начинают существенно различаться с позднего визе. Для Пай-Хоя интенсивность погружения увеличивается и почти сравнивается по скорости погружения с западным бортом Коротаихинской впадины. Вероятно, уже с позднего визе ИКП на северо-западе Пай-Хоя (Пай-Хойский карбонатный паравтохтон) перестала существовать, а бассейн развивался в рамках единой Печорской платформы. На кривой погружения для Приполярного Урала (район р. Большая Надота) видно, что относительно слабое прогибание края шельфа продолжалось, однако оно значительно отставало от скоростей погружения субстрата в районе современного бассейна р. Кожим (рис. 4, график 6). Вероятно, Большенадотинская ИКП существовала вплоть до позднего серпухова. В пользу этого предположения свидетельствуют глубоководные разрезы серпуховского яруса, известные западнее бассейна р. Большая Надота: на р. Миссисипка (восток Косью-Роговской впадины) [16] и на р. Изъяю (юг гряды Чернышева) [14]. Таким образом, интенсивность погружения существенно варьировала для разных участков бассейна, а также на разных этапах геологического прошлого.

В истории формирования ИКП на Приполярном Урале (Большенадотинский район) нами установлены и рассмотрены три крупных этапа ее развития — франский, фаменско-турнейский и визейско-серпуховский [3]. Аналогично предлагается выделение трех этапов осадконакопления и в истории существования ИКП на СЗ Пай-Хоя (Лымбадьяхинский район).

Общей причиной возникновения этих ИКП является тектоническое заложение внутришельфовых впадин, в первом случае Кожимской, во втором — Коротаихинской депрессии. Как уже отмечалось [6], весьма вероятно существование целого ряда подобных карбонатных платформ, протягивающихся вдоль внешнего края шельфа и отделенных внутришельфовыми впадинами. Однако вопрос о существовании этих изолированных платформ как единого гигантского карбонатного тела (или аналога «барьерного рифа») остается дискуссионным, в первую очередь из-за неоднозначной трактовки сложного геологического строения в зоне сочленения уральских и пай-хойских структур, ввиду отсутствия материалов глубокого бурения.

Рассмотрим по отдельности каждый из этапов развития изолированных карбонатных платформ.

Франский этап

На Приполярном Урале начиная с раннего франа происходило формирование Кожимской внутришельфовой впадины и образование краевого поднятия шельфа — изолированной карбонатной платформы [2, 3]. Впадина играла роль отстойника, в котором улавливался терригенный и глинистый материал, поступающий с материка. На расположенном мористее краевом поднятии, в условиях изоляции от привноса терригенного материала активно формировались биогермно-отмельные комплексы — строматопорово- и микроби-

Рис. 4. Кривые погружения для разрезов Пай-Хойского карбонатного паравтохтона (график 1), Вашуткино-Талотинской зоны надвигов (р. Талота) (график 2), юга Коротаихинской впадины (скважина Хавдейская-1) (график 3), района р. Большая Надота (график 4), гряды Чернышева (р. Шарью) (график 5), западного склона Приполярного Урала (р. Кожим) (график 6). Местоположение разрезов см. на рис. 1

Fig. 4. Subsidence curves for the sections of the Pay-Khoy carbonate parautochthon (curve 1), the Vashutkino-Talota thrust zone (Talota River) (curve 2), the south of the Korotaikha Depression (borehole Khavdeiskaya 1) (curve 3), the area of Bolshaya Nadota (curve 4), the Tchernyshev Ridge (the Sharyu River) (curve 5), the western slope of the Subpolar Urals (the Kozhim River) (curve 6). See Fig. 1 for the location of the sections

ально-водорослевые постройки с шлейфами биокластического материала (матяшорская толща) (рис. 5). На сводном разрезе (рис. 3) для Большенадотинского района показан фациальный переход от органогенных построек к биокластовым карбонатам внутри матяшорской толщи.

На СЗ Пай-Хое всю первую половину франского века преобладало прибрежное глинисто-терригенное осадконакопление (нижняя часть пырковской толщи), темпы которого постепенно падали (рис. 5). Чередование алевролитов и косослойчатых песчаников сменилось

сначала аргиллитами с прослоями биокластовых известняков, а затем биокластовыми известняками. В конце франа в результате заложения Коротаихинской депрессии (аналогично Кожимской) привнос терригенного материала прекращается и происходит накопление мелководных нормально-морских отложений в виде раковинного материала, окружавшего отдельные строматопорово-водорослевые постройки (средняя часть пырковской толщи) (рис. 3, 5). Завершается этап накоплением микритовых известняков с остатками ветвистых колоний амфипор, фиксирующих суще-

ственное снижение динамики придонных вод (самая верхняя часть пырковской толщи).

По видимому, в конце франа–начале фамена на северо-западе Пай-Хоя произошло заложение внутришельфовой впадины, аналога Кожимской, служившей ловушкой для терригенного и глинистого стока [6].

Этот этап характеризуется двумя трансгрессивно-регрессивными циклами, отразившимися в строении Полярноуральской и Пай-Хойской платформ. Максимумы трансгрессий этих циклов можно сопоставить с двумя крупными эвстатическими трансгрессиями, реконструированными В. И. Хаком и С. Ю. Шаттером [26]. Первый максимум отвечает высокоамплитудной трансгрессии в начале франского века, а вторая трансгрессия приходится на конец франского века.

Существенной разницы в скоростях погружения (рис. 4) края шельфа на Приполярном Урале (разрезы Б. Надоты и Кожима) и на Пай-Хое на этом этапе не наблюдается, что может свидетельствовать о сходных геодинамических условиях для этих районов. Однако на Приполярном Урале и Пай-Хое к концу франского этапа дифференциация скоростей погружения субстрата для края шельфа и внутришельфовых областей становится очевидной, что, скорее всего, обусловило заложение на месте последних внутришельфовых депрессий.

Фаменско-турнейский этап

На Приполярном Урале в пределах ИКП происходило накопление оолитового и литокластового материала большенадотинской толщи (рис. 5) в условиях морского мелководья. В примыкавшей внутришельфовой Кожимской впадине шло глубоководное глинистое и карбонатно-кремнистое осадконакопление. Формирование оолитовых отмелей на платформе сопровождалось интенсивной переработкой рельефа территории. Периоды накопления сменялись эпизодами размыва ранее накопленных и уже литифицированных осадков с оолитами, которые затем были переотложены среди нового оолитового осадка (гравелиты большенадотинской толщи, рис. 3, 5). На этом этапе платформа, судя по относительно монотонному характеру строения большенадотинской толщи (рис. 3), приобретала очертания мегабанки [20] с выровненной вершиной.

На Пай-Хое после перерыва на рубеже франа и фамена [9, 13] стали формироваться строматопорово-водорослевые постройки. Они имели небольшие размеры (первые метры по мощности). Между ними отлагался раковинный материал (нижняя часть лымбадьяхинской свиты, рис. 3, 5). Позднее, в турнейское время, в условиях повышения волновой динамики органогенные постройки исчезают, а биокластовый материал формирует мелкие аккумулятивные формы (линзовидно-слоистые тонкослоистые известняки верхней части лымбадьяхинской свиты (рис. 3).

Этому этапу соответствуют три трансгрессивно-регрессивных цикла. Наиболее полно они отразились в строении Пай-Хойской платформы, где для фаменского века выделяются два, а для турнейского — один трансгрессивный максимум (рис. 3). В строении Полярноуральской ИКП трансгрессивно-регрессивная цикличность проявлена в двух циклах. Вероятно, отсутствие в строении платформы еще одного цикла —

это результат влияния позднеурнейской регрессии и связанного с ней размыва верхнефаменских-нижнеурнейских отложений. Установленные региональные циклы возможно сопоставить (с разрешающей способностью на уровне яруса) с кривой Хака и Шаттера [26]. Хорошо согласуются регрессивные максимумы, приходящиеся на позднефаменско-раннетурнейский интервал и ранневизейское время.

Скорости погружения субстрата в пределах изолированных карбонатных платформ — Полярноуральской и Пай-Хойской — на этом этапе сопоставимы между собой. Скорости погружения субстрата в районах внутришельфовых впадин значительно превышали скорости погружения сопредельных им изолированных платформ, что обеспечивало последним устойчивое развитие в течение всего этапа.

Визейско-серпуховский этап

После обширной ранневизейской регрессии и связанного с ней глубокого размыва 5, 6, 11] (рис. 2, 3) на территории тогдашних изолированных карбонатных платформ Приполярного Урала и СЗ Пай-Хоя возобновляется режим мелководно-морского карбонатнакопления.

На Приполярном Урале (Большенадотинский район) в начале этапа шло образование аккумулятивных форм, сложенных биокластовым материалом (известняково-доломитовая толща) (рис. 3), уже в диагенезе подвергшихся доломитизации. Позднее, в конце визе — начале серпухова, формируется Большенадотинское органогенное сооружение (риф Олыся) (рис. 3, 5). В серпуховское время появляются брекчии размыва как продукт разрушения органогенного сооружения в волноприбойной зоне с последующим выносом грубообломочного материала на краевые части ИКП. Состав брекчий разнообразен: они представлены микробильно-водорослевыми, биокластовыми и оолитовыми известняками (известняково-брекчиевая толща) (рис. 3, 5). Судя по разрезам, приуроченным к «зарифовой» части Большенадотинского органогенного сооружения [3], во внутренних областях платформы отлагались синхронные рифу оолитовые осадки.

Позднее непосредственно на отложениях рифового массива формируются толщи оолитов в условиях крайнего мелководья, что, вероятно, фиксирует некоторое обмеление бассейна (рис. 3).

На Пай-Хое после ранневизейской регрессии и связанного с ней размыва произошло частичное заполнение внутришельфовой Кортаихинской депрессии продуктами разрушения карбонатного шельфа и ИКП [6]. Ранневизейские отложения в пределах ИКП были полностью размывы. На протяжении позднего визе и серпухова происходит наращивание толщ раковинного материала в аккумулятивных формах, в виде баров и валов (биокластовые и литокластические известняки) (рис. 5), распределившихся равномерно по ставшей единой Печорской карбонатной платформе (болванская свита) (рис. 3). Здесь же локально формировались коралловые биостромы с банками брахиопод (рис. 3, 5). В конце этапа в результате регрессии усиливается снос терригенного материала с Тиманской суши, проявившийся в накоплении маломощных прослоев известковистых глин среди биокластовых известняков (верхнесерпуховская часть болванской свиты, рис. 3).

Рис. 5. Модели формирования и развития позднедевонско-раннекаменноугольных изолированных карбонатных платформ (по [3], с дополнениями). Слева — Приполярный Урал (бассейн р. Большая Надота, скважины Юньяхинской и Левогрубеюской площадей), справа — юго-западный склон Пай-Хоя (бассейн р. Лымбадьяха и побережье Баренцева моря). Условные обозначения: 1 — терригенные породы: песчаники, алевриты и аргиллиты, 2 — мелкие органогенные постройки, 3 — биокластовые известняки, 4 — продукты разрушения органогенных построек (био- и литокластовые известняки), 5 — оолиты, 6 — известняковые обломочные разности (гравелиты, конгломераты), 7 — крупная органогенная постройка

Fig. 5. Models of the formation and development of the Late Devonian-Early Carboniferous isolated carbonate platforms (according to [3], with additions). On the left — the Subpolar Urals (basin of the Bolshaya Nadota River, boreholes of the Yunyakhinskaya and the Levogrubeyskaya areas), on the right — the north west of the Pai-Khoy (the Lymbad'yakha River basin and the coast of the Barents Sea). Legend: 1 — terrigenous rocks: sandstones, siltstones and mudstones, 2 — small organogenic structures, 3 — bioclastic limestones, 4 — products of destruction of organogenic structures (bio and lithoclastic limestones), 5 — oolites, 6 — clastic limestones (gravelstones, conglomerates), 7 — large organogenic structure

Для этого этапа очевидно несовпадение трансгрессивно-регрессивных циклов на Полярноуральской и Пай-Хойской платформах. Так, для Полярноуральской платформы характерно два цикла (рис. 3) с максимумом трансгрессии в позднем визейском и серпуховском веках. В строении Пай-Хойской (уже в позднем визе – серпухове переставшей быть изолированной) карбонатной платформы выделяются три цикла с наиболее выраженным трансгрессивным максимумом в серпухове (рис. 3).

Заметное отставание на этом этапе в погружении субстрата Полярноуральской ИКП от примыкавшей Кожимской внутришельфовой впадины, скорее всего, обеспечивало существование самой платформы вплоть до конца серпухова. В Пай-Хойском районе погружение края шельфа и Коротаихинской депрессии практически сравнялось по скорости. В результате Коротаихинская впадина была полностью заполнена осадками, что привело к прекращению существования Пай-Хойской ИКП.

Реконструированные в настоящей работе колебания уровня моря для Полярноуральской и Пай-Хойской ИКП похожи и сопоставимы с эвстатическими колебаниями [3]. Однако отмечаются различия в поздневизейско-серпуховском интервале (рис. 3), которые, вероятно, обусловлены локальными тектоническими движениями. Кроме того, в фаменско-турнейском интервале разреза Полярноуральской платформы отсутствуют отложения позднефаменского и нижней части турнейского цикла, что обусловлено предпозднетурнейским размывом (рис. 3).

Темпы погружения существенно варьировали на разных участках бассейна, а также на разных этапах геологического прошлого. Тем не менее можно выделить некоторые закономерности. Во-первых, вполне обоснованно можно говорить, что внутришельфовые впадины начали формироваться в франском веке за счет более интенсивного по сравнению с краем шельфа погружения. Это привело к формированию ИКП. Во-вторых, погружение Приполярноуральской и Пай-Хойской платформ стало различаться в позднем визе – серпухове: на Пай-Хое оно происходило менее интенсивно, что привело к более раннему заполнению Коротаихинской впадины по сравнению с Кожимской.

По присутствию в разрезах Полярноуральской ИКП мощных толщ оолитов и участию в органогенных постройках организмов хлорозановой ассоциации (колониальные кораллы и известковые зеленые водоросли) эта платформа может быть отнесена к «тепловодному» типу [10]. Практическое отсутствие в разрезах Пай-Хойской ИКП оолитов, ограниченное присутствие коралловых биостромов, относительно обедненный состав бентоса может указывать на формирование этих карбонатов в «прохладноводных» условиях [3, 6]. Это предположение подтверждается палеоклиматическими реконструкциями. Если в позднем девоне весь регион располагался в пределах тропического пояса, то начиная с раннего карбона Пай-Хойская ИКП оказалась в теплом умеренном поясе, а Полярноуральская — на границе областей тропического и теплого умеренного климата [23]. Кроме того, переход от парникового позднедевонско-турнейского климата к ледниковому привел к общей аридизации и похолоданию в пределах современного севера Урала и Пай-Хоя в конце раннего карбона [23].

Заключение

Таким образом, в результате сравнения рассматриваемых ИКП (рис. 4) можно сделать следующие выводы. Возникновение и успешное функционирование этих платформ зависело от существования внутришельфовых впадин, изолировавших их от источника терригенного материала с материка. В возникновении впадин ведущую роль, скорее всего, играли региональные тектонические процессы (дифференцированное прогибание). Сочетание эвстатических колебаний и продолжавшегося неравномерного прогибания контролировало дальнейшее развитие ИКП. Время существования Полярноуральской и Пай-Хойской ИКП определялось, в частности, размером и интенсивностью прогибания внутришельфовых впадин, которые заполнялись продуктами разрушения окружающих их карбонатных сооружений вкупе с терригенным материалом, поступавшим с материка. Особенно активно процесс заполнения происходил на регрессиях, интенсифицировавших размыв.

Основное отличие Пай-Хойской ИКП от Полярноуральской заключалось в более раннем заполнении примыкавшей к ней Коротаихинской депрессии. После ранневизейской регрессии данная впадина оказалась полностью заполненной продуктами разрушения примыкавших к ней карбонатных платформ. Вероятно, более крупная Кожимская внутришельфовая впадина, отделявшая Полярноуральскую ИКП, просуществовала дольше — до конца серпуховского века.

Пространственные взаимоотношения Пай-Хойской и Полярноуральской платформ остаются неизвестными, область их вероятного сочленения скрыта под надвигами Полярного Урала.

Предполагается, что Полярноуральская ИКП относится к «тепловодному» типу, а Пайхойская — к «прохладноводному».

Автор выражает благодарность рецензентам за конструктивные замечания, способствовавшие улучшению работы.

Литература

1. Беляков Л. Н., Дембовский Б. Я., Тимушева В. Н., Уколова Е. Ю. Строение Лемвинской аллохтонной пластины (Полярный Урал) // Геотектоника. 1992. № 4. С. 125–128.
2. Груздев Д. А., Соболева М. А., Соболев Д. Б., Журавлев А. В. Франские отложения на р. Большая Надота (матяшорская толща) — стратиграфия и условия образования // Литосфера. 2016. № 6. С. 97–116.
3. Груздев Д. А. Позднедевонская-раннекаменноугольная изолированная карбонатная платформа на Приполярном Урале (р. Бол. Надота) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 4 (268). С. 16–23.
4. Груздев Д. А., Котик И. С., Вевель Я. А., Журавлев А. В., Котик О. С. Литолого-фациальная характеристика и геохимия органического вещества девонско-каменноугольных отложений складчато-надвиговой зоны юго-востока Косью-Роговской впадины (по данным скважины Левогубеюская-1) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 3. URL: http://www.ngtp.ru/upload/iblock/4b3/32_2019.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/32_2019.
5. Груздев Д. А., Соболев Д. Б., Журавлев А. В. Отложения большенадотинской толщи в южной части горы Олыся (ре-

ка Большая Надота, Приполярный Урал) // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XV Геологического съезда Республики Коми. 2009. Т. II. С. 15.

6. Груздев Д. А., Герасимова А. И., Журавлев А. В., Вевель Я. А. Геоисторический анализ северной части Пай-Хойского карбонатного паравтохтона в позднем девоне – карбоне // Литосфера. 2020. Т. 20. № 5. С. 666–679. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-666-679

7. Данилов В. Н., Гундельман А. А., Уткина О. Л., Каравай Е. Г., Табрин В. Л., Вишератина Н. П., Мартынов А. В., Огданец Л. В., Лютиков Н. В., Анищенко Л. А., Клименко С. С., Приймак П. И., Макарова И. Р. Геологическое строение и перспективы газонасности западного склона Полярного и Приполярного Урала (по результатам геолого-разведочных работ) / Под общей редакцией В. Н. Данилова. СПб.: ВНИГРИ. 2015. 264 с.

8. Дмитриева Т. В., Еременко Н. М., Сокиран Е. В. Литофациальные и стратиграфические особенности доманиково-турнейского нефтегазоносного комплекса краевых мегапрогибов Тимано-Печорской плиты // Разведка и охрана недр. 2014. №10. С. 27–30.

9. Елисеев А. И. Визейский риф на западном склоне Приполярного Урала // Доклады Академии наук СССР. 1971. Т. 200. № 3. С. 672–675.

10. Жемчужова В. А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений. М.: ЕАГЕ Геомодель, 2014. 232 с.

11. Журавлев А. В. Седиментационная модель области сочленения Елецкой и Лемвинской формационных зон Приполярного Урала в пограничном девонско-каменноугольном интервале // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/59_2012.pdf

12. Журавлев А. В., Вевель Я. А., Груздев Д. А. Местная стратиграфическая схема верхнего девона и карбона севера Пай-Хоя // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. т. 13. № 2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/19_2018.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/19_2018.

13. Журавлев А. В., Герасимова А. И., Вевель Я. А. Местная стратиграфическая схема верхнедевонско-среднекаменноугольного интервала севера Пай-Хойского карбонатного паравтохтона // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 4, С. 8–13.

14. Отмас Н. М., Журавлев А. В. Литолого-фациальные особенности нижнесерпуховских отложений (нижний карбон) юга поднятия Чернышёва и Косью-Роговской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11. № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/27_2016.pdf

15. Реддинг Х. Г., Коллинсон Дж. Д., Аллен Ф. А., Эллиотт Т., Шрейбер Б. Ш., Джонсон Г. Д., Болдуин К. Т., Селлвуд Б. У., Дженкинс Х. К., Стоу Д. А. В., Эдуардз М., Митчелл А. Х. Г. Обстановки осадконакопления и фации: в 2-х т. Т. 2 / Пер. с англ.; под ред. Х. Реддинга. М.: Мир, 1990. Т. 2. 384 с.

16. Соболев Д. Б., Журавлев А. В., Попов В. В., Вевель Я. А. Депрессионный тип разреза верхнего визе – серпухова на Приполярном Урале // Литосфера. 2015. № 4. С. 62–72.

17. Соболев Д. Б., Журавлев А. В., Карманов Р. С., Груздев Д. А. Новые данные о геологическом строении района Большенадотинского рифа (Приполярный Урал) // Вестник Института геологии. 2000. №8. С. 6–7.

18. Соболева М. А., Соболев Д. Б., Матвеева Н. А. Разрез франского яруса на р. Кожим (западный склон Приполярного Урала) — результаты биостратиграфических, биолитофациальных и изотопно-геохимических исследований // Нефте-

газовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13 № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/43_2018

19. Степанов Д. Л., Султанаев А. А., Гроздилова Л. П., Дегтярев Д. Д., Кручинина О. Н., Лапина Н. Н., Муромцева В. А., Николаев А. И., Попов А. В., Симакова М. А., Ткачева И. Д. Новое о среднем карбоне Юго-Западного Пай-Хоя // Вестник ЛГУ. 1977. № 24. С. 25–32.

20. Шишкин М. А. Тектоника юга Лемвинской зоны (Полярный Урал) // Геотектоника. 1989. № 3. С. 86–95.

21. Ahr W. M. The carbonate ramp — an alternative to the shelf model. // Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Societies. 1973. № 23. Pp. 221–225.

22. Allen, P. A. and Allen, J. R. Basin Analysis, Principles and Applications. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1990. 451 pp.

23. Boucot, A. J., Chen Xu, and Scotese, C. R. Phanerozoic Paleoclimate: An Atlas of Lithologic Indicators of Climate. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology (Print-on-Demand Version). Tulsa. 2013. № 11. 478 pp.

24. Cardozo N. BackStrip, v.4.7. 2019 <http://www.ux.uis.no/~nestor/work/programs.html>

25. Ginsburg R. N., James N. P. Holocene carbonate sediments of continental shelves. In: The Geology of Continental Margins (Ed. by C. A. Burk & C. L. Drake. Berlin: Springer-Verlag. 1974. Pp. 137–155.

26. Haq, B. U. and Schutter, S. R. A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes // Science. 2008. 322(5898), pp. 64–68. doi 10.1126/science.1161648

27. Pomar L. Types of carbonate platforms: a genetic approach // Basin Research. 2001. Volume 13, Issue 3, pp. 313–334. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00152.x>

28. Read J. F. Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins: types, characteristics and evolution // Tectonophysics. 1982. № 81. Pp. 195–212.

29. Read J. F. Carbonate platform facies models // Am. Assoc. Petrol. Geol. Bulletin. 1985. №69. Pp. 1–21.

30. Sealey N. Bahamian Landscapes, 3rd edition, Nassau, Bahamas: Media Pub. 2006. 62 pp.

31. Skompski S., Paszkowski M., Krobicki M., Kokovin K., Korn D., Tomas A. & Wrzolek T. Depositional setting of the Devonian/Carboniferous biohermal Bol'shaya Nadota Carbonate Complex, Subpolar Urals // Acta Geologica Polonica. 2001. Vol. 51. No. 3. Pp. 217–235.

32. Tucker M. E. Geological background to carbonate sedimentation. In: Carbonate Sedimentology (Ed. by M.E. Tucker & V.P. Wright). Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1990. Pp. 28–69.

33. Tucker M. E., Wright V. P. Carbonate sedimentology. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1996. Pp. 286–298.

34. Wilson J. L. Carbonate Facies in Geologic History. Berlin: Springer-Verlag. 1975. 471 pp.

References

1. Belyakov L. N., Dembovskij B Ya., Timusheva V. N., Ukolova E. Yu. *Stroenie Lemvinskoj allohtonnoj plastiny (Polyarnyj Ural)* (The structure of the Lemvinskaya allochthonous plate (Polar Urals)). Geotektonika, 1992, No. 4. pp. 125–128

2. Gruzdev D. A., Soboleva M. A., Sobolev D. B., Zhuravlev A. V. *Franskie otlozheniya na r. Bol'shaya Nadota (matyashorskaya tolshcha) — stratigrafiya i usloviya obrazovaniya* (Frasnian sediments on the Bolshaya Nadota river (Matyashorskaya

stratum) — stratigraphy and formation conditions). *Litosfera*, 2016, No. 6, pp. 97–116

3. Gruzdev D. A. *Pozdnedevonskaya-rannekamennougol'naya izolirovannaya karbonatnaya platforma na Pripolyarnom Urale (r. Bol. Nadota)* (Late Devonian-Early Carboniferous isolated carbonate platform in the Subpolar Urals (Bol. Nadota river)). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2017, 4 (268), pp. 16–23

4. Gruzdev D. A., Kotik I. S., Vevel Ya. A., Zhuravlyov A. V., Kotik O. S. *Litologo-facialnaya harakteristika i geohimiya organicheskogo veshchestva devonsko-kamennougolnykh otlozhenij skladchato-nadvigovoy zony yugo-vostoka Kosyu-Rogovskoy vpadiny (po dannym skvazhiny Levogrubeyuskaya-1)* (Lithological-facies characteristics and geochemistry of organic matter of Devonian-Carboniferous deposits of the fold-thrust zone of the southeast of the Kosyu-Rogovskaya depression (based on data from the Levogrubeyuskaya-1 well)). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. (Oil and gas geology. Theory and practice), 2019, V.14, No. 3, http://www.ngtp.ru/upload/iblock/4b3/32_2019.pdf DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/32_2019

5. Gruzdev D. A., Sobolev D. B., Zhuravlev A. V. *Otlozheniya bolshenadotinskoj tolshchi v yuzhnoj chasti gory Olysa (reka Bolshaya Nadota, Pripolyarnyj Ural)* (Deposits of the Bolshenadotinskaya strata in the southern part of Mount Olysa (Bolshaya Nadota River, Subpolar Urals). *Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia. Proceedings of the 15th Geological Congress of the Komi Republic*, V. II, 2009, 27 p.

6. Gruzdev D. A., Gerasimova A. I., Zhuravlev A. V., Vevel Ya. A. *Geoistoricheskiy analiz severnoj chasti Paj-Hojskogo karbonatnogo paravtohtona v pozdnem devone-karbone* (Geohistorical analysis of the northern part of the Pay-Khoy carbonate parautochthon in the Late Devonian — Carboniferous). *Litosfera*, 2020, V. 20, No. 5, pp. 666–679. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-666-679

7. Danilov V. N., Gundelman A. A., Utkina O. L., Karavaj E. G., Tabrin V. L., Visheratina N. P., Martynov A. V., Ogdanec L. V., Lyutikov N. V., Anishchenko L. A., Klimenko S. S., Prijmak P. I., Makarova I. R. *Geologicheskoe stroenie i perspektivy gazonosnosti Zapadnogo sklona Polyarnogo i Pripolyarnogo Urala (po rezultatam geologorazvedochnyh rabot)* (Geological structure and gas potential prospects of the western slope of the Polar and Subpolar Urals (based on the results of geological exploration)). Ed. Danilov V. N., St. Petersburg: VNIGRI, 2015, 264 p.

8. Dmitrieva T. V., Eremenko N. M., Sokiran E. V. *Litofacialnye i stratigraficheskie osobennosti domanikovo-turnecskogo neftegazonosnogo kompleksa kraevykh megaprogibov Timano-Pechorskoj plity* (Lithofacies and stratigraphic features of Domanik-Tournaisian petroliferous complex of marginal megatroughs of Timan-Pehora plate). *Razvedka i ohrana neдр*, 2014, No. 10, pp. 27–30

9. Eliseev A. I. *Vizejskij rif na zapadnom sklone Pripolyarnogo Urala* (Visean reef on the western slope of the Subpolar Urals). *Doklady Earth Sciences*, 1971, V. 200, No. 3, pp. 672–675

10. Zhemchugova V. A. *Rezervuarnaya sedimentologiya karbonatnykh otlozhenij* (Reservoir sedimentology of carbonate deposits). Moscow: EAGE Geomodel, 2014, 232 p.

11. Zhuravlev A. V. *Sedimentacionnaya model oblasti sochleneniya Eleckoj i Lemvinskoj formacionnykh zon Pripolyarnogo Urala v pograničnom devonsko-kamennougolnom intervale* (Sedimentation model of the junction area of the Elets and Lemvinsky formation zones of the Subpolar Urals in the boundary Devonian-Carboniferous interval). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* (Oil and gas Geology. Theory and practice). 2012, V. 7, No. 4. http://www.ngtp.ru/rub/2/59_2012.pdf

12. Zhuravlev A. V., Vevel Ya. A., Gruzdev D. A. *Mestnaya stratigraficheskaya skhema verhnego devona i karbona severa Paj-Hoya* (Local stratigraphic scheme of the Upper Devonian and Carboniferous of the north of Pay-Khoy). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* (Oil and gas Geology. Theory and practice). 2018, V. 13, 2. http://www.ngtp.ru/rub/2/19_2018.pdf, DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/19_2018. 21 P.

13. Zhuravlev A. V., Gerasimova A. I., Vevel Ya. A. *Mestnaya stratigraficheskaya skhema verhnedevisko-srednekamennougolnogo intervala severa Pajhojskogo karbonatnogo paravtohtona* (Local stratigraphic chart of the Upper Devonian-Middle Carboniferous interval in the north of the Pay-Khoy carbonate parautochthon). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2015, No. 4, pp. 8–13

14. Otmas N. M., Zhuravlev A. V. *Litologo-facialnye osobennosti nizhneserpukhovskikh otlozhenij (nizhnij karbon) yuga podnyatiya Chernysheva i Kosyu-Rogovskoy vpadiny* (Lithological-facies features of the Lower Serpukhovian deposits (Lower Carboniferous) in the south of the Chernyshev uplift and the Kosyu-Rogovskaya depression). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* (Oil and gas Geology. Theory and practice), 2016, V. 11, No. 3. http://www.ngtp.ru/rub/2/27_2016.pdf

15. Reding H. G., Kollinson Dzh. D., Allen F. A., Elliott T., Shreijber B. Sh., Dzhanon G. D., Bolduin K. T., Sellvud B. U., Dzhenkins H. K., Stou D. A. V., Eduardz M., Mitchell A. H. G. *Obstanovki osadkonakopleniya i facii* (Sedimentation environments and facies), V. 2, translation from English, ed. H. Reding. Moscow: Mir, 1990, V. 2, 384 pp.

16. Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Karmanov R.S., Gruzdev D.A. *Novye dannye o geologicheskom stroenii rajona Bolshenadotinskogo rifa (Pripolyarnyj Ural)* (New data on the geological structure of the Bolshenadotinsky reef area (Subpolar Urals)). *Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS*, 2000, No. 8, pp. 6–7

17. Sobolev D. B., Zhuravlev A.V., Popov V.V., Vevel Ya.A. *Depressionnyj tip razreza verhnego vize-serpuhova na Pripolyarnom Urale* (Depression type of the Upper Visean — Serpukhovian section in the Subpolar Urals). *Litosfera*, 2015, No. 4, pp. 62–72

18. Soboleva M. A., Sobolev D. B., Matveeva N. A. *Razrez franskogo yarusa na r. Kozhim (zapadnyj sklon Pripolyarnogo Urala) — rezultaty biostratigraficheskikh, bio-, litofacialnykh i izotopno-geohimicheskikh issledovanij* (Section of the Frasnian stage on the Kozhim river (western slope of the Subpolar Urals) — results of biostratigraphic, bio-, lithofacies and isotope-geochemical studies). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* (Oil and gas Geology. Theory and practice), 2018, V. 13, No. 4. http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/43_2018

19. Stepanov D. L., Sultanaev A. A., Grozdilova L. P., Degtyarev D. D., Kruchinina O. N., Lapina N. N., Muromceva V. A., Nikolaev A. I., Popov A. V., Simakova M. A., Tkacheva I. D. *Novoe o srednem karbone Yugo-Zapadnogo Paj-Hoya* (New data on Middle Carboniferous south western Pay-Khoy). *Vestnik LSU*, 1977, No. 24, pp. 25–32

20. Shishkin M. A. *Tektonika yuga Lemvinskoj zony (Polyarnyj Ural)* (Tectonics of the south of Lemva zone (Polar Urals). *Geotektonika*, 1989, No. 3, pp. 86–95.

21. Ahr W. M. The carbonate ramp — an alternative to the shelf model. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Societies.*, 1973, No. 23, pp. 221–225.

22. Allen P. A. and Allen J. R.. *Basin Analysis, Principles and Applications*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990, 451 pp.

23. Boucot A. J., Chen Xu and Scotese C. R. *Phanerozoic Paleoclimate: An Atlas of Lithologic Indicators of Climate*.

SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology (Print-on-Demand Version). Tulsa, 2013, No. 11, 478 pp.

24. Cardozo N. BackStrip, v.4.7. 2019 <http://www.ux.uis.no/~nestor/work/programs.html>

25. Ginsburg R. N., James N. P. Holocene carbonate sediments of continental shelves. In: *The Geology of Continental Margins* (Ed. by C. A. Burk & C. L. Drake. Berlin: Springer-Verlag, 1974, pp. 137–155.

26. Haq, B. U. and Schutter, S. R. A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes. *Science*. 2008, 322(5898), pp. 64–68. doi 10.1126/science.1161648

27. Pomar L. Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, 2001, V. 13, Issue 3, pp. 313 — 334. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00152.x>

28. Read J. F. Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins: types, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, 1982, No. 81, pp. 195–212.

29. Read J. F. Carbonate platform facies models. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bulletin*, 1985, No. 69, pp. 1–21.

30. Sealey N. *Bahamian Landscapes*, 3rd edition, Nassau, Bahamas: Media Pub, 2006, 62 pp.

31. Skompski S., Paszkowski M., Krobicki M., Kokovin K., Korn D., Tomas A. & Wrzolek T. Depositional setting of the Devonian/Carboniferous biohermal Bolshaya Nadota Carbonate Complex, Subpolar Urals. *Acta Geologica Polonica*, 2001, V. 51, No. 3, pp. 217–235.

32. Tucker M. E. Geological background to carbonate sedimentation. In: *Carbonate Sedimentology* (Ed. by M.E. Tucker & V.P. Wright). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990, pp. 28–69.

33. Tucker M. E., Wright V. P. *Carbonate sedimentology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1996, pp. 286–298.

34. Wilson J. L.. *Carbonate Facies in Geologic History*. Berlin: Springer-Verlag, 1975, 471 pp.

Поступила в редакцию / Received 07.10.2021