

УДК 551.26:552.5

НОВОЗЕМЕЛЬСКИЙ БАССЕЙН В РАННЕМ ДЕВОНЕ*



Р. А. ШЕКОЛДИН,
доцент, канд. геол.-
минерал. наук



Р. К. ИЛАЛОВА,
доцент, канд. геол.
-минерал. наук,
rk.ilalova@gmail.com

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия

Введение

Актуальность исследований определяется значением Арктического региона (включая Новую Землю) для будущего страны, а также местоположением архипелага на трассе Северного морского пути, наиболее продолжительной серией наблюдений по сравнению с другими российскими арктическими территориями и, кроме того, перспективами освоения прилегающих акваторий в зоне шельфа для добычи углеводородного сырья [1–3].

Новая Земля представляет собой архипелаг, расположенный в Арктике между Баренцевым и Карским морями. В геологическом отношении он является частью Пайхойско-Новоземельской складчатой области, сложенной преимущественно палеозойскими осадочными образованиями. Особенностью данного района является широкое распространение девонских отложений, представленных разнообразными окраинно-континентальными, прибрежно-морскими, шельфовыми и батинальными фациями [4–6].

Уникальность девонских отложений заключается в том, что они содержат богатый и разнообразный комплекс органических остатков, изучение которых дало возможность разработать и дополнить стратиграфическую основу для изучения фациальных обстановок и палеогеографических реконструкций.

Целью проведенных исследований является изучение литологических особенностей раннедевонских отложений для палеогеографических реконструкций в раннем девоне. Для достижения цели необходимо решить ряд задач, которые включают

Изучены литологические особенности девонских отложений архипелага Новая Земля, которые представлены преимущественно разнообразными окраинно-континентальными и морскими фациями. Результаты исследований свидетельствуют о последовательном углублении Новоземельского бассейна и удалении от источников терригенного материала в течение раннедевонской эпохи.

Ключевые слова: архипелаг Новая Земля, палеогеография, ранний девон, осадки, Пайхойско-Новоземельская складчатая область

DOI: 10.17580/gzh.2024.09.10

в себя оптико-микроскопное изучение петрографических шлифов горных пород, отобранных в процессе геолого-съёмочных работ среднего и крупного масштаба; составление стратиграфических колонок изученных обнажений с последующей их корреляцией, интерпретацию полученных результатов.

Материалы и методы исследования

В основу настоящего исследования положены материалы, полученные в процессе тематических научно-исследовательских работ, проводимых на архипелаге Новая Земля в 1973–1987 гг., а также в ходе геологических экскурсий в 2004–2005, 2013 и 2016 гг.

Оптико-микроскопные исследования петрографических шлифов с диагностикой минералов, характеристикой структур, текстур, органических остатков, фотографированием шлифов осуществляли на оптическом поляризационном микроскопе исследовательского класса Axio Imager A2m (Zeiss) на базе лаборатории литологии и фациального анализа кафедры исторической и динамической геологии.

Результаты исследования

Девонские отложения Новой Земли подразделяют на Баренцевскую и Карскую структурно-формационные зоны (рис. 1). Эти зоны обособились в конце раннего девона [7–9]. Для первой из них характерны преимущественно карбонатные отложения большой мощности, содержащие многочисленные и разнообразные остатки в основном бентосных организмов. Эти отложения считаются продуктом морской мелководной обстановки, в основном шельфовой. В пределах Карской зоны развиты преимущественно глинистые, карбонатные и кремнистые породы, часто углеродистые [10–12]. В них присутствуют редкие остатки пелагических организмов (главным образом,

*Авторы признательны своим бывшим коллегам из геологоразведочной партии Новой Земли за полевые данные. Авторы высоко оценивают сотрудничество с геологами Cambridge Arctic Shelf Programme (CASP), особенно с доктором Ли Гуо. Авторы благодарят администрацию Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и лично ректора профессора В. С. Литвиненко за предоставленную возможность лабораторного изучения горных пород.

микроорганизмов). Эти отложения указывают на батимальную обстановку (склон и ложе бассейна). Карская зона подразделяется на две подзоны – Рогачевскую и Литкинскую. Рогачевская подзона соседствует с Баренцевской структурно-формационной зоной и отражает обстановку верхней части склона, а Литкинская подзона, расположенная к востоку от Рогачевской подзоны и приближенная к побережью Карского моря, сопоставляется с нижней частью склона, его подножием и ложем бассейна [13, 14]. Переход от Баренцевской структурно-формационной зоны к Карской хорошо прослеживается на юге Южного острова, где границы зон ориентированы под углом к простиранию складчатой структуры (см. рис. 1) [15–17]. Здесь на расстоянии всего в несколько километров происходит быстрая смена фаций и многократное сокращение мощности разновозрастных подразделений [18–20]. В центральной части архипелага границы фаций совпадают с простиранием складчатой структуры и крупных разрывных нарушений, что затрудняет прослеживание фациальных переходов [21–23].

В северной части Новой Земли фациальные переходы к тому же частично скрыты под ледниковым куполом. Обстановки и процессы осадконакопления в указанных зонах, как и положение границ между ними, изменялись со временем, поэтому на рис. 1 показано обобщенное положение этих границ. Контраст между обстановками осадконакопления нарастал в течение девонского периода, особенно в ходе раннефранского рифтогенеза, и достиг максимума в среднем карбоне [24, 25].

Нижнедевонские отложения залегают на силурийских в целом согласно, что подтверждается палеонтологическими данными, однако в ряде обнажений на Южном острове встречены маломощные известняковые конгломераты, свидетельствующие о незначительном и, по-видимому, локальном осушении и размыве кровли силура.

Нижняя часть разреза лохковского яруса практически повсеместно сложена терригенными породами, часто красноватыми или пестроцветными (пропашинская, западногорская, ермолаевская, каньонная, веселогорская свиты). Часть свит содержат остатки морской фауны, в других наблюдаются признаки лагунной или даже континентальной обстановки осадконакопления.

К середине верхней части лохковского яруса повсеместно на Новой Земле терригенные породы замещаются карбонатами (карандейская, быстринская, оговская свиты, нижняя часть грибовской свиты). В их составе преобладают тонкозернистые, тонкослоистые известняки (мадстоны, вакстоны, часто пелоидные). Довольно широко распространены также доломиты. Повсеместно встречаются разнообразные стромаболиты. Для карандейской свиты весьма характерны остракодовые известняки [26–28].

В пражском ярусе повсеместно на Новой Земле распространены известняки (алферовская, грибовская, ретовская, куцыйская свиты). В составе этих свит преобладают биокластические известняки – вакстоны, пакстоны, грейнстоны.

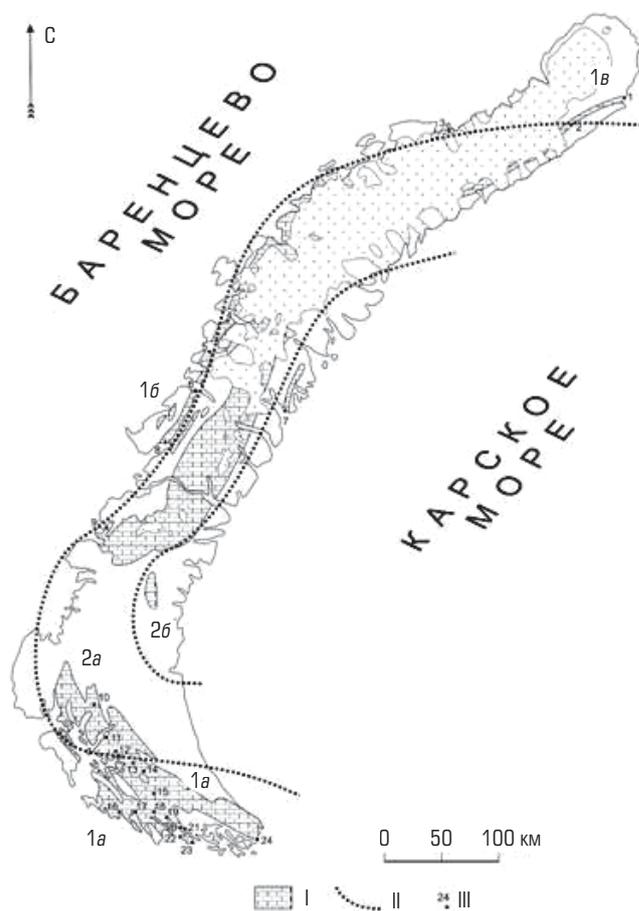


Рис. 1. Схема структурно-формационной зональности Новой Земли:

1 – Баренцевская структурно-формационная зона (1а – южная, 1б – западная, 1в – северная части); 2 – Карская структурно-формационная зона (2а – Рогачевская, 2б – Литкинская подзоны); I – выходы девонских отложений; II – границы зон и подзон; III – разрезы и участки работ

Среди них залегают органогенные постройки типа биогермов и биостромов [29]. Характерно обогащение пород реликтовым органическим веществом, рассеянным в породе или сконцентрированным в прожилках и кавернах.

В эмском веке начинается разделение Новоземельского бассейна осадконакопления на шельфовую и батимальную зоны. Мелководные карбонатные отложения продолжают накапливаться на юге и севере архипелага (синельнинская, ретовская, шевченкинская свиты).

В окрестностях Медвежьего залива на восточном побережье Северного острова разрез лоховско-пражских (?) отложений сложен карбонатными породами и расчленен на пятипальцевскую, оговскую и куцыйскую свиты.

Тайнинская свита раннесреднедевонского возраста выделена в процессе геолого-съёмочных работ на Южном острове. В стратотипическом районе она подразделена на две подсвиты,

нижняя подсвита отнесена к эмскому ярусу, верхняя – к среднему девону.

Обсуждение результатов исследования

В начале раннего девона продолжается трансгрессивное развитие бассейна, начавшееся еще в позднем силуре, однако на юге архипелага происходит кратковременная регрессия. Об этом свидетельствует присутствие слоя известняковых конгломератов в основании пропацинской свиты. В этих конгломератах обнаружена переотложенная фауна самых верхних слоев силура. В центральной и северной частях архипелага переход от силура к девону согласный, однако также имеются признаки кратковременной регрессии [30].

Лохковский век. Начало девона отмечено падением относительного уровня моря. Повсеместно распространены мелководно-морские, прибрежные и дельтовые отложения (рис. 2).

В начале лохковского века в южной части бассейна устанавливается обстановка крайнего мелководья, по-видимому, литорали, а местами и супралиторали. О близости источника терригенного материала свидетельствует присутствие косослойчатых, часто пестроцветных, кварцевых песчаников и алевролитов. Эти осадки могли накапливаться в условиях отмелей, баров, приливно-отливных протоков. Зрелость осадка (хорошая окатанность зерен, кварцевый состав) указывает на область сноса, сложенную древним осадочным комплексом пород. Накопление карбонатных илов с примесью биокластического материала, очевидно, происходило в условиях лагун. В этих осадках содержатся остатки брахиопод, пелеципод, крупных ортоцератид, остракод, трилобитов; кораллы встречаются редко [31]. Характерно также присутствие онколитов. Часто известняки содержат комплекс фауны, характеризующийся бедностью видового состава при обилии особей – пелециподовые и остракодовые ракушечники. Отложения часто несут признаки периодического осушения: трещины усыхания, норки зарывающихся организмов и следы ползания, характерные для ихнофауны *Skolithos*. В центральной и северной частях бассейна отлагались аллювиально-дельтовые пески, гравелиты, алевролиты, часто красноцветные.

В середине лохковского века происходит углубление бассейна и удаление от источников терригенного материала. На смену литоральной обстановке приходит обстановка мелководного шельфа (сублиторали). В затишной обстановке, ниже базиса волн спокойной погоды, накапливаются илистые алевроглинистые осадки, известково-глинистые и известковые тонкозернистые осадки с линзами и линзовидными прослоями биокластических осадков. Возросло разнообразие фауны: брахиоподы, двустворки, остракоды, головоногие моллюски (наутилоидеи). При этом отмечается почти полное отсутствие кораллов. Это можно объяснить обильным поступлением глинистой взвеси и илистым грунтом, не благоприятным для прирастающих колониальных организмов. В центральной и северной частях отлагались аллювиально-дельтовые пески, гравелиты, алевролиты, часто красноцветные.

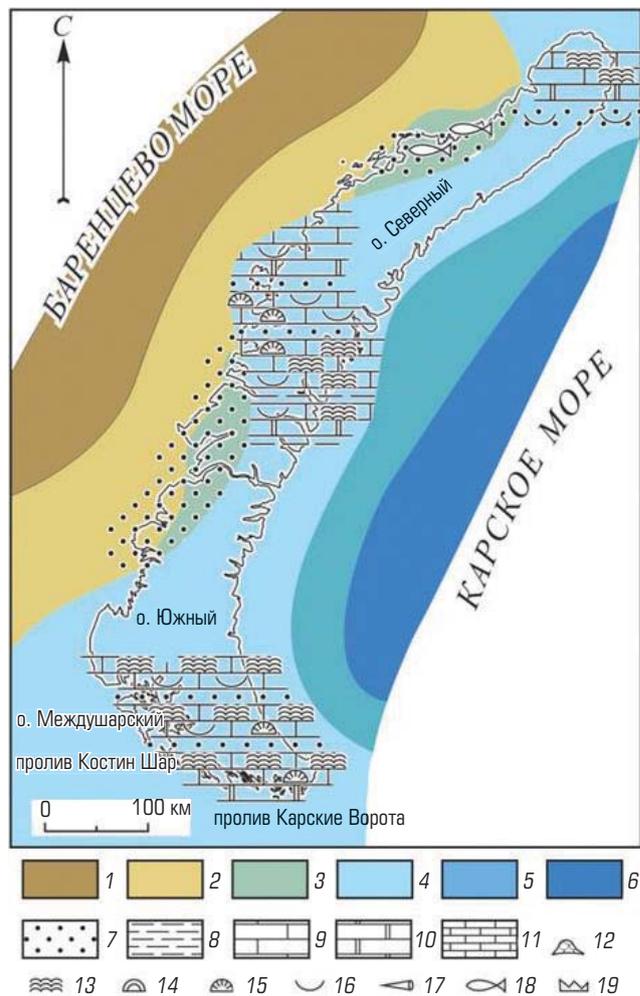


Рис. 2. Палеогеографическая карта Новой Земли для лохковского века:

- 1–6 – обстановки осадконакопления: 1 – область денудации, 2 – континентальная (аллювиальная), 3 – прибрежно-морская (дельтовая), 4 – шельфовая, 5 – склоновая, 6 – глубоководный бассейн; 7–12 – литология: 7 – обломочные породы, 8 – аргиллиты, 9 – шельфовые известняки, 10 – доломиты, 11 – пелагические известняки, 12 – биогенные постройки; 13–19 – биота: 13 – цианобактерии (строматолиты), 14 – строматопораты, 15 – кораллы, 16 – моллюски, брахиоподы, 17 – тентакулиты, 18 – остатки рыб, 19 – конодонты

Во второй половине лохковского века им на смену приходят карбонатные осадки, накапливавшиеся в мелководно-морских и лагунных обстановках. Повсеместно распространяются строматолиты. В современных морях строматолиты (так называемые водорослевые маты) формируются в крайне мелководных, хорошо прогреваемых лагунах с повышенной соленостью воды. Обстановку осадконакопления в Новоземельском бассейне можно представить как литораль-верхнюю сублитораль со строматолитовыми отмелями, прорезанными приливно-отливными

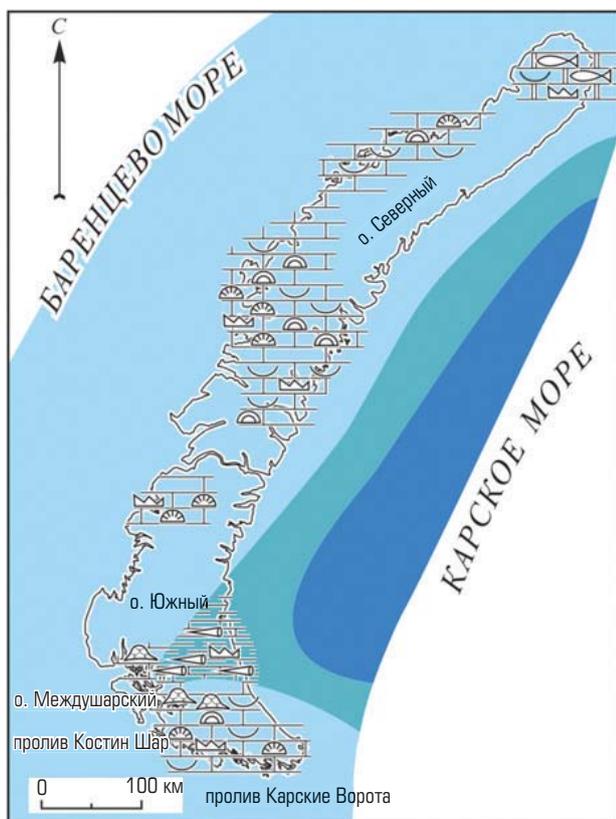


Рис. 3. Палеогеографическая карта Новой Земли для пражского века.

Условные обозначения те же, что на рис. 2

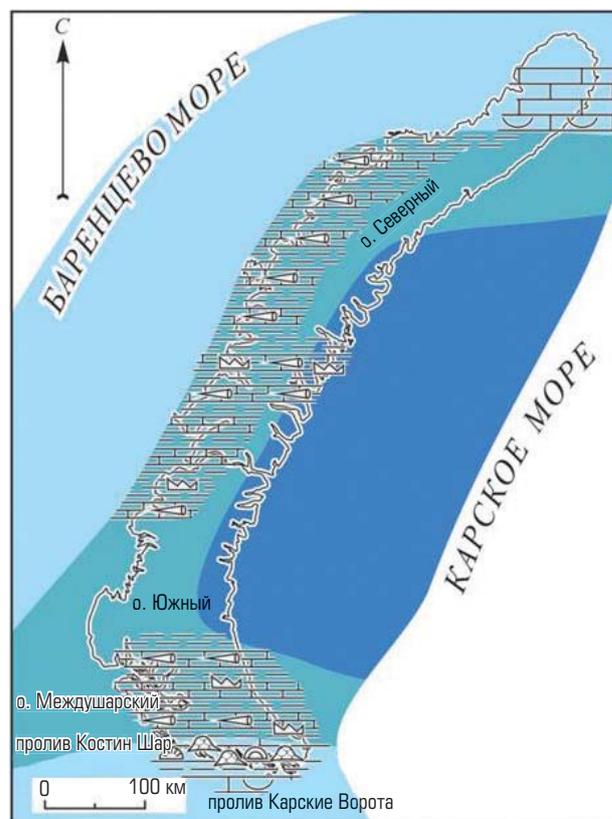


Рис. 4. Палеогеографическая карта Новой Земли для эмского века.

Условные обозначения те же, что на рис. 2 и 3

каналами, в которых отлагались алевриты и пеллетобиокластические карбонатные пески с косой слоистостью. В понижениях между отмелями образовывались полуизолированные водоемы с нарушенной соленостью, в которых отлагались карбонатные илы со скоплениями раковин остракод.

Пражский век. Последовательное повышение уровня моря в течение раннего девона привело к повсеместному развитию карбонатных шельфовых отложений (рис. 3). На юге Южного острова сформировалась карбонатная платформа, на которой процветала разнообразная бентосная фауна, в том числе рифостроящие организмы, образовывавшие карбонатные постройки типа биогермов и биостромов. Биогермы отличаются линзообразной формой, небольшими размерами и непостоянным составом рифостроящих организмов. Это строматопоровые, брахиоподомшанковые или брахиоподо-табулятостроматопоровые биогермы. Между биогермами образовывались скопления биогенного детрита, содержащего остатки разнообразных организмов, среди которых присутствуют почти все известные группы беспозвоночных того времени. Локально, в районе озер Нехватова, образовалась депрессия, где происходило накопление глинисто-карбонатных илов, обогащенных органическим веществом. В центральной и северной частях архипелага также формировались карбонатные морские осадки, но без образования

биогенных построек. В пражском веке современная территория архипелага входила в обширный мелководный бассейн, с юго-запада граничащий с равнинной сушей. На севере и северо-востоке этот бассейн был открыт к морю, занимавшему современную территорию Северной Америки и центральной части Арктики [32, 33].

Эмский век. Продолжается повышение относительного уровня моря. Мелководная седиментация сохранилась только на самом юге, где отмечен рост органогенных построек (рис. 4).

На большей части архипелага установилась батинальная обстановка с накоплением карбонатно-глинистых углеродистых осадков, за исключением крайнего юга и северо-восточной оконечности, где продолжилось накопление мелководноморских карбонатных осадков. На юге (по побережью пролива Карские Ворота, полуостровов Кабаний и Подгорного) сохранилась обстановка карбонатной платформы. Однако в ее пределах усложнился рельеф дна. Рифовые постройки и отмели из биогенного детрита образовывали поднятия [34, 35]. Органогенные постройки по сравнению с пражским веком становятся крупнее – первые десятки метров по мощности и около сотни метров по простиранию. Биогермы были окружены скоплениями биокластического материала, создававшими благоприятные условия для массового заселения колониями

строматопор, табулят и ругоз, которые часто образовывали биостромы. Между биогермами и отмелями в депрессиях накапливались тонкие глинисто-карбонатные илы с остатками тентакулитов, гониатитов, двусторчатых моллюсков. Наряду с карбонатными осадками в бассейн поступал и терригенный материал в виде кварцевых песков и алевритов.

Севернее, в бассейнах рек Саханина и Малой Юнау, окрестностях Губ Черной и Пропащей располагалась депрессия, в которой накапливались глинисто-карбонатные илы, обогащенные реликтовым органическим веществом, с остатками тентакулитов, наутилоидей, гастропод, пелеципод, брахиопод [36, 37].

В центральной части Южного острова, в окрестностях озер Нехватова, Губы Тайной, бассейнах рек Тайных Северной и Южной накапливались глинистые и глинисто-карбонатные илы, также обогащенные органическим веществом. В этой части бассейна практически полностью отсутствуют бентосные организмы.

В центральной части Северного острова (в окрестностях Губ Митюшихи, Крестовой, Машигина, Северной и Южной Сульменевых) в это время также существовала батиальная обстановка, где накапливались глинисто-карбонатные илы с многочисленными остатками тентакулитов.

На северо-востоке архипелага, в районе р. Широкая, существовала обстановка мелкого моря, где накапливались биогенные и биокластические карбонатные осадки с остатками кораллов, пелеципод, конодонтов, акантод, телодонтов, остракод.

Заключение

Девонские отложения Новой Земли представлены разнообразными окраинно-континентальными и морскими фациями от прибрежно-морских и шельфовых мелководных до батиальных. Распространение этих отложений позволяет выделить две структурно-формационные зоны – Баренцевскую и Карскую, которые начали обособляться в пражском-эмском веках раннего девона. Баренцевская структурно-формационная зона характеризуется мощными, преимущественно карбонатными отложениями, содержащими богатый комплекс остатков бентосных организмов. Предполагается, что данная зона представляет собой шельфовые палеообстановки. Карская структурно-формационная зона характеризуется маломощными глинистыми, известковистыми и кремнистыми осадками. Эта зона, предположительно, соответствует батиальным палеообстановкам. Нижняя часть лохковского яруса почти повсеместно сложена терригенными породами,

часто красноцветными или пестроцветными. Часть свит содержат остатки морской фауны, в других наблюдаются признаки лагунной или даже континентальной обстановки осадконакопления. К средним и верхним слоям лохковского яруса повсеместно на Новой Земле терригенные породы замещаются карбонатными. В их составе преобладают тонкозернистые, тонкослоистые известняки (мадстоны, вакстоны, часто пелоидные). Довольно широко распространены также доломиты. В пражском ярусе повсеместно на Новой Земле встречаются известняки, среди которых преобладают биокластические разности – вакстоны, пакстоны, грейнстоны, а также органогенные постройки типа биогермов и биостромов. В эмском веке начинается разделение Новоземельского бассейна осадконакопления на шельфовую и батиальную зоны. Мелководные карбонатные отложения продолжают накапливаться на юге и севере архипелага. Глубоководные карбонаты представлены тонкослоистыми, тонкозернистыми известняками (мадстоны, вакстоны), содержащими преимущественно планктонную и нектонную фауну и обогащенными реликтовым органическим веществом.

В палеогеографическом отношении раннедевонская эпоха продолжает унаследованное трансгрессивное развитие силурийского бассейна. Начало девона отмечено падением относительного уровня моря. Повсеместно распространены мелководно-морские, прибрежные и дельтовые отложения. Затем, в середине лохкова, происходит некоторое углубление бассейна. В мелководно-морских и лагунных обстановках накапливаются карбонатные осадки. Последовательное повышение уровня моря в течение пражского века привело к повсеместному развитию карбонатных шельфовых отложений. Процветала разнообразная бентосная фауна, в том числе рифостроящие организмы, образовывавшие карбонатные постройки типа биогермов и биостромов. В эмском веке продолжается повышение относительного уровня моря. Мелководная обстановка сохраняется только на самом юге и северо-востоке. На большей части архипелага устанавливается батиальная обстановка с накоплением карбонатно-глинистых углеродистых осадков.

Библиографический список

См. англ. блок. 

«GORNYI ZHURNAL», 2024, № 9, pp. 62–68
DOI: 10.17580/gzh.2024.09.10

The Novaya Zemlya Basin in the early Devonian

Information about authors

R. A. Shchekoldin¹, Associate Professor, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences
R. K. Ilalova¹, Associate Professor, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, rk.ilalova@gmail.com

¹Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

The Novaya Zemlya archipelago is located in the Arctic, between the Barents and Kara Seas, and is a part of the Pay Khoy–Novaya Zemlya folded region composed mainly of the Paleozoic sedimentary rocks. Among them, the Devonian sediments represented by a variety of marginal–continental and marine facies, from coastal–marine and shelf shallow–water to bathyal, are widely distributed. The distribution of these sediments allow distinguishing two structure form zones: Barentsian and Kara, which began to separate in the Prairie–Emsian ages of the Early Devonian. The Barents structure form zone is characterized by thick, predominantly carbonate sediments containing a rich complex of remains of benthos

organisms. It is assumed that this zone represents the shelf paleoenvironments. The Kara structure form zone is characterized by thin clayey, calcareous and siliceous sediments. This zone presumably corresponds to bathyal paleoenvironments. The Devonian stratigraphy of Novaya Zemlya is sufficiently well studied, especially in terms of biostratigraphy. The lithological and stratigraphic dissection of the Devonian has been carried out, mainly, in the course of medium-scale group geological survey. The study of the lithological features of the sediments indicates consistent deepening of the basin and removal from the sources of terrigenous material during the Early Devonian era. In addition to deepening, the basin is also divided into shelf and bathyal parts by the end of the Ems.

The authors are very grateful to their former colleagues from the geological exploration party of Novaya Zemlya for the field data provided. The authors highly appreciate the cooperation with geologists from the Cambridge Arctic Shelf Programme (CASP), particularly to Doctor Li Guo.

The authors greatly thank the academic administration of the Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University and personally Rector Professor V. S. Litvinenko for the benefit of laboratory investigation of rocks.

Keywords: Novaya Zemlya archipelago, paleogeography, early Devonian, Pay Khoy–Novaya Zemlya folded region.

References

- Aleksandrova T. N. Complex and deep processing of mineral raw materials of natural and technogenic origin: State and prospects. *Journal of Mining Institute*. 2022. Vol. 256. pp. 503–504.
- Afanasenkov A. P., Nikishin A. M., Obukhov A. N. Eastern Black Sea Basin: Geological Structure and Hydrocarbon Potential. Moscow : Nauchnyi mir, 2017. 172 p.
- Ponomareva G. A., Nikiforov I. A. Regularities of directional distribution of plate and palladium at oil–gas fields of Orenburg region. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2015. No. 7. pp. 28–34.
- Andreeva I. A., Bondarev V. I., Ershov Yu. P., Sobolev N. N., Shchekoldin R. A. *The Middle Paleozoic time of the Schmidt Peninsula, in the Russian Harbour Bay of Novaya Zemlya. Geology and Stratigraphy of Novaya Zemlya : Collected Papers*. Leningrad : NIIGA, 1979. pp. 18–37.
- Bondarev V. I. (Ed.). *Stratigraphy and Paleontology of the Arctic Paleozoic : Collected Papers*. Leningrad : Sevmoregeologiya, 1991. 193 p.
- Antipov I., Antonov A., Jolshin D., Savchenok A., Tarasenko A. et al. Natural stone in the 14th–15th-century secular buildings of the Novgorod Kremlin. *Journal of Cultural Heritage*. 2021. Vol. 48. pp. 312–318.
- Mikhailova E. D., Tarasenko A. B. Lithology-genetical aspects and ostracod association (crustaceans) of the Silurian Hotynbulak, Kurbulak and Chaltash Formations of the Merishkor synform (Uzbekistan). *Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists Devoted to Academician A. P. Karpinsky's Memory*. Saint-Petersburg : Izdatelstvo VSEGEI, 2015. pp. 60–65.
- Nikishin A. M., Ziegler P. A., Bolotov S. N., Fokin P. A. Late Palaeozoic to Cenozoic evolution of the Black Sea–Southern Eastern Europe Region: A View from the Russian Platform. *Turkish Journal of Earth Sciences*. 2012. Vol. 21, No. 5. pp. 571–634.
- Nikishin A. M., Korotaev M. V., Ershov A. V., Brunet M.-F. The Black Sea basin: Tectonic history and Neogene–Quaternary rapid subsidence modelling. *Sedimentary Geology*. 2003. Vol. 156, Iss. 1–4. pp. 149–168.
- Mangerud J., Kaufman D., Hansen J., Svendsen J. I. Ice-free conditions in Novaya Zemlya 35 000–30 000 cal years B.P., as indicated by radiocarbon ages and amino acid racemization evidence from marine molluscs. *Polar Research*. 2008. Vol. 27, Iss. 2. pp. 187–208.
- Matveev V. P., Tarasenko A. B. The study of the Berkha Island reef massif (Novaya Zemlya), based on lithological and geochemical data. *Geochemistry*. 2020. Vol. 80, Iss. 3. ID 125500.
- Mikhailova E. D., Siveter D. J. Endemic Silurian ostracod faunas of the Southern Tien Shan, Central Asia. *Marine Micropaleontology*. 2021. Vol. 164. ID 101969.
- Bolshiyarov D. Yu., Anokhin V. M., Gusev E. A. New data on structure of terrain and quaternary sediments on the Novaya Zemlya archipelago. *Geological–Geophysical Features of Lithosphere in the Arctic Region : Collected papers*. Saint-Petersburg : VNIIOkeanologiya, 2006. Vol. 210, No. 6. pp. 149–161.
- Bolshiyarov D. Yu., Pogodina I. A., Gusev E. A., Sharin V. V., Alekseev V. V. et al. New data on the coastlines of archipelagos Franz Josef Land, Novaya Zemlya and Spitsbergen. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2009. No. 2(82). pp. 68–77.
- Aleksandrova T. N., O'Connor C. Processing of platinum group metal ores in Russia and South Africa: current state and prospects. *Journal of Mining Institute*. 2020. Vol. 244. pp. 462–473.
- Egorov A. S., Bolshakova N. V., Kalinin D. F., Ageev A. S. Deep structure, tectonics and geodynamics of the Sea of Okhotsk region and structures of its folded frame. *Journal of Mining Institute*. 2022. Vol. 257. pp. 703–719.
- Robinson A. G., Rudat J. H., Banks C. J., Wiles R. L. F. Petroleum geology of the Black Sea. *Marine and Petroleum Geology*. 1996. Vol. 13, No. 2. pp. 195–223.
- Okay A. I., Celal Şengör A. M., Görür N. Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology*. 1994. Vol. 22, No. 3. pp. 267–270.
- Talovina I. V., Krikun N. S., Yurchenko Y. Y., Ageev A. S. Remote sensing techniques in the study of structural and geotectonic features of Iturup island (the Kuril islands). *Journal of Mining Institute*. 2022. Vol. 254. pp. 158–172.
- Tsinkoburova M. G., Norova L. P. Reflection of northwestern Russia's hydrogeological features in old toponyms of the region. *Regional Research of Russia*. 2021. Vol. 85, No. 5. pp. 750–762.
- Nekhorosheva L. V., Patrunov D. K. Upper Silurian–Devonian section of sediments in the Bay Bear on the Northern Island of Novaya Zemlya. *Geology and Stratigraphy of Novaya Zemlya : Collected Papers*. Leningrad : NIIGA, 1979. pp. 53–82.
- Patrunov D. K. Sedimentary types of rocks, sedimentation situations and cyclicity of litoral carbonate and carbonate–clay sedimentations of the Silurian and Low Devonian Age. *Silurian and Low Devonian Sediments of the Dolgy Island : Collected Papers*. Sverdlovsk : UNTs AN SSSR, 1980. pp. 27–67.
- Barrier E., Vrielynck B. Palaeotectonic maps of the Middle East. Tectono–Sedimentary–Palinspastic maps from Late Norian to Piacene. Atlas of 14 maps. Commission for the Geological Map of the World, 2018. 15 p.
- Orgo V. V., Kalenich A. P. Tectonic structure of folded systems. Geodynamic reconstructions. Novaya Zemlya and Vaygach Island. *Geological Structure and Minerageny : Collected Papers*. Saint-Petersburg : VNIIOkeanologiya, 2004. Vol. 205. pp. 45–55.
- Zeeberg J. Climate and Glacial History of the Novaya Zemlya Archipelago, Russian Arctic. Amsterdam, 2001. 177 p.
- Georgiev S., von Quadt A., Heinrich C. A., Peytcheva I., Marchev P. Time evolution of a rifted continental arc: Integrated ID–TIMS and LA–ICPMS study of magmatic zircons from the Eastern Srednogorie, Bulgaria. *Lithos*. 2012. Vol. 154. pp. 53–67.
- Gusev E. A., Artemieva D. E., Komarov A. Yu., Krylov A. A., Urvantsev D. M. et al. Tectonic Framework of the Eurasian Arctic Continental Margin. *Geotectonics*. 2023. Vol. 57, Iss. 1. pp. 13–27.
- Zonenshain L. P., Pichon X. Deep basins of the Black Sea and Caspian Sea as remnants of Mesozoic back-arc basins. *Tectonophysics*. 1986. Vol. 123, Iss. 1–4. pp. 181–211.
- Korago E. A., Evdokimov A. N., Stolbov N. M. *Late Mesozoic and Cenozoic Basite Magmatism on the Northwestern Margin of Eurasia : Collected Papers*. Saint-Petersburg : VNIIOkeanologiya, 2010. Vol. 215. 176 p.
- Prishchepa O. M., Borovikov I. S., Grokhotov E. I. Oil and gas content of the understudied part in the northwest of the Timan–Pechora oil and gas province according to the results of basin modeling. *Journal of Mining Institute*. 2021. Vol. 247. pp. 66–81.
- Mikhailova E., Perrier V., Williams M., Siveter D. J., Tarasenko A. et al. Cosmopolitan myodocope ostracods from the Silurian of Uzbekistan, Central Asia. *BSGF—Earth Sciences Bulletin*. 2020. Vol. 191. DOI: 10.1051/bsgf/2020012
- Cherkesova S. V. Unified regional scheme of the Low-to-Middle Devonian sediments of Novaya Zemlya. *Geology and Stratigraphy of Novaya Zemlya : Collected Papers*. Leningrad : NIIGA, 1979. pp. 83–91.
- Cherkesova S. V., Smirnova M. A., Kravtsov A. G. The Low Devonian of the southwest of Novaya Zemlya and description of some tabulate. *Stratigraphy, Sedimentation Conditions and Fauna of the Ordovician and Low Devonian Sediments of Novaya Zemlya, Vaygach and Pay Khoy : Collected Papers*. Leningrad : Nedra, 1968. pp. 145–169.
- Patrunov D. K. Paleogeographic types of the Middle Paleozoic rifting in the northeastern periphery of the ancient Russian Platform. *Lithology and Paleogeography of Bioherm Rock Masses : Collected Papers*. Moscow : Nauka, 2015. pp. 73–85.

35. Yapaskurt O. V. Lithology : Textbook. 2nd revised and enlarged edition. Moscow : Infra-M, 2023. 359 p.
36. Korago E. A., Kovaleva G. N., Schekoldin R. A., Ilin V. F., Gusev E. A. et al. Geological structure of the Novaya Zemlya Archipelago (West Russian Arctic) and peculiarities of the tectonics of the Eurasian Arctic. *Geotectonics*. 2022. Vol. 56, No. 2. pp. 123–156.

37. Litvinenko V. Foreword: Sixty-year Russian history of Antarctic sub-glacial lake exploration and Arctic natural resource development. *Geochemistry*. 2020. Vol. 80, Iss. 3. ID 125652.

УДК 551.24:550.83(581)

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ КАБУЛЬСКОГО МАССИВА



И. В. ТАЛОВИНА,
зав. кафедрой, проф.,
д-р геол.-минерал. наук



Ф. МАНГАЛ,
аспирант



Г. В. СМУК,
студент, georgii.smuk@gmail.com



Н. С. КРИКУН,
ассистент

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия

Введение

Структуры коллизионного генезиса традиционно являются сложными для исследования объектами, поскольку они в большинстве случаев представляют собой гетерогенные многокомпонентные складчатые горные системы, зачастую труднодоступные для непосредственного геологического изучения. Афганистан расположен в области столкновения крупных литосферных плит Евразии и Индостана, поэтому 80 % территории страны покрыто горными сооружениями, среди которых наибольшую высоту имеет хребт Гиндукуш (4–6 км) [1]. Однако в контексте развития специализированного программного обеспечения и появления общедоступных мировых баз данных, содержащих разнотипную геолого-геофизическую информацию, становится возможным дистанционное изучение таких удаленных и труднодоступных геологических структур, как Кабульский блок. Более того, выявление и исследование сутурных зон важно в плане минерагенического потенциала региона [2, 3]. Офиолитовые комплексы, формирующие сутуры,

На основании анализа данных потенциальных полей и распределения землетрясений на территории Афганистана, а также изучения плотности и магнитной восприимчивости образцов офиолитов разработана петрофизическая глубинная модель по интерпретационному профилю через Кабульский блок. Выявлены предполагаемые особенности распределения офиолитовых комплексов в пределах региона и уточнены отдельные структуры сети тектонических нарушений. По результатам интерпретации составлена 3D-модель с блоковой зональностью, принятой в соответствии с концепцией тектоники литосферных плит.

Ключевые слова: Афганистан, Кабульский массив, офиолитовые комплексы, анализ землетрясений, потенциальные поля, петрофизическое моделирование

DOI: 10.17580/gzh.2024.09.11

содержат месторождения и рудопроявления элементов платиновой группы (ЭПГ), хрома, никеля, кобальта [4, 5]. Актуальность исследования обосновывается, кроме того, тем фактом, что большинство структурно-интерпретационных построений, выполненных в рамках обширного изучения Афганистана [6] и, в частности, Кабульского блока [7], являются качественными, но исходят из устаревших концепций геодинамической эволюции геологических структур, в то время как современные глубинные построения опираются на зонально-блоковую модель в рамках концепции тектоники литосферных плит [8, 9].

Общая геологическая характеристика региона исследования

Кабульский массив расположен в пределах юго-восточной части Афганистана и представляет собой отдельный блок земной коры, ограниченный разломами Чаман на северо-западе и Альтимур на юго-востоке (рис. 1) [10, 11].

В предложенной модели Р. Е. Tarronier и др. (статья 1981 г.) Кабульский блок рассматривают как микроконтинент, отделенный от Индийской плиты или других Центрально-Афганских блоков, присоединение которого к Евразийскому континенту предположительно произошло в позднем мелу или раннем палеоцене, затем в эоцене последовала конвергенция Индостана и Кабульского блока. Р. J. Treloar and Ch. N. Izatt (1993) развили эту идею еще дальше, предположив, что