



ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 4(48) ♦ 2021
Октябрь –
декабрь

Главный редактор –

Акад. РАН М. И. Эпов (Новосибирск)

Редакционная коллегия

Свинын В. Ф., отв. редактор, зам.
гл. редактора (Новосибирск)
Афанасенков А. П., д.г.-м.н. (Москва)
Брехунцов А. М., д.г.-м.н. (Тюмень)
Варламов А. И., д.г.-м.н. (Москва)
Герт А. А., д.э.н. (Новосибирск)
Жаркова В., д.ф.-м.н., проф. (Ньюкасл,
Великобритания)
Зайнидинов Х., д.т.н. (Ташкент, Узбе-
кистан)
Конторович А. Э., акад. РАН (Ново-
сибирск)
Крюков В. А., акад. РАН (Новосибирск)
Мельников Н. В., д.г.-м.н. (Новоси-
бирск)
Похиленко Н. П., акад. РАН (Новоси-
бирск)
Птицын А. Б., д.г.-м.н. (Чита)
Сейфуль-Мулюков Р. Б., д.г.-м.н., проф.
(Москва)
Собисевич А. Л. чл.-кор. РАН (Москва)
Тригубович Г. М., д.т.н., проф., зам. гл.
редактора (Новосибирск)
Шацкий В. С., акад. РАН (Новосибирск)
Шин Е. Ч., проф. (Инчхон, Республика
Корея)

Редакционный совет

Алексеев Г. Ф., к.т.н. (Кемерово)
Бакиев С., д.г.-м.н., проф. (Ташкент,
Узбекистан)
Будников И. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Васильев В. И., к.г.-м.н. (Иркутск)
Гармаев Е. Ж., чл.-кор. РАН (Улан-Удэ)
Глинских В. Н., чл.-кор. РАН (Новоси-
бирск)
Деятов В. П., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Ефимов А. С. (Новосибирск)
Жуков К. А., к.э.н. (Новосибирск)
Клишин В. И., чл.-кор. РАН (Кемерово)
Конторович В. А., чл.-кор. РАН (Ново-
сибирск)
Ларичев А. И., к.г.-м.н. (Санкт-
Петербург)
Мигурский А. В., д.г.-м.н. (Новоси-
бирск)
Поляков А. А. (Москва)
Сальников А. С., д.г.-м.н. (Новоси-
бирск)
Смирнов Е. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Смирнов М. Ю., к.г.-м.н. (Москва)
Татьянин Г. М., к.г.-м.н. (Томск)
Филипцов Ю. А., д.г.-м.н. (Красноярск)
Черных А. И., к.г.-м.н. (Москва)
Шиганова О. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Эдер Л. В., д.э.н. (Москва)

Редакция

Воронина Т. А.
Изотова Е. С.
Карпунин А. Г.

Содержание

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

Д. А. Печериченко, О. Т. Обут, Н. В. Сенников. Новые данные по верхнеор-
довикским конодонтам гурьяновской свиты северо-востока Горного Алтая 3
Б. М. Попов. Биостратиграфическое значение остракод верхнего девона
северо-западной части окраины Кузнецкого бассейна (р. Томь, юго-восток
Западной Сибири) 12
Т. В. Гонга, А. В. Тимохин, О. А. Маслова. Биостратиграфия верхнего ордо-
вика бассейна р. Чуня (правый приток р. Подкаменная Тунгуска, Сибирская
платформа) 24

Нефтегазовая геология

Г. Г. Шемин, П. А. Глазырин, А. Г. Вахромеев, О. И. Бостриков, Е. В. Деев,
М. Ю. Смирнов, В. В. Сапьяник, В. И. Москвин. Количественный прогноз
нефтегазоносности глубокопогруженных региональных резервуаров ниж-
неюрских отложений Енисей-Хатангской и восточной части Гыданской неф-
тегазоносных областей сибирского сектора Арктики 38
Д. А. Сидоров, Л. В. Лапина, Н. В. Холманских, Д. В. Емельянов, Л. П. Мельни-
ков, Д. А. Федоров. Геологическое строение доюрского основания централь-
ной части Красноленинского свода в свете новых геолого-геофизических
данных 58

Геофизика, геофизическое приборостроение

А. М. Петров, К. Н. Даниловский, К. В. Сухорукова, А. Р. Леоненко, А. А. Лап-
ковская. Нейросетевой подход к экспресс-моделированию сигналов элек-
трокаротажа в реалистичных моделях сложнопостроенных терригенных
отложений 70

Минералогия, рудные и нерудные месторождения

В. Л. Хомичев. «Рудная магма». Что это с позиции гранитной рудно-магма-
тической системы? 79

Экономика и управление

Т. А. Тарабарина, Е. И. Головина. Капитализация минеральных ресурсов
как инновационная экологическая стратегия 92

Гипотезы и дискуссионные материалы

Г. С. Федосеев, Д. Ю. Большиянов. Ленские трованты: гипотеза и модель об-
разования 97

Страницы истории

А. Б. Птицын, О. В. Корсун. ИПРЭК СО РАН – 40 лет 113

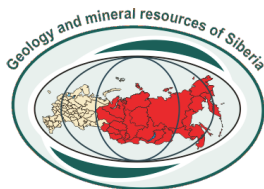
Персоналии

От редакции. Нестареющий старейшина (к 90-летию профессора Николая
Владимировича Мельникова) 116

Наши авторы 117

Алфавитный список статей за 2021 г. 121

Авторы журнала за 2021 г. 125



GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF SIBERIA

QUARTERLY SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

N4(48) ♦ 2021
October –
December

Editor

Acad. RAS M.I. Epov (Novosibirsk)

Editorial board:

Svinin V.F., executive editor, associated editor, Novosibirsk

Afanasenkov A.P. (Moscow)

Brekhtunov A.M., DSc (Tyumen)

Gert A.A., DSc (Novosibirsk)

Kontorovich A.E., acad. RAS (Novosibirsk)

Kryukov V. A., acad. RAS (Novosibirsk)

Melnikov N.V., DSc (Novosibirsk)

Pokhilenko N.P., acad. RAS (Novosibirsk)

Ptitsyn A.B., DSc (Chita)

Shatskiy V. S., acad. RAS (Novosibirsk)

Shin E.Ch., PhD, prof. (Incheon, Republic of Korea)

Seiful'-Mulyukov R.B., DSc, prof. (Moscow)

Sobisevich A. L., corr. memb. RAS (Moscow)

Trigubovich G.M., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk)

Varlamov A.I., DSc (Moscow)

Zainidinov Kh., DSc (Tashkent, Uzbekistan)

Zharkova V., DSc, prof. (Newcastle, United Kingdom)

Editorial council:

Alekseev G.F., PhD (Kemerovo)

Bakiev S., DSc, prof. (Tashkent, Uzbekistan)

Budnikov I.V., PhD (Novosibirsk)

Chernykh A.I., PhD (Moscow)

Devyatov V.P., DSc (Novosibirsk)

Eder L. V., DSc (Moscow)

Efimov A.S. (Novosibirsk)

Filipov Yu.A., DSc (Krasnoyarsk)

Garmayev Ye.Zh., corr. memb. RAS (Ulan-Ude)

Glinskikh V.N., corr. memb. RAS (Novosibirsk)

Klishin V.I., corr. memb. RAS (Kemerovo)

Kontorovich V.A., corr. memb. RAS (Novosibirsk)

Larichev A.I., PhD (St. Petersburg)

Migurskiy A.V., DSc (Novosibirsk)

Polyakov A. A. (Moscow)

Salnikov A. S., DSc (Novosibirsk)

Shiganova O.V., PhD (Novosibirsk)

Smirnov E.V., PhD (Novosibirsk)

Smirnov M.Yu., PhD (Moscow)

Tatyanin G.M., PhD (Tomsk)

Vasilyev V.I., PhD (Irkutsk)

Zhukov K.A., PhD (Novosibirsk)

Editorial staff

Voronina T.A.

Izotova E.S.

Karpunin A.G.

Content

Regional Geology, Stratigraphy, Tectonics

D. A. Pecherichenko, O. T. Obut, N. V. Sennikov. A new data on Upper Ordovician conodonts from the Guryanovka Formation, northeast of Gorny Altai 3

B. M. Popov. Biostratigraphic significance of ostracods from the Upper Devonian of the northwestern Kuznetsk Basin (Tom River, South East of West Siberia)..... 12

T. V. Gonta, A. V. Timokhin, O. A. Maslova. The Upper Ordovician biostratigraphy of the Chunya River basin (right tributary of the Podkamennaya Tunguska River, Siberian Platform) 24

Petroleum Geology

G. G. Shemin, P. A. Glazyrin, A. G. Vakhromeev, O. I. Bostrikov, E. V. Deev, M. Yu. Smirnov, V. V. Sapyanik, V. I. Moskvina. Petroleum potential quantitative forecast of deeply-buried regional reservoirs of the Lower Jurassic deposits within the Yenisei-Khatanga and eastern Gydan petroleum regions of the Siberian sector in the Arctic 38

D. A. Sidorov, L. V. Lapina, N. V. Kholmanskikh, D. V. Emelyanov, L. P. Melnikov, D. A. Fedorov. Geological structure of the Pre-Jurassic Basement of the central part of the Krasnoleninsky Swell in the light of new geological and geophysical data 58

Geophysics, Geophysical Industry

A. M. Petrov, K. N. Danilovskiy, K. V. Sukhorukova, A. R. Leonenko, A. A. Lapkovskaya. Neural network-based approach to resistivity logs express simulation in realistic models of complex terrigenous sediments 70

Minerogenesis, ore and non-metallic mineral resources

V. L. Khomichev. "Ore magma". What is it from the standpoint of the granite ore-magmatic system? 79

Economics and Management of subsoil Resources Use

T. A. Tarabarinova, E. I. Golovina. Capitalization of mineral resources as an innovation ecological strategy 86

Controversial Issues and Hypotheses

G. S. Fedoseev, D. Yu. Bolshiyakov. Trovants of the Lena River: hypothesis and formation model 97

Pages of Our History

A. P. Ptitsyn, O. V. Korsun. To the 40th anniversary of IPREK SB RAS 113

Persomalia

Ageless Elder (to the 90th anniversary of prof. Nikolay Melnikov 116

Our authors 118

Alphabetical list of articles in 2021..... 123

The authors of journal in 2021 126



НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ВЕРХНЕОРДОВИКСКИМ КОНОДОНТАМ ГУРЬЯНОВСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА ГОРНОГО АЛТАЯ

Д. А. Печериченко¹, О. Т. Обут^{1,2}, Н. В. Сенников^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

При детальном послойном изучении опорных разрезов гурьяновской свиты на северо-востоке Горного Алтая (разрезы Бия и Бура) была впервые собрана представительная коллекция конодонтов, в которой определены 12 видов в составе 9 родов: *Belodina compressa* (Branson and Mehl, 1933), *Phragmodus undatus* Branson and Mehl, 1933, *Panderodus gracilis* (Branson and Mehl, 1933), *Panderodus acostatus* (Branson and Branson, 1947), *Tasmanognathus careyi* Burret, 1979, *Aphelognathus* sp., *Panderodus* sp., *Drepanoistodus* sp., *Drepanodus* sp., *Colaptoconus* sp., *Paltodus* sp., *Scandodus* sp. Впервые для территории Горного Алтая точно зафиксирована нижняя граница конодонтовой зоны *P. undatus* непрерывном разрезе (в основании третьей пачки разреза Бия).

Ключевые слова: ордовик, конодонты, Горный Алтай.

A NEW DATA ON UPPER ORDOVICIAN CONODONTS FROM THE GURYANOVKA FORMATION, NORTHEAST OF GORNY ALTAI

D. A. Pecherichenko¹, O. T. Obut^{1,2}, N. V. Sennikov^{1,2}

¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The detailed study of the Guryanovka Formation key sections at the northeast of Gorny Altai (Biya and Bura sections) for the first time revealed the representative collection of conodonts. The conodont fauna is composed of 12 species belong to 9 genera: *Belodina compressa* (Branson and Mehl, 1933), *Phragmodus undatus* Branson and Mehl, 1933, *Panderodus gracilis* (Branson and Mehl, 1933), *Panderodus acostatus* (Branson, Branson, 1947), *Tasmanognathus careyi* Burret, 1979, *Aphelognathus* sp., *Panderodus* sp., *Drepanoistodus* sp., *Drepanodus* sp., *Colaptoconus* sp., *Paltodus* sp., *Scandodus* sp. For the first time, the precise position of the *P. undatus* conodont Zone was defined in Gorny Altai (continuous Biya Section, base of unit 3).

Keywords: Ordovician, conodonts, Gorny Altai.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-3-11

Конодонты и граптолиты – ортостратиграфические группы фауны, широко используемые для расчленения и дальнемагистральной корреляции ордовикских отложений по всему миру [16, 26]. Для ордовика Горного Алтая по граптолитам разработана дробная региональная зональная шкала, тогда как конодонтовая зональная стратиграфия здесь является мозаичной по сравнению с непрерывно-последовательным международным стандартом и содержит многочисленные пробелы [2, 7, 23]. В связи с этим крайне актуальны детальные микропалеонтологические исследования, направленные на увеличение палеонтологической охарактеризованности опорных разрезов и на расширение представлений о таксономическом разнообразии конодонтовой фауны.

Среди позднеордовикских осадочных образований Уйменско-Лебедской структурно-фацальной зоны (СФЗ) северо-востока Горного Алтая особо выделяется гурьяновская свита общей мощностью до 700 м, которая характеризуется не только разнообразием ископаемых групп организмов, но и большим количеством родов и видов для каждой группы фауны [1]. Несмотря на это находки конодонтов там пока крайне редки, а их таксономиче-

ское разнообразие относительно низкое. Авторами настоящей статьи был проведен целенаправленный послойный отбор крупноразмерных (3–5 кг и более) образцов из двух наиболее перспективных опорных разрезов гурьяновской свиты: Бура (стратотип свиты) и Бия (рис. 1).

Разрез Бия расположен на правом берегу одноименной реки между поселками Кебезень и Верх-Бийск, близ устья руч. Чеченек. Мощность гурьяновской свиты составляет там 170 м. Первое описание этого разреза и находки фауны (брахиопод) были сделаны уже давно [9]. Современное определение таксонов брахиопод проведено по материалам геолого-съёмочных работ [5]. Детально описание разреза представлено в [1]. Разрез расчленен на 24 пачки терригенных и терригенно-карбонатных пород: песчаников мелко-среднезернистых, окатанных и сортированных, зеленовато-серых и лиловых, алевролитов с глинистым и карбонатным цементом табачно-серого цвета, известковистых песчаников, слабоглинистых пелитоморфных, шламово-детритовых и органогенно-обломочных известняков (рис. 2).

Разрез Бура мощностью около 180 м расположен в 40 км на северо-восток от разреза Бия,

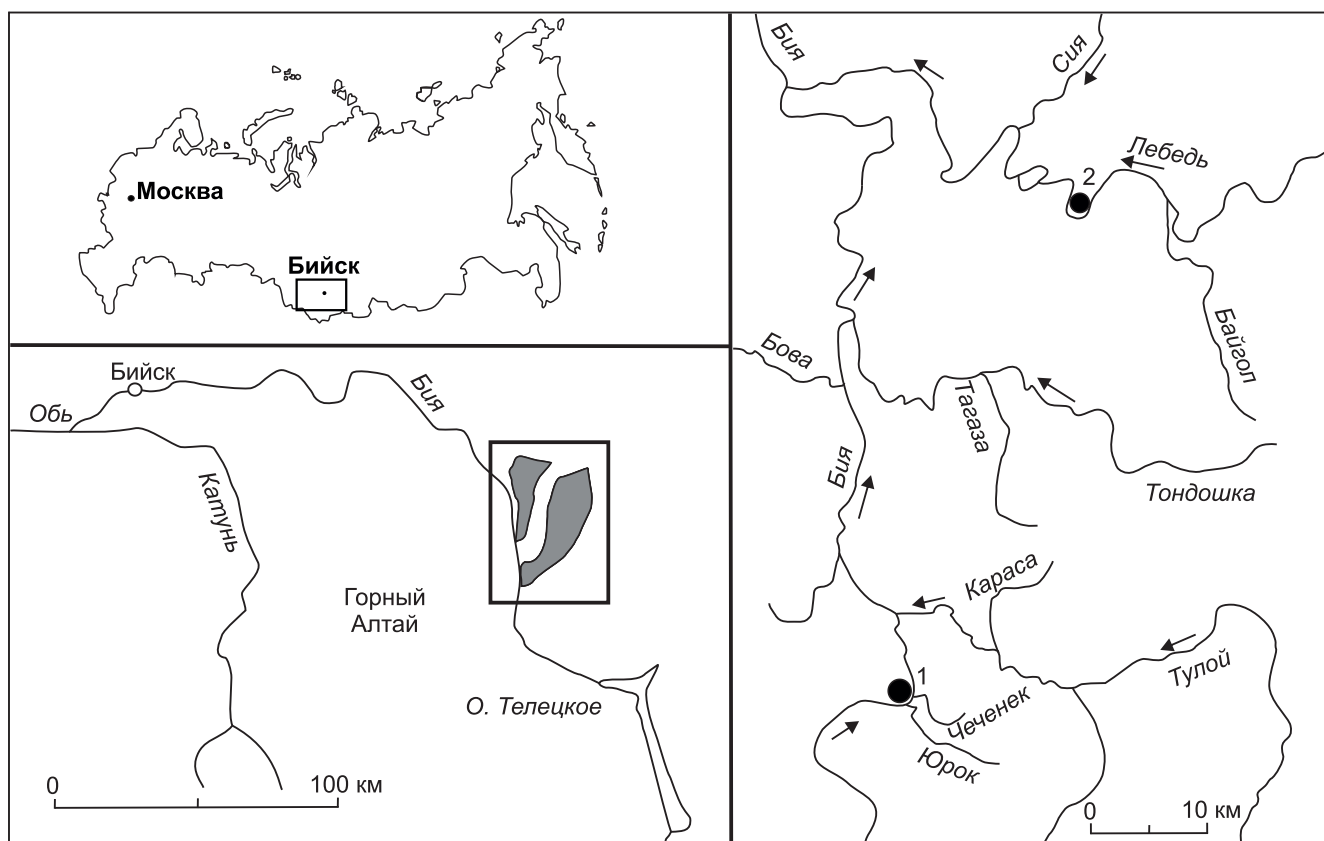


Рис. 1. Месторасположение изученных разрезов: 1 – Бия, 2 – Бура

вблизи устья одноименного ручья, в правобережье р. Лебедь (см. рис. 1). Разрез является стратотипом гурьяновской свиты. Впервые был описан В. М. Сенниковым [8] и затем детализирован [1, 4]. Разрез состоит из 17 пачек. Среди карбонатных пород встречаются известковистые песчаники, биоморфно-детритовые известняки, оолитовые известняки, а также водорослевые, детритовые, глинистые и оолитовые разности. Терригенные породы представлены хорошо окатанными и сортированными песчаниками, алевролитами и аргиллитами (см. рис. 2).

Первые данные о находках конодонтов в гурьяновской свите были опубликованы коллективом авторов [2] и позднее в обобщающей статье по ордовикским отложениям северо-востока Горного Алтая [1].

Коллекция конодонтов для настоящего исследования получена из карбонатных и терригенно-карбонатных пород, по методике химического препарирования в 10–15%-ном растворе уксусной кислоты. Полученный нерастворившийся осадок в виде мелкой фракции классифицировался с отбором остатков конодонтов под бинокулярным микроскопом. Определение и монографическое описание таксонов конодонтов осуществлялось после фотографирования препаратов, выполненного на сканирующих электронных микроскопах TESCAN MIRA в Институте геологии и минералогии СО РАН и HITACHI-1000 в Новосибирском государственном университете.

Новые биостратиграфические данные

Из 22 проб, послыно отобранных в разрезе Бия, для микропалеонтологического исследования было извлечено 150 конодонтовых элементов, относящихся к 10 видам в составе 7 родов: *Tasmanognathus careyi* Burret, *Belodina compressa* (Br. et M.), *Drepanoistodus* sp., *Drepanodus* sp., *Phragmodus undatus* Br. et M., *Panderodus gracilis* (Br. et M.), *Panderodus acostatus* (Br. and Br.), *Panderodus* sp. и *Scandodus* sp. Анализ распределения конодонтов по разрезу (см. рис. 2) и присутствие видов *B. compressa* и *P. undatus* – видов-индексов одноименных конодонтовых зон – позволяют оценить возраст вмещающих их отложений в объеме последовательно сменяющих друг друга зон *B. compressa* и *P. undatus*, что соответствует позднему сандбию – раннему катию позднего ордовика (рис. 3).

В разрезе Бура отобрано 14 проб карбонатно-терригенных пород, из которых было извлечено 70 конодонтовых элементов, относящихся к 5 видам в составе 5 родов, а также неидентифицируемые обломки. Все экземпляры конодонтов распространены в интервале со 2-й по 12-ю пачки разреза. Конодонтовый комплекс характеризуется следующими видами: *Phragmodus undatus* Br. et M., *Tasmanognatus careyi* Burret, *Colaptoconus* sp., *Paltodus* sp., *Panderodus* sp. Находки вида-индекса одноименной зоны Ph. undatus позволяют оценить возраст вмещающих отложений в объеме позднего сандбиа – позднего ордовика (см. рис. 2, 3).

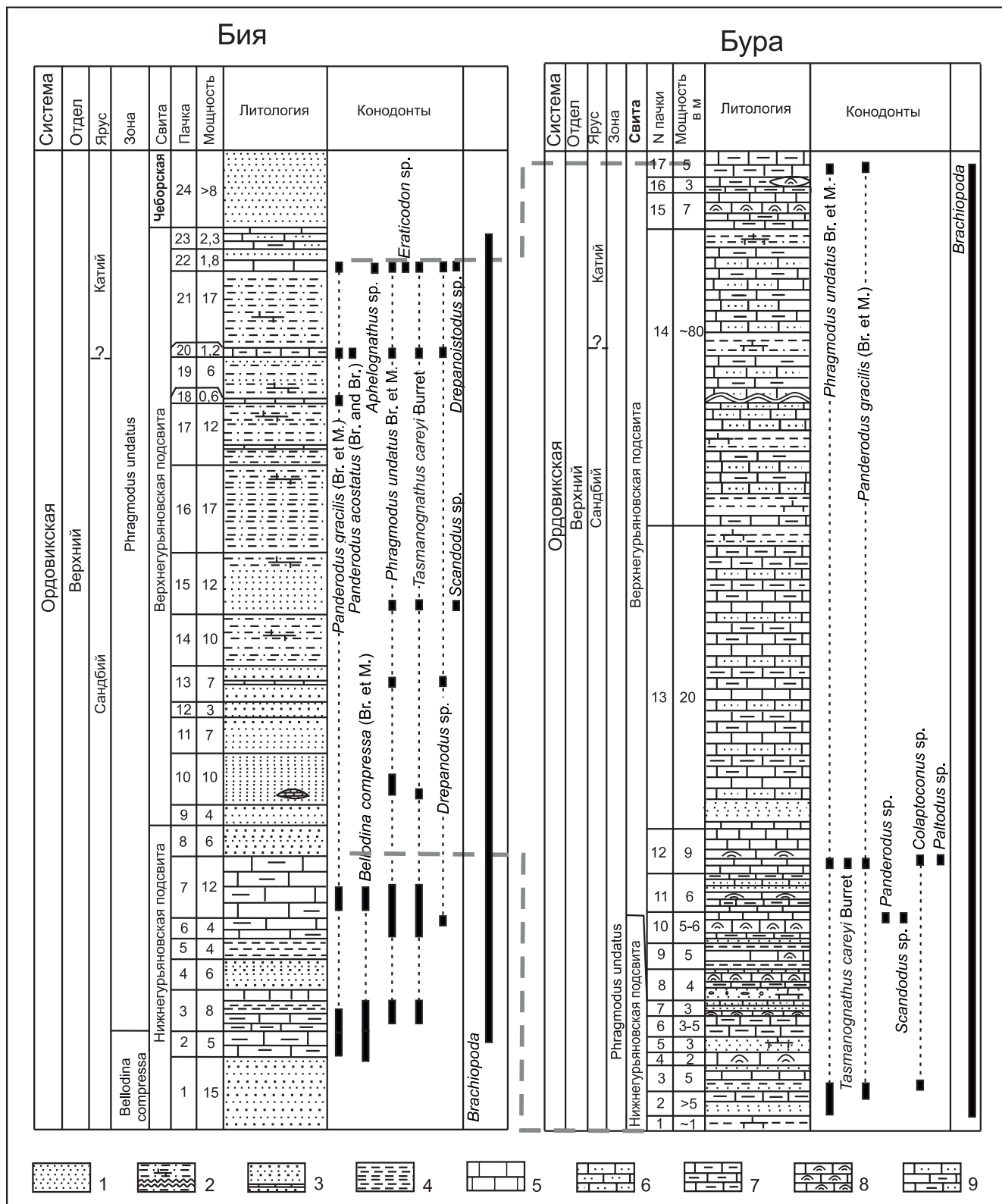


Рис. 2. Литологические колонки и интервалы распространения конодонтов в разрезах Бия и Бура

1 – полимиктовые песчаники, мелко- и среднезернистые, окатанные; 2 – алевролиты; 3 – переслаивание мелко- и среднезернистых песчаников с прослоями известняков; 4 – аргиллиты глинистые; 5–9 – известняки: 5 – массивные, 6 – песчаные, 7 – глинистые, 8 – водорослевые массивные, 9 – песчаные и алевролитистые массивные

Рассматриваемые конодонтовые зоны были выделены в разрезах отложений верхнего ордовика Северной Америки, северного Китая и на Сибирской платформе [16, 19]. В Австралии биостратиграфическое подразделение *B. compressa* рассматривается

в качестве зонального интервала, совпадающего по объему с одноименной зоной Китая и Северной Америки [24]. Комплексный зональный интервал *Ph. undatus/Tas. careyi*, также выделенный в австралийских разрезах, соответствует объему зоны

Система	Отдел	Ярус ОСШ	Горизонт	Свита	Региональные конодонтовые подразделения ордовика западной части Алтае-Саянской складчатой области [1]	Распространение конодонтов
Ордовик	Верхний	Хирнантский	Листвянский	Чебоксарская	?	
				Техтеньевский	<i>Amorphognathus ordovicicus</i>	
				Гурьяновская	?	
		Сандбийский	Ханхаринский		<i>Phragmodus undatus</i>	<i>Belodina compressa</i> (Br. et M.)
					<i>Belodina compressa</i>	<i>Panderodus gracilis</i> (Br. et M.)
		Бугрышихинский	Карасинская			<i>Tasmanognathus careyi</i> Burret

Рис. 3. Зональное расчленение и распространение конодонтов в разрезах Бия и Бура гурьяновской свиты

Ph. undatus в Китае и объему последовательности зон *Ph. undatus* и *Pl. tenuis* в Северной Америке [11, 27]. Кроме того, представители видов *B. compressa* и *Ph. undatus* встречаются в слоях с конодонтами без выделения зональных подразделений в мелководных терригенно-карбонатных отложениях кулунбулакской свиты в районе хр. Тарбагатай в восточном Казахстане [10] и в хонделенских слоях верхнеордовикских разрезов Тывы [3].

Описание руководящих таксонов конодонтов

Коллекция конодонтов хранится в лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН.

Phragmodus undatus Branson and Mehl, 1933 Таблица, фиг. 1–12

Phragmodus undatus sp. nov., 1933: Branson and Mehl, p. 115, pl. 8, figs. 22–26 [13]. Синонимы см. в [21, 28]. Синтип: Branson and Mehl, 1933, p. 115, pl. 8, figs. 16, 22–26. Dep. Geol., Univ. Missouri, Columbia/Missouri, USA; C105-4, C103-2.

Описание. Практически полный аппарат, включающий пять элементов. **Sc элементы:** бипенатные рамиформные, с длинным задним отростком с большим количеством зубцов и как минимум одним увеличенным зубцом, схожим по своим размерам с основным зубцом. Основной зубец тонкий, загнутый назад, гладкий с острыми краями, отделя-

Конодонты гурьяновской свиты из разрезов Бия и Бура (Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ). Масштабная линейка 100µm

Фиг. 1–12. *Phragmodus undatus* Branson and Mehl, 1933: 1–3 – Sc элементы: 1 – разрез Бия, пачка 20, 2, 3 – разрез Бия, пачка 22; 4–5 – Sa элементы: 4 – разрез Бура, пачка 12, 5 – разрез Бия, пачка 22; 6–8 – Pb элементы: 6, 7 – разрез Бия, пачка 22, 8 – разрез Бия, пачка 6; 9 – Pa элементы: разрез Бура, пачка 2; 11, 12 – M элементы: 11 – разрез Бия, пачка 15, 12 – разрез Бия, пачка 22

Фиг. 13–15. *Tasmanognathus careyi* Burret, 1979: Pa элементы: 13 – разрез Бия, пачка 15; 14, 15 – разрез Бия, пачка 22

Фиг. 16, 17. *Aphelognathus* sp., Pb элементы, разрез Бия, пачка 22

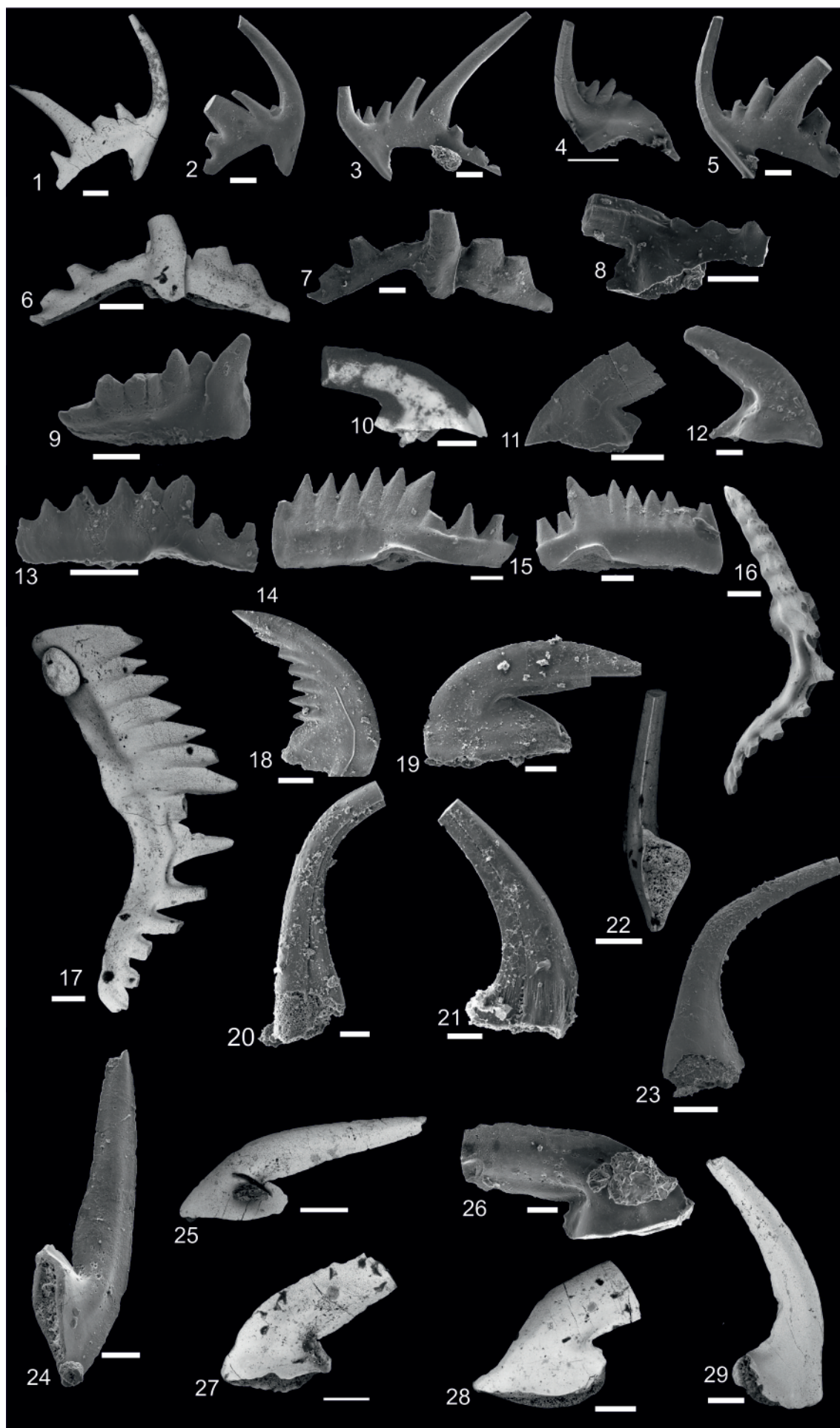
Фиг. 18, 19. *Belodina compressa* (Branson and Mehl, 1933): 18 – S элемент, разрез Бия, пачка 2; 19 – M элемент, разрез Бия, пачка 7

Фиг. 20, 21. *Panderodus gracilis gracilis* (Branson and Mehl, 1933), разрез Бия, пачка 22

Фиг. 22, 23. *Scandodus* sp., разрез Бия: 22 – пачка 22, 23 – пачка 15

Фиг. 24–27. *Drepanoistodus* sp., разрез Бия, пачка 22

Фиг. 28, 29. *Drepanodus* sp., разрез Бия, пачка 22



ется от второстепенных увеличенных зубцов тремя мелкими зубчиками. Все мелкие зубчики сжаты с краев и имеют острые передние и задние грани. **Са элемент:** схож с Sc элементом, однако асимметричный и имеет с внутренней стороны основного зубца боковое продольное ребро. **Ра элементы:** пастилатные, основной зубец короткий, схожий по длине с зубчиками боковых отростков, края острые и ровные, загнут назад и имеет два боковых отростка, зубцы которых загнуты в стороны от основного зубца; все зубцы сжаты с краев и имеют острые грани. **Рб элемент:** схож по своему строению с **Ра элементом**, однако основной зубец как минимум в 2 раза больше зубчиков боковых отростков. **М элементы:** конические геникулятные. Зубец наклонен назад, передние и задние края гладкие, острые. Базальная полость глубокая, основание широкое и имеет передний и задний кили, зубец продольно сжат.

Сравнение. Отличается от других видов, входящих в этот род, морфологией Р и М элементов. **Р элементы** *Ph. undatus* являются пастилатными, основной зубец не имеет осложнения в виде *мелких зубчиков на заднем краю*. **М элемент** *Ph. undatus* конический, тогда как у всех остальных видов рамиформные.

Материал. 70 элементов.

Распространение. Ордовик Северной Америки, Норвегии, Эстонии и Горного Алтая в интервале от середины сандбийского до начала катийского яруса; является видом-индексом одноименной зоны в региональных биостратиграфических шкалах Северной Америки, северного Китая, Горного Алтая и Австралии [1, 10, 14, 16, 17, 21].

Местонахождение. Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ, разрез Бия (пачки 3, 6, 7, 10, 13, 15, 20, 22).

Tasmanognathus careyi Burret, 1979

Таблица, фиг. 13–15

Tasmanognathus careyi sp. nov., 1979: Burret, p. 31–36, pl. 1, figs. 1–20; figs. 2, 3 [14]; *Tasmanognathus careyi*, 1984: Wang and Luo, p. 49, pl. 10, fig. 10 [23]; *Tasmanognathus careyi*, 2010: Zhen et al., p. 43–72, fig. 14 [26]. **Синтип:** Burret, 1979: pl. 1, figs. 8–10, 20 [14]

Описание. **Ра элементы** рамиформные длинные, сжатые, слегка загнутые, имеющие передний и задний отростки. Основной зубец небольшой, но крупнее соседних зубчиков на отростках, прямой либо слегка загнутый. Основной зубец и зубчики на отростках гладкие. Отростки имеют разную длину, высоту основания и количество зубчиков. Передний отросток длиннее, имеет более высокое основание и от пяти до семи близко посаженных зубчиков треугольной формы. Задний отросток имеет более низкое основание и короче, несет от двух до четырех расставленных зубчиков. Базальная полость узкая, бороздковидная. Базальный край ровный, имеет расширение округлой фор-

мы под основным зубцом и слегка загибается вниз под задним отростком.

Замечания. В рассмотренных разрезах обнаружены только **Ра элементы** этого вида. Дальнейшее изучение с привлечением нового дополнительного материала позволит провести более детальное исследование данного таксона.

Распространение. Широко распространен в ордовикских отложениях катийского яруса Австралии и северного Китая в интервале конодонтовых зон *B. compressa* и *Ph. undatus* [20, 11].

Материал. 9 элементов.

Местонахождение. Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ, разрезы Бия (пачки 3, 6, 7, 10, 15, 20, 22) и Бура (пачка 12).

Aphelognathus sp.

Таблица, фиг. 16, 17

Описание. В коллекции представлен длинными пиктинеформными **Рб элементами:** передний и задний отростки равной длины. Зубчики на переднем отростке треугольной формы, близко посаженные, острые, с явно заметной продольной штриховкой. Зубчики на заднем отростке небольшие, расставленные, имеют острые грани. Базальная полость длинная и узкая, расширяется по мере приближения к центральному зубцу и расходится в стороны. Высота основания на переднем и заднем отростках равная.

Замечания. Элементы данного рода крайне схожи с элементами вида *Tasmanognathus careyi*, однако они были отнесены к роду *Aphelognathus* потому, что один из отростков гораздо длиннее, чем схожий у представителей *Tasmanognathus*, имеет сильный изгиб, а усложняющие его зубчики имеют продольную штриховку, другую морфологию и широко расставлены; высота основания отростков не различается.

Материал. 6 элементов.

Местонахождение. Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ, разрез Бия (пачка 22).

Belodina compressa (Branson and Mehl, 1933)

Таблица, фиг. 18, 19

Belodus compressus sp. nov., 1933: Branson and Mehl, p. 114, pl. 9, figs. 15, 16 [14]. Синонимия см. в [28]. **Синтип:** Branson and Mehl: 1933, p. 114, pl. 9, figs. 15, 16. Dep. Geol., Univ. Missouri, Columbia/Missouri, USA; C101-4, C77-5, C26-3.

Описание. Конодонты среднего размера. Обнаружен полный состав аппарата, состоящий из двух морфологически различных элементов. **С элементы:** конические негеникулятные, плавно загнутые назад, с видимой продольной штриховкой. Передняя грань гладкая, задняя усложнена рядом мелких близко посаженных острых зубчиков, направленных перпендикулярно основному зубцу. Базальная полость имеет форму двух прислоненных друг к другу конусов, передний конус высокий

и узкий. Задний конус меньшего размера и его верхушка направлена к основанию первого зубчика. **М элементы:** конические, геникулятные, сжатые с боков. Имеют высокое основание с мелкой продольной штриховкой, зубец сильно загнут назад до лежащего положения, передняя и задняя грани гладкие. Базальная полость неглубокая.

С р а в н е н и е. Наиболее близок к виду *B. confluens*, но отличается строением **С элемента:** его передний край имеет неравномерный, более сильный изгиб на небольшом расстоянии от базального края. От остальных видов своего рода *B. compressa* отличается количеством и наклоном второстепенных зубчиков **С элементов**, а также морфологией **М элементов**.

М а т е р и а л. 4 элемента.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Поздний ордовик Северной Америки, Австралии, Тасмании; на Сибирской платформе – вид-индекс одноименной зоны в региональных биостратиграфических шкалах данных регионов и Горного Алтая [6, 7, 10, 12, 16, 22, 28].

М е с т о н а х о ж д е н и е. Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ, разрез Бия (пачки 2, 3, 7).

Panderodus gracilis (Branson and Mehl, 1933)

Таблица, фиг. 20, 21

Paltodus gracilis sp. nov., 1933: Branson and Mehl, p. 108, pl. 8, figs. 20, 21. Синонимия см. в [21]. С и н т и п: Branson and Mehl: 1933, p. 108, pl. 8, figs. 20, 21. Dep. Geol., Univ. Missouri, Columbia/Missouri, USA.

О п и с а н и е. Размер конодонтов крупный и средний; они конические, негеникулятные, слабо наклоненные назад, продольно сжатые, тонкие. Передний и задний края гладкие, острые. Элементы асимметричные, имеют продольное ребро, формирующее пережим. Базальная полость глубокая, сложной формы из-за продольного пережима зубца. Основание крупное, с отчетливой штриховкой вдоль удлинения.

З а м е ч а н и е. Вид включает сильно удлиненные, тонкие, равномерно загнутые назад элементы конического сечения, с острым задним краем и явными пережимами на боковых сторонах, а также имеющие продольную штриховку у основания.

М а т е р и а л. 30 элементов.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Широко распространен в интервале среднего – позднего ордовика многих регионов [6, 10, 18, 21].

М е с т о н а х о ж д е н и е. Горный Алтай, Уйменско-Лебедская СФЗ, разрезы Бия (пачки 2, 3, 7, 18, 20, 22) и Бура (пачки 2, 12).

Выводы

Получены новые биостратиграфические данные о нахождении в непрерывном разрезе двух последовательно сменяющих друг друга конодонтовых комплексов с видами-индексами *Belodina compressa* и *Phragmodus undatus*, которые общепри-

знанно используются в различных мировых геологических регионах в качестве наименований конодонтовых зон. Вид-индекс зоны *Belodina compressa* обнаружен во второй пачке разреза Бия. Начиная с основания третьей пачки этого разреза появляется вид-индекс вышележащей зоны *Phragmodus undatus* (см. рис. 2). Это позволяет впервые для территории Горного Алтая точно зафиксировать нижнюю границу конодонтовой зоны *P. undatus* в конкретном непрерывном разрезе (в основании третьей пачки разреза Бия). Таким образом, эта граница в региональной биостратиграфической зональной последовательности (см. рис. 3) дает возможность обосновать «смыкаемость» двух соседствующих зональных комплексов.

Впервые для ордовикских отложений Горного Алтая удалось обнаружить элементы конодонтового вида *Tasmanognathus careyi*, распространенного в отложениях позднего ордовика северного Китая и Австралии. Это важный аспект для межрегиональных корреляций и дополнительных обоснований достоверности выделения зональных подразделений.

Авторы координируют свои исследования с МПГК 735 (IGCP735); работа осуществлялась при поддержке гранта РНФ 20-77-10051.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Верхний** ордовик северо-востока Горного Алтая: строение и условия формирования / Н. В. Сенников, О. Т. Обут, Т. Ю. Толмачева и др. // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 1. – С. 89–107.
2. **Зональное** расчленение ордовикских отложений Сибири по пелагическим группам фауны / Н. В. Сенников, Т. Ю. Толмачева, О. Т. Обут и др. // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 4. – С. 761–781.
3. **Изох Н. Г., Сенников Н. В., Обут О. Т.** Находка на Горном Алтае нового уровня в зональной ордовикской конодонтовой шкале Алтае-Саянской складчатой области // Эволюция жизни на Земле: матер. III Междунар. симп. – Томск: ТГУ, 2005. – С. 125–127.
4. **Кривчиков А. В., Петрунина З. Е., Севергина Л. Г.** Ордовикская система // Геологическое строение и рельеф Восточного Алтая: Стратиграфия. – Новосибирск, 1976. – С. 29–44.
5. **Кульков Н. П., Севергина Л. Г.** Стратиграфия и брахиоподы ордовика и нижнего силура Горного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1989. – 223 с.
6. **Москаленко Т. А.** Конодонты среднего и верхнего ордовика Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1973. – 143 с.
7. **Региональная** стратиграфическая схема ордовикских отложений западной части Алтае-Саянской складчатой области / Н. В. Сенников, О. Т. Обут, Н. Г. Изох и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 7с. – С. 15–53.
8. **Сенников В. М.** Ордовик Уйменско-Лебедского синклиория Горного Алтая // Материалы

по региональной геологии. — М.: Госгеолтехиздат, 1962. — С. 116–133. — (Тр. СНИИГГиМС; вып. 24).

9. **Сенников В. М., Винкман М. К., Кононов А. Н.** Кембро-ордовик и ордовик Горного Алтая // Материалы по региональной геологии. — М.: Госгеолтехиздат, 1959. — С. 51–66.

10. **Толмачева Т. Ю.** Биостратиграфия и биогеография конодонтов ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. — 264 с. — (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер.; т. 356).

11. **A Late Ordovician Conodont Fauna from the Lower Limestone Member of the Benjamin Limestone in Central Tasmania, and Revision of *Tasmanognathus careyi* Burrett, 1979** // Y. Y. Zhen, C. F. Burrett, I. G. Percival, B. Y. Lin // Proc. Linn. Soc. N.S.W. — 2010. — Vol. 131. — P. 43–72.

12. **Bergstrom S. M., Sweet W. C.** Conodonts from the Lexington Limestone (Middle Ordovician) of Kentucky and its lateral equivalents in Ohio and Indiana // Bull. Am. Paleontol. — 1966. — Vol. 50, no. 229. — P. 271–441.

13. **Branson E. B., Branson C. C.** Lower Silurian conodonts from Kentucky // J. Paleontol. — 1947. — Vol. 6. — P. 549–556.

14. **Branson E. B., Mehl M. G.** Conodonts from the Plattin (Middle Ordovician) of Missouri // The University of Missouri Studies. — 1933. — Vol. 8, no. 2. — P. 101–120.

15. **Burrett C. F.** *Tasmanognathus*: a new Ordovician conodontophorid genus from Tasmania // Geologica et Palaeontologica. — 1979. — No. 13. — P. 31–38.

16. **Cooper R. A., Sadler P. M.** The Ordovician Period // The Geologic Time Scale. — Elsevier Science Ltd., 2012. — P. 489–523.

17. **Leslie S. A., Bergstrom S. M.** Element morphology and taxonomic relationships of the Ordovician conodonts *Phragmodus primus* Branson and Mehl, 1933, the type species of *Phragmodus* [13], and *Phragmodus undatus* [13] // J. Paleontol. — 1995. — Vol. 69, no. 5. — P. 976–974.

18. **McCracken A. D., Barnes C. R.** Conodont biostratigraphy and paleoecology of the Ellis Bay Formation, Anticosti Island, Quebec, with special reference to Late Ordovician-Early Silurian chronostratigraphy and systemic boundary // Geological Survey of Canada Bulletin. — 1981. — Vol. 329. — P. 51–134.

19. **Moskalenko T. A.** Conodonts and biostratigraphy in the Ordovician of the Siberian platform // Fossils and Strata. — 1983. — No. 5. — P. 87–94.

20. **New** recognitions on Late Ordovician conodont genera *Tasmanognathus* Burrett and *Yaoxianognathus* An / Z. Yang, X. Jing, X. Wang, et al. // Acta Micropaleontologica Sinica. — 2019. — Vol. 6, no. 36(2). — P. 115–129.

21. **Nowlan G. S., McCracken A. D., Chatterton B. D. E.** Conodonts from Ordovician-Silurian boundary strata, Whittaker Formation, Mackenzie Mountains,

Northwest Territories // Geological Survey of Canada Bulletin. — 1988. — Vol. 373. — P. 1–99.

22. **Stauffer C. R.** The conodont fauna of the Decorah Shale (Ordovician) // J. Paleontol. — 1935. — Vol. 9. — P. 596–620.

23. **Ordovician** sedimentary basins and paleobiotas of the Gorny Altai / N. V. Sennikov, O. T. Obut, E. V. Lykova, et al. — Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2019. — 184 p.

24. **Voldman G. G., Toyos J. M.** Taxonomy, biostratigraphy and biofacies of an Upper Ordovician (Katian) conodont fauna from the Casaio Formation, Northwest Spain // Bulletin of Geosciences. — 2019. — Vol. 94, no. 4. — P. 455–478.

25. **Wang Z. H., Luo K. Q.** Late Cambrian and Ordovician conodonts from the marginal areas of the Ordos Platform, China // Nanjing Institute of Geology and Palaeontology: Bulletin, Academia Sinica. — 1984. — No. 8. — P. 237–304.

26. **Stratigraphic** framework and time slices / B. D. Webby, R. A. Cooper, S. M. Bergström, F. Paris // The great Ordovician biodiversification event. — New York: Columbia University Press, 2004. — P. 41–47.

27. **Zhen Y. Y., Percival I. G.** Late Ordovician conodont biozonation of Australia — current status and regional biostratigraphic correlations // Alcheringa. — 2017. — Vol. 41. — P. 1–21.

28. **Ziegler W. D., ed.** Catalogue of Conodonts. Vol. IV. — Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1981. — 445 p.

REFERENCES

1. Sennikov N.V., Obut O.T., Tolmacheva T.Yu., et al. [The Upper Ordovician of northeastern Gorny Altai: stratigraphy and deposition environments]. *Russian Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 4, pp. 72–87.

2. Sennikov N.V., Tolmacheva T.Yu., Obut O.T., et al. [Zonation of the Siberian Ordovician deposits based on pelagic groups of fauna]. *Russian Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 4, pp. 594–610.

3. Izokh N.G., Sennikov N.V., Obut O.T. [New level discovery in the zonal Ordovician conodont scale of the Altai-Sayan folded region in Gorny Altai]. *Evolutsiya zhizni na Zemle: materialy III Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Evolution of life on the Earth: Materials of the 3rd International Symposium]. Tomsk, TSU Publ., 2005, pp. 125–127. (In Russ.).

4. Krivchikov A.V., Petrunina Z.E., Severgina L.G. *Ordovikskaya sistema. Geologicheskoye stroeniye i relyef Vostochnogo Altaya: Stratigrafiya* [The Ordovician system. Geological structure and relief of East Altai: Stratigraphy]. Novosibirsk, 1976, pp. 29–44. (In Russ.).

5. Kulkov N.P., Severgina L.G. *Stratigrafiya i brachiopody ordovika i nizhnego silura Gornogo Altaya* [Stratigraphy and brachiopods of the Ordovician and Lower Silurian of Gorny Altai]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1989. 223 p. (In Russ.).

6. Moskalenko T.A. *Konodonty srednego i verkhnego ordovika Sibirskoy platformy* [Conodonts of the



Middle and Upper Ordovician of the Siberian Platform]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1973. 143 p. (In Russ.).

7. Sennikov N.V., Obut O.T., Izokh N.G., et al. [The regional stratigraphic chart for the Ordovician of the western part of the Altai-Sayan folded area (new version)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2018, no. 7s, pp. 15–53. (In Russ.).

8. Sennikov V.M. [The Ordovician of the Uimen-Lebedsky sinclorium in Gorny Altai. Data on regional geology]. *Trudy SNIIGiMS, vyp. 24*. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1962, pp. 116–133. (In Russ.).

9. Sennikov V.M., Vinkman M.K., Kononov A.N. [The Cambrian-Ordovician and Ordovician of Gorny Altai]. *Materialy po regionalnoy geologii – Materials on Regional Geology*. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1959, pp. 51–66. (In Russ.).

10. Tolmacheva T.Yu. [Biostratigraphy and biogeography of the Ordovician conodonts from the western part of Central Asian Fold Belt]. *Trudy VSEGEI. Novaya seriya* [VSEGEI Proceedings. New series]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2014, vol. 56. 264 p. (In Russ.).

11. Zhen Y.Y., Burrett C.F., Percival I.G., Lin B.Y. A Late Ordovician Conodont Fauna from the Lower Limestone Member of the Benjamin Limestone in Central Tasmania, and Revision of *Tasmanognathus careyi* Burrett, 1979. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, 2010, vol. 131, pp. 43–72.

12. Bergstrom S.M., Sweet W.C. Conodonts from the Lexington Limestone (Middle Ordovician) of Kentucky and its lateral equivalents in Ohio and Indiana. *Bull. Am. Paleontol.*, 1966, vol. 50, no. 229, pp. 271–441.

13. Branson E.B., Branson C.C. Lower Silurian conodonts from Kentucky, *J. Paleontol.*, 1947, vol. 6, pp. 549–556.

14. Branson E.B., Mehl M.G. Conodonts from the Plattin (Middle Ordovician) of Missouri. *The University of Missouri Studies*, 1933, vol. 8, no. 2, pp. 101–120.

15. Burrett C.F. *Tasmanognathus*: a new Ordovician conodontophorid genus from Tasmania. *Geologica et Palaeontologica*, 1979, no. 13, pp. 31–38.

16. Cooper R.A., Sadler P.M. The Ordovician Period. *The Geologic Time Scale*. Elsevier Science Ltd., 2012, pp. 489–523.

17. Leslie S.A., Bergstrom S.M. Element morphology and taxonomic relationships of the Ordovician conodonts *Phragmodus primus* Branson and Mehl, 1933,

the type species of *Phragmodus* [13], and *Phragmodus undatus* [13]. *J. Paleontol.*, 1995, vol. 69, no. 5, pp. 976–974.

18. McCracken A.D., Barnes C.R. Conodont biostratigraphy and paleoecology of the Ellis Bay Formation, Anticosti Island, Quebec, with special reference to Late Ordovician-Early Silurian chronostratigraphy and systemic boundary. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 1981, vol. 329, pp. 51–134.

19. Moskalenko T.A. Conodonts and biostratigraphy in the Ordovician of the Siberian platform. *Fossils and Strata*, 1983, no. 5, pp. 87–94.

20. Yang Z., Jing X., Wang X., et al. New recognitions on Late Ordovician conodont genera *Tasmanognathus* Burrett and *Yaoxianognathus* An. *Acta Micropaleontologica Sinica*, 2019, vol. 6, no. 36(2), pp. 115–129.

21. Nowlan G.S., McCracken A.D., Chatterton B.D.E. Conodonts from Ordovician-Silurian boundary strata, Whittaker Formation, Mackenzie Mountains, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 1988, vol. 373, pp. 1–99.

22. Stauffer C.R. The conodont fauna of the Decorah Shale (Ordovician). *J. Paleontol.*, 1935, vol. 9, pp. 596–620.

23. Sennikov N.V., Obut O.T., Lykova E.V., et al. Ordovician sedimentary basins and paleobiotas of the Gorny Altai. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2019. 184 p.

24. Voldman G.G., Toyos J.M. Taxonomy, biostratigraphy and biofacies of an Upper Ordovician (Katian) conodont fauna from the Casaio Formation, Northwest Spain. *Bulletin of Geosciences*, 2019, vol. 94, no. 4, pp. 455–478.

25. Wang Z.H., Luo K.Q. Late Cambrian and Ordovician conodonts from the marginal areas of the Ordos Platform, China. *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology: Bulletin, Academia Sinica*, 1984, no. 8, pp. 237–304.

26. Webby B.D., Cooper R.A., Bergström S.M., Paris F. Stratigraphic framework and time slices. *The great Ordovician biodiversification event*. New York, Columbia University Press, 2004, pp. 41–47.

27. Zhen Y.Y., Percival I.G. Late Ordovician conodont biozonation of Australia – current status and regional biostratigraphic correlations. *Alcheringa*, 2017, vol. 41, pp. 1–21.

28. Ziegler W.D., ed. Catalogue of Conodonts. Vol. IV. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1981. 445 p.

© Д. А. Печериченко, О. Т. Обут, Н. В. Сенников, 2021



УДК 565.33:551.734.5(571.17)

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОСТРАКОД ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОКРАИНЫ КУЗНЕЦКОГО БАСЕЙНА (Р. ТОМЬ, ЮГО-ВОСТОК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Б. М. Попов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

Получены новые данные по остракодам из трех ключевых разрезов верхнего девона, расположенных в северо-западной части Кузнецкого бассейна на р. Томь. В результате биостратиграфического анализа в интервале средний фран – нижний фамен выделены биостратоны в ранге слоев с фауной (*Bairdia vassinoensis*, *Hollinella valentinae* и *Acratia (Cooperina) granuliformis*). Слои с остракодами имеют разный корреляционный потенциал; слои с *Bairdia vassinoensis* и слои с *Hollinella valentinae* прослеживаются еще в двух структурно-фациальных подрайонах окраины Кузнецкого бассейна. В составе комплексов остракод установлены формы, имеющие широкое географическое распространение и в перспективе являющиеся маркерами для межрегиональных корреляций.

Ключевые слова: остракоды, биостратиграфия, девонская система, франский ярус, фаменский ярус, р. Томь, Кузнецкий бассейн, Западная Сибирь.

BIOSTRATIGRAPHIC SIGNIFICANCE OF OSTRACODS FROM THE UPPER DEVONIAN OF THE NORTHWESTERN KUZNETSK BASIN (TOM RIVER, SOUTH EAST OF WEST SIBERIA)

B. M. Popov

¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia

New data on ostracods from three Upper Devonian key sections located in the northwestern part of the Kuznetsk Basin along the Tom River have been obtained. Biostratigraphic analysis allowed define biostratons identified in the rank of Beds with ostracods (*Bairdia vassinoensis*, *Hollinella valentinae* and *Acratia (cooperina) granuliformis*). Beds with ostracods are of different correlation potential. Thus, Beds with *Bairdia vassinoensis* and Beds with *Hollinella valentinae* can be traced in two structural-facies subzones of the Kuznetsk Basin margin. Forms with a wide geographical distribution have been established in the ostracod complexes. They could be regarded as markers for interregional correlations.

Keywords: ostracods, biostratigraphy, Devonian System, Frasnian Stage, Famennian Stage, Tom River, Kuznetsk Basin, West Siberia.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-12-23

Остракоды являются одной из важнейших групп ископаемых микроорганизмов, с помощью которой проводят детальное зональное расчленение девона окраин Кузнецкого бассейна [17, 18]. Однако до последнего времени самостоятельных биостратонов девона в этом регионе не выделялось [18].

Ранее автором были изучены верхнедевонские остракоды из трех структурно-фациальных подрайонов окраин Кузнецкого бассейна, где были выделены слои с фауной в интервале верхний живет – верхний фран [17]. В разрезе северо-западной части (Б-081 «Соломинский карьер») в верхнем фране установлен таксономически разнообразный комплекс остракод и выделены слои с *Hollinella valentinae* [17].

Для совершенствования биостратиграфической основы расчленения верхнего девона по остракодам были проведены исследования стратиграфически наиболее полных естественных выходов, вскрытых по р. Томь в северо-западной части Кузнецкого бассейна. Указанный район согласно структурно-фациальному районированию девона западной части Алтае-Саянской складчатой области [18] относится к Зарубинскому структурно-фациальному подрайо-

ну (ЗСФПР) Кузнецко-Алтайского района, в котором расположены естественные выходы франского и фаменского ярусов в трех опорных разрезах на р. Томь (рис. 1).

Исследуемые разрезы рассматривались как типовые для создания первой стратиграфической схемы этого района [25] и ее последующих версий [2, 10, 13, 18, 20, 22, 24, 26–28].

В 1981 г. Н. К. Бахарев при участии Р. Т. Грациановой, В. А. Желтоноговой и В. М. Задорожного [4, 9] описал два разреза верхнего девона по правому берегу р. Томь между пос. Известковый завод и с. Колмогорово и один разрез по левому берегу. Первый (Б-8151) отвечает большей части франа и нижнему фамену, второй (Б-8152) – только франу и часто именуется в литературе Глубокинским рифом; третий (Б-8153) – тоже франу.

В 1989 г. группой специалистов (Н. К. Бахарев, Е. А. Елкин, Н. Г. Изох и А. Ю. Язиков) разрез Б-8151 был доизучен с детализацией расчленения некоторых его интервалов. Повторное описание разрезов выполнено Е. А. Елкиным под номерами Е-894, Е-895, Е-896 [10, 26, 28]. В последующие годы Н. К. Бахаревым, Е. А. Елкиным, Н. Г. Изох, А. Ю. Язи-



Рис. 1. Географическое положение разрезов Б-8151, Б-8152, Б-8153

ковым, И. Г. Тимохиной, О. А. Родиной (ИНГГ СО РАН), А. О. Ивановым (СПбГУ), Я. М. Гутаком (СибГИУ) проводился дополнительный отбор образцов на разные группы фауны (брахиоподы, остракоды, фораминиферы, конодонты, рыбы) [1, 5, 10, 23, 26, 28].

В качестве стратиграфической основы автором использовались результаты предыдущих исследований специалистов ИНГГ СО РАН [13, 26–28].

Материал и методика исследования

Основным материалом исследований послужила обширная коллекция остракод (около 3000 экземпляров раковин и створок) из трех разрезов на р. Томь северо-западной окраины Кузнецкого бассейна. Образцы для исследований (163 образца) были отобраны в ходе многолетних изучений данных разрезов Н. К. Бахаревым и коллективом сотрудников ИНГГ СО РАН, основная часть – в ходе полевых работ 1981–2012 гг. Предварительные определения остракод из разрезов Б-8151 и Б-8153 были опубликованы Н. К. Бахаревым [10, 28].

Автором была проведена ревизия коллекции, обработано 25 новых образцов и впервые определены остракоды из разреза Б-8152. Выделение раковин и створок из образцов проводилось двумя классическими способами химической обработки: 1) методом разрушения образцов в гипосульфите натрия; 2) растворением в слабом растворе уксусной кислоты [17]. Полученная коллекция хранится в лаборатории микропалеонтологии и ЦКП «Коллекции ГЕОХРОН» ИНГГ им. А. А. Трофимука СО РАН под № СЗОКБ-81.

При биостратиграфическом анализе применялась стандартная методика выделения биостратонов [21]. В настоящий момент выделяются слои с фауной, в связи с тем что границы между слоями несмыкаемые (пример – слои с *Bairdia vassinoensis*,

с *Hollinella valentinae*, с *Acratia (Cooperina) granuliformis*).

Особенности вертикального и латерального распространения остракод в разрезах на р. Томь

Разрез Б-8151

На правом берегу по течению р. Томь вблизи пос. Известковый завод расположен терригенно-карбонатный разрез Б-8151 (см. рис. 1, 2). Его уникальность заключается в том, что здесь по фаунистическим находкам зафиксирована граница франского и фаменского яруса [10, 28]. Разрез представлен непрерывной последовательностью отложений глубокинской (средний фран), соломинской (верхний фран) свит и косоутесовскими и митихинскими (нижний фамен) слоями [10, 28]. В глубокинской свите определены виды *Amphissites* sp. и *Bairdiocypris accuratus* Pol.; последний встречен выше по разрезу и в соломинской свите. Он имеет локальное распространение в пределах Кузнецкого бассейна и описывался Е. Н. Поленовой из лебедянских слоев (верхний живет) среднего девона [14], а также встречен нами в изылинской, вассинской и яя-петропавловской свитах [17].

Соломинская часть разреза представлена более богатым комплексом остракод, имеющим достаточно широкое вертикальное и латеральное распространение (см. рис. 2). В нижней части определен характерный для Кузнецкого бассейна таксон *Sulcocavellina altschedatensis* Pol., который впервые был описан Е. Н. Поленовой из лебедянских слоев (верхний живет) среднего девона, а также встречен в сафоновских (верхний эйфель – средний живет) и керлегешских (средний живет) слоях [14].

Помимо эндемичных таксонов, встречены также и виды, широко представленные в других реги-

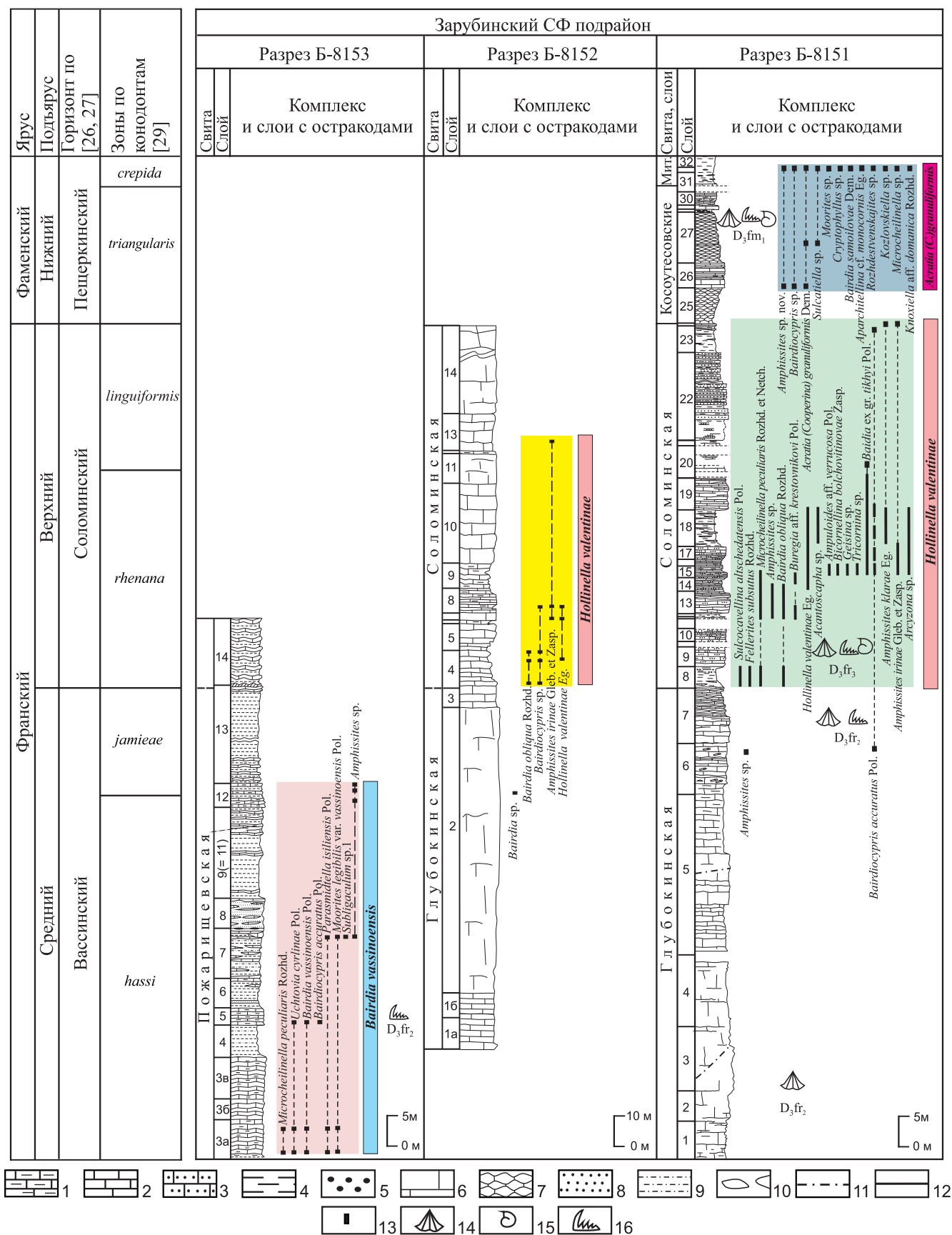


Рис. 2. Схема сопоставления разрезов верхнего девона северо-западной окраины Кузнецкого бассейна с выделенными слоями с фауной (литологические колонки по [26, 28] с дополнениями по остракодам)

1 – известняки глинистые; 2 – известняки; 3 – песчаники известковистые; 4 – аргиллиты; 5 – гравелиты; 6 – известняки массивные; 7 – известняки комковатые; 8 – песчаники; 9 – алевролиты; 10 – линзы; 11 – разрывное нарушение; 12 – граница между подразделениями; 13 – местонахождение вида; 14 – брахиоподы; 15 – фораминиферы; 16 – конодонты

онах. Так, например, вид *Fellerites subsutus* Rozhd. был описан из кыновского горизонта (нижний фран) Башкирии, западный склон Южного Урала [19]; вид *Bairdia obliqua* Rozhd. ранее встречен в евлановско-ливенский горизонте (верхний фран) Башкирии [19]; *Microcheilinella peculiaris* Rozhd. et Netch. впервые найден в саргаевском горизонте (нижний фран) Урала и Восточно-Европейской платформы [19], а также определен во всех трех подъярусах франа Кузнецкого бассейна [17]. В составе комплекса соломинской свиты определен *Buregia* aff. *krestovnikovi* Pol., типовой вид которого впервые описан из воронежских слоев (верхний фран) Восточно-Европейской платформы (ВЕП) [16].

Hollinella valentinae Eg. и *Amphissites klarae* Eg., *Amphissites irinae* Gleb. et Zasp. изначально выделены в северо-восточных районах ВЕП в сирачойском горизонте (верхний фран) [8, 16]. Эти таксоны характерны для соломинского горизонта окраины Кузнецкого бассейна. Встречены таксоны *Ampuloides* aff. *verrucosa* Pol., *Arcyzona* sp. и *Tricornina* sp., которые ранее были найдены в Соломинском карьере (разрез Б-081) [17].

Обнаружен *Bicornellina bolchovitinae* Zasp., который изначально описан на ВЕП в воронежских и евлановских слоях (верхний фран) [15]. Его находки также известны в ветласянском и сирачойском горизонтах (верхний фран) Южного Тимана [3]. Определен *Bairdia* ex gr. *tikhyi* Pol., впервые описанный из старооскольского надгоризонта (верхняя часть живетского яруса) центральной части Русской платформы [15]: он широко представлен на Тимано-Печорской платформе в кедровском, омринском и колвинском горизонтах (верхний эйфель) [12].

Выявленный в разрезе Б-8151 комплекс остракод соломинской свиты имеет общие таксоны (*Hollinella valentinae* Eg., *Amphissites irinae* Gleb. et Zasp., *Amphissites klarae* Eg., *Bairdiocypris* sp., *Arcyzona* sp., *Ampuloides* aff. *verrucosa* Pol., *Tricornina* sp.) со слоями с *Hollinella valentinae*, выделенными ранее в кельбесской (разрез Е-9014 на р. Яя) и соломинской (разрез Б-081) свитах окраины Кузнецкого бассейна [17].

Выше по разрезу происходит полная смена комплекса остракод в косоутесовских и митихинских слоях пещеринского горизонта (см. рис. 2). Косоутесовские слои охарактеризованы четырьмя таксонами, а митихинские – более богатым комплексом в составе 13 таксонов. Таксоны *Acratia* (*Cooperina*) *granuliformis* Dem., *Amphissites* sp. nov., *Sulcatiella* sp., *Bairdiocypris* sp. встречены в косоутесовских и митихинских слоях.

В митихинском комплексе определен *Knoxiella* aff. *domanica* Rozhd., типовой вид которого описан из доманиковского (средний фран) и мендымского (верхний фран) горизонтов Башкирии [19]. Аналогичные таксоны были встречены в бассейне р. Яя в кельбесской свите (верхний фран) [17]. Кузнецкие экземпляры отличаются от

голотипа невыраженным бугорком и отсутствием ячеистой структуры раковины. Определен вид *Aparchitellina* cf. *monocornis* L. Eg., отличающийся от голотипа, описанного из морсовского горизонта (эйфель, средний девон) Чувашии [8], плоским брюшным краем и неярко выраженным шипом на спинном крае.

Помимо этого, в митихинских слоях определены два характерных для ВЕП таксона – *Acratia* (*Cooperina*) *granuliformis* Dem. и *Bairdia samoilovae* Dem. Они известны в задонском горизонте (нижний фамен) в Гомельской области Белоруссии [6]. Первый вид также встречен на Тимано-Печорской платформе в пожненской свите (нижний фамен), сопоставляемой с задонским горизонтом [11]. Также в разрезе определены *Moorites* sp. и *Cryptophyllus* sp., которые ранее были найдены в фаменском интервале разреза на р. Яя [17].

Разрез Б-8152

На правом берегу р. Томь, выше дер. Колмогорово и ниже устья руч. Нижняя Пещерка, расположен разрез Б-8152 (Глубокинский риф), представленный массивными известняками глубокинской свиты (средний фран) и терригенно-карбонатной соломинской свитой (верхний фран) [10, 28] (см. рис. 1, 2). В глубокинской свите обнаружены представители только вида *Bairdia* sp., тогда как в соломинской – достаточно представительный комплекс остракод.

В соломинской части разреза определены виды, которые прослеживаются в аналогичных верхнефранских слоях в разрезе Б-8151: *Bairdia obliqua* Rozhd., *Hollinella valentinae* Egorov и *Amphissites irinae* Gleb. et Zasp. Кроме того, в разрезе найден *Bairdiocypris* sp., который ранее встречен в соломинской свите в разрезе Б-081 (Соломинский карьер) [18].

Разрез Б-8153

На левом берегу р. Томь, напротив с. Колмогорово, расположена синхронная глубокинской свите (разрезы Б-8151, Б-8152) толща с другим литологическим составом, относимая к пожарищевской свите (см. рис. 1, 2) [26, 28]. Слои 1–2 терригенно-карбонатного разреза Б-8153 слагаются стрельнинской свитой (на рисунке не отображены), а остальная часть разреза – пожарищевской свитой (см. рис. 2), в которой определен комплекс остракод, состоящий из восьми видов, встреченных ранее как внутри региона, так и за его пределами. Так, например, вид *Paraschmidtella isiliensis* Pol. впервые был описан на западной окраине Кузнецкого бассейна в яя-петропавловской (нижний фран), а также на р. Изылы в шубкинской свитах (верхний фран) [14]. Виды *Uchtovia cyrlinae* Pol. и *Moorites legibilis* var. *vassinoensis* Pol. ранее определялись из яя-петропавловской (нижний фран), вассинской (средний фран) и шубкинской (верхний фран) свит [14,



Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Горизонт [26, 27]	Западная часть Алтае-Саянской области		Северо-западная часть Кузнецкого бассейна
					Слои с остракодами [17]		Слои с остракодами (предлагаемая схема)
ДЕВОНСКАЯ	Верхний	Фаменский	Нижний	Пещеркинский			
							<i>Acratia (Cooperina) granuliformis</i>
		Франский	Верхний	Соломинский	<i>Hollinella valentinae</i>	<i>Pribylites domanicus</i>	<i>Hollinella valentinae</i>
					<i>Bairdia vassinoensis</i>		<i>Bairdia vassinoensis</i>
		Нижний	Вассинский		<i>Bairdia kynovensis</i>		?

Рис. 3. Биостратиграфическая схема верхнего девона окраин Кузнецкого бассейна по остракодам

17, 28]; вид *Bairdia vassinoensis* Pol. – в шубкинских слоях [14] и в вассинской свите в районе р. Изылы выше дер. Вассино [17]. Виды *Bairdiocypris accuratus* Pol. и *Amphissites* sp. встречаются в глубокинской свите в разрезе Б-8151, *Microcheilinella peculiaris* Rozhd. et Netch. – в саргаевском горизонте (нижний фран) Урала и Восточно-Европейской платформы [22], а также во всех подъярусах франского яруса окраин Кузнецкого бассейна [17].

Комплекс остракод из пожарищевской свиты (средний фран), представлен видами (*Microcheilinella peculiaris* Rozhd., *Uchtovia cyrlinae* Pol., *Amphissites* sp.), характерными для слоев с *Bairdia vassinoensis*. Они установлены в вассинской свите (средний фран) западной части окраины Кузнецкого бассейна и в верхней части яя-петропавловской свиты (средний фран) северо-восточной окраины Кузнецкого бассейна [17].

Слои с остракодами

В результате проведенного биостратиграфического анализа остракод в изученных разрезах (Б-8151, Б-8152, Б-8153) установлена последовательная смена комплексов, которая позволила определить их стратиграфическую приуроченность (от среднего франа до нижнего фамена) и на данном этапе выделить биостратоны в ранге слоев с остракодами (см. рис. 2, 3).

Слои с *Bairdia vassinoensis*

Вид-индекс: *Bairdia vassinoensis* Polenova, 1960.

Характерные остракоды: *Bairdia vassinoensis* Pol., *Uchtovia cyrlinae* Pol., *Microcheilinella peculiaris* Rozhd., *Amphissites* sp., *Moorites legibillis* Pol., *Bairdiocypris accuratus* Pol.

Границы: нижняя проводится по появлению вида-индекса и характерного комплекса остракод, положение верхней не изучено (см. рис. 2, 3).

Типовой разрез: Изылинский СФПР, разрез Б-064 (слой 9, мощность 4,6 м), Б-065 (слои 1–4, мощность 15,1 м), Б-066 (слои 1, 2, мощность 7,5 м), вассинская свита, левый и правый берега р. Изылы, район дер. Вассино [17].

Географическое распространение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, левый берег р. Томь; западная окраина, левый и правый берег р. Изылы, район дер. Вассино; северо-восточная окраина, левый берег р. Яя.

Стратиграфическое положение: слои с *Bairdia vassinoensis* прослежены в интервале средней части франского яруса [17] (см. рис. 2, 3). Нижняя часть слоев с остракодами отвечает конодонтовой зоне *hassi* [28]. Брахиоподы из разреза Б-8153, Я-9013 определены как среднефранские [26, 28, 30, 31].

Замечание: слои прослежены на территории Зарубинского СФПР, разрез Б-8153 (слои 3–12, мощность 63 м), пожарищевская свита, левый берег р. Томь напротив с. Колмогорова.

Слои с *Hollinella valentinae*

Вид-индекс: *Hollinella valentinae* Egorov, 1953.

Характерные остракоды: *Hollinella valentinae* Eg., *Amphissites klarae* Eg., *Amphissites irinae* Gleb. et Zasp., *Bairdiocypris* sp., *Ampuloides* aff. *verrucosa* Pol., *Arcyzona* sp., *Tricornina* sp.

Границы: нижняя проводится по появлению характерных видов комплекса остракод, верхняя – по обновлению комплекса (см. рис. 2, 3).

Типовой разрез: Зарубинский СФПР, разрез Б-081 (слои 4, 5, мощность 9 м), соломинская свита, Соломинский карьер [17].

Географическое распространение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, правый берег р. Томь; Соломинский карьер (Соломинское месторождение известняков и глин) вблизи г. Топки; северо-восточная окраина, левый берег р. Яя.

Стратиграфическое положение: слои с *Hollinella valentinae* соответствуют верхней части франского яруса (см. рис. 2, 3). Слои с остракодами встречены с комплексом конодонтов [28], который характеризует верхнюю часть франского яруса (разрезы Б-8151, Б-081, Е-9014) и с комплексом позднефранских брахиопод (разрезы Б-8151, Е-9014) [26, 28, 30, 31].

Замечания: слои с *Hollinella valentinae* прослеживаются в разрезе Б-8151 (слои 8–25, мощность 84 м) и Б-8152 (слои 4–13, мощность 102 м), соломинская свита, правый берег р. Томь. Слои с *Hollinella valentinae* установлены в Соломинском карьере и по стратиграфическому положению соответствуют слоям с *Pribylites domanicus*, выделенным на западной окраине Кузнецкого бассейна на р. Изылы. Но из-за различия палеообстановок верхнефранские комплексы остракод западной (вблизи глубоководной части бассейна), северо-восточной и северо-западной (вблизи палеоберега) окраин значительно различаются между собой. В региональной стратиграфической схеме выделены параллельные слои с остракодами (слои с *Hollinella valentinae* и слои с *Pribylites domanicus*), соответствующие верхнефранскому интервалу (см. рис. 2) [17].

Слои с *Acratia (Cooperina) granuliformis*

Вид-индекс: *Acratia (Cooperina) granuliformis* Demidenko, 1976.

Характерные остракоды: *Acratia (Cooperina) granuliformis* Dem., *Bairdia samoilovae* Dem., *Cryptophyllus* sp., *Moorites* sp., *Amphissites* sp. nov.

Границы: нижняя проводится по появлению вида-индекса и характерного комплекса остракод, положение верхней не изучено (см. рис. 2, 3).

Типовой разрез: Зарубинский СФПР, разрез Б-8151 (слой 26–32, мощность 24,15 м), пещеркинский горизонт (нижняя часть), правый берег р. Томь вблизи пос. Известковый завод.

Географическое распространение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, правый берег р. Томь.

Стратиграфическое положение: слои с *Acratia (Cooperina) granuliformis* соответствуют нижней части фаменского яруса (см. рис. 2, 3). Комплексы конодонтов, брахиопод, фораминифер характеризуют нижнюю часть фаменского яруса [26, 28].

Замечания: на границе франского и фаменского ярусов идет резкая смена комплексов, из нижележащих верхнефранских слоев не проходит ни один вид и происходит полная смена комплекса остракод. Единичные находки *Cryptophyllus* sp. и *Moorites* sp. встречены также в разрезе Е-9014 на р. Яя [18].

Систематика

Приведена краткая палеонтологическая информация по трем видам, ранее описанным из разрезов Восточно-Европейской платформы. Данные таксоны имеют важное значение для выделения биостратиграфических подразделений.

Подкласс Ostracoda Latreille, 1806

Отряд Podocopida Sars, 1866

Семейство Bairdiidae Sars, 1888

Род *Bairdia* McCoy, 1844

Bairdia samoilovae Demidenko, 1976

Таблица, фиг. 23–24

Bairdia samoilovae: Демиденко, 1976, с. 59, табл. IV, фиг. 3 [6]

Голотип: БелНИГРИ, № 10/69; Белоруссия, Гомельская обл., Шатилковская площадь, скв. 2-р, гл. 3371–377 м; фаменский ярус, елецкий горизонт.

Материал: 8 целых раковин хорошей и удовлетворительной сохранности.

Замечания: раковины форм из Кузнецкого бассейна имеют более выгнутый спинной край, большее расширение между спинным и замочным краем. Остальные морфологические признаки соответствуют первоописанию вида.

Распространение: фаменский ярус, задонский и елецкий горизонты, Белоруссия, Восточно-Европейская платформа; фаменский ярус, пещеркинский горизонт, западная часть Алтае-Саянской складчатой области.

Местонахождение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, правый берег р. Томь, разрез Б-8151, слой 32, митихинские слои.

Семейство Acratiidae Grundel, 1962

Род *Acratia* Delo, 1930

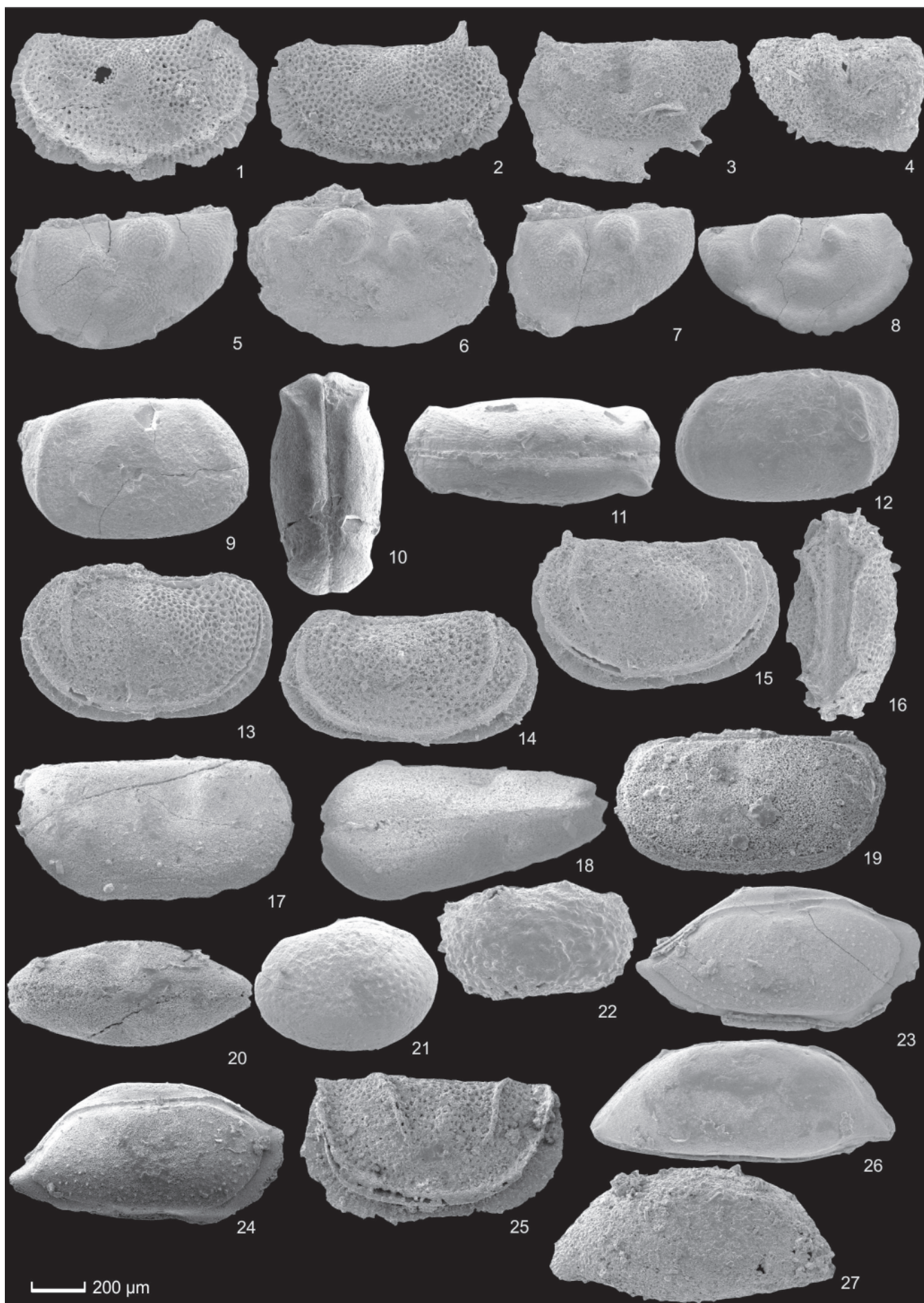
Подрод *Acratia (Cooperina)* Grundel, 1962

Acratia (Cooperina) granuliformis Demidenko, 1976

Таблица, фиг. 26–27

Acratia (Cooperina) granuliformis: Демиденко, 1976, с. 61, табл. IV, фиг. 4 [6]

Голотип: БелНИГРИ, № 10/71; Белоруссия, Гомельская обл., Тишковская площадь, скв. 10,



Все фотографии остракод получены на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA3 в Аналитическом центре ИГМ СО РАН. Номер коллекции СЗОКБ-81. Все экземпляры остракод из разреза Б-8151 (правый берег р. Томь), кроме фиг. 9–12 и 21, которые найдены в разрезе Б-8153 (левый берег р. Томь)

Фиг. 1, 2. *Amphissites klarae* Egorov, 1953: 1 – экз. № 568 (обр. Б-8151-18), вид со стороны правой створки; соломинская свита, франкий ярус, верхний девон; 2 – экз. № 569 (обр. Б-8151-18), вид со стороны правой створки; там же

Фиг. 3–8. *Hollinella valentinae* Egorov, 1953: 3 – экз. № 534 (обр. Б-8151-18), (♀), вид со стороны левой створки; соломинская свита, франкий ярус; 4 – экз. № 573 (обр. Б-8151-18); (♂), вид со стороны правой створки; там же; 5 – экз. № 530 (обр. Б-8151-15), (♂), вид со стороны левой створки; там же; 6 – экз. № 529 (обр. Б-8151-17), (♀), вид со стороны правой створки; там же; 7 – экз. № 531 (обр. Б-8151-18), (♂), вид со стороны левой створки; там же; 8 – экз. № 532 (обр. Б-8151-18), (♀), вид со стороны правой створки; там же

Фиг. 9–12. *Moorites legibilis* var. *vassinoensis* Polenova, 1960: 9 – экз. № 606 (обр. Б-8153-7/2), вид со стороны правой створки; пожарищевская свита, франкий ярус, верхний девон; 10 – экз. № 607 (обр. Б-8153-7/2), вид со стороны спинного края; там же; 11 – экз. № 608 (обр. Б-8153-7/2), вид со стороны брюшного края; там же; 12 – экз. № 609 (обр. Б-8153-7/2), вид со стороны левой створки; там же

Фиг. 13–16. *Amphissites irinae* Glebovskaja Zaspelova, 1960: 13 – экз. № 551 (обр. Б-8151-15), вид со стороны левой створки; соломинская свита, франкий ярус, верхний девон; 14 – экз. № 554 (обр. Б-8151-15), вид со стороны правой створки; там же; 15 – экз. № 553 (обр. Б-8151-15), вид со стороны левой створки; там же; 16 – экз. № 552 (обр. Б-8151-15), вид со стороны спинного края

Фиг. 17–20. *Knoxiella* aff. *domanica* Rozhdestvenskaja, 1972: 17 – экз. № 579 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; митихинские слои, фаменский ярус, верхний девон; 18 – экз. № 580 (обр. Б-8151-32), вид со стороны брюшного края; там же; 19 – экз. № 581 (обр. Б-8151-32), вид со стороны левой створки; там же; 20 – экз. № 583 (обр. Б-8151-32), вид со стороны спинного края; там же

Фиг. 21. *Parasmidella isiliensis* Polenova, 1960: 21 – экз. № 605 (обр. Б-8153-3а), вид со стороны правой створки; пожарищевская свита, франкий ярус, верхний девон

Фиг. 22. *Ampuloides* aff. *verrucosa* Polenova, 1952: 22 – экз. № 548 (обр. Б-8151-20), вид со стороны правой створки; соломинская свита, франкий ярус, верхний девон

Фиг. 23, 24. *Bairdia samoilovae* Demidenko, 1976: 23 – экз. № 590-593 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; митихинские слои, фаменский ярус, верхний девон; 24 – экз. № 590-590 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; соломинская свита, франкий ярус, верхний девон

Фиг. 25. *Amphissites* sp. nov.: 25 – экз. № 576 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; митихинские слои, фаменский ярус

Фиг. 26, 27. *Acratia* (*Cooperina*) *granuliformis* Demidenko, 1976: 26 – экз. № 586 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; митихинские слои, фаменский ярус; 27 – экз. № 587 (обр. Б-8151-32), вид со стороны правой створки; там же

гл. 2816–2822 м; фаменский ярус, задонский горизонт.

Материал: 7 створок хорошей и удовлетворительной сохранности.

Замечания: для форм, найденных в Кузнецком бассейне, характерна большая степень удлиненности раковины (д/в = 2,1), чем у голотипа (д/в = 1,7).

Распространение: фаменский ярус, задонский горизонт, Белоруссия, Восточно-Европейская платформа; фаменский ярус, пожненская свита, Тимано-Печорская платформа; фаменский ярус, пещеринский горизонт, западная часть Алтае-Саянской складчатой области.

Местонахождение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, правый берег р. Томь, разрез Б-8151, слои 26, 27, 32, косоутесовские и митихинские слои.

Отряд Hollinocopida Henningsmoen, 1965

Семейство Hollinidae Swartz, 1936

Род *Hollinella* Coryell, 1928

Hollinella valentinae Egorov, 1953

Таблица, фиг. 5–8

Hollinella valentinae: Егоров, 1953, с. 56, табл. III, фиг. 1а–b, 2–4, 5а–b, 6а–d [7]

Голотип: ИГН, № 3500/102; северо-восточные районы европейской части СССР; франкий ярус, сирачойские слои.

Материал: 23 раковины хорошей и удовлетворительной сохранности.

Замечания: экземпляры из Кузнецкого бассейна имеют более крупный шарообразный бугор на спинной стороне в задней трети части створки чем у голотипа.

Распространение: франкий ярус, сирачойские горизонт, Восточно-Европейская платформа; франкий ярус, соломинский горизонт, западная часть Алтае-Саянской складчатой области.

Местонахождение: Кузнецкий бассейн, северо-западная окраина, правый берег р. Томь, разрез Б-8151, слои 14–18; разрез Б-8152, слои 4–6; разрез Б-081, слой 5, соломинская свита; северо-восточная окраина, левый берег р. Яя, разрез Е-9014, слои 10–13, кельбесская свита.

Обсуждение полученных результатов и выводы

Расширена палеонтологическая характеристика остракод вассинского, соломинского и пещеринского горизонтов для опорных разрезов среднего и верхнего франа и нижнего фамена северо-западной части Кузбасса (см. рис. 3). В результате

биостратиграфического анализа остракод северо-западной окраины Кузнецкого бассейна в интервале средний фран – нижний фамен выделены три биостратона в ранге слоев с остракодами, один из которых для нижнего фамена установлен впервые (см. рис. 2, 3).

Среднефранские слои с *Bairdia vassinoensis* прослежены в разрезе Б-8153 на р. Томь в том же стратиграфическом объеме, что и ранее выделенные слои в западной (бассейн р. Изылы) и северо-восточной (бассейн р. Яя) частях окраин Кузнецкого бассейна [17].

Верхнефранские слои с *Hollinella valentinae* прослежены в разрезах Б-8152 и Б-8151 на р. Томь; ранее они были выделены в Соломинском карьере, а также в разрезе на р. Яя [17]. Из-за различия разнофациальных обстановок верхнефранские комплексы остракод западной (вблизи глубоководной части бассейна), северо-восточной и северо-западной (вблизи палеоберега) окраины различаются между собой [26, 27]. На основе биостратиграфического анализа комплексов остракод и данных по другим группам фауны [20, 22, 28] выявлена их одновозрастность. Исходя из этого следует, что слои с *Pribylites domanicus* и слои с *Hollinella valentinae* соответствуют одному стратиграфическому интервалу (см. рис. 3).

Нижнефаменские слои с *Acratia (Cooperina) granuliformis* выделены впервые на окраине Кузнецкого бассейна в нижней части пещеркинского горизонта. Для данного комплекса характерны два вида – *Acratia (Cooperina) granuliformis* Dem. и *Bairdia samoilovae* Dem., которые имеют узкое вертикальное распространение и известны на Восточно-Европейской платформе в задонском горизонте (нижний фамен) Белоруссии [6]. Первый вид также встречен в пожненской свите Тимано-Печорской платформы (нижний фамен). В настоящее время данные слои можно проследить только в северо-западной части Кузнецкого бассейна. В его западной части фаменские отложения отсутствуют, а в северо-восточной – в разрезе на р. Яя найдены лишь единичные находки остракод *Moorites* sp. и *Cryptophyllus* sp. [17].

Полученные новые данные существенно дополнили ранее разработанную биостратиграфическую схему по остракодам для верхнего девона окраин Кузнецкого бассейна [17]. Слои с *Bairdia vassinoensis* и с *Hollinella valentinae* хорошо коррелируются внутри региона в разных структурно-фациальных подрайонах.

Разработанная схема по остракодам является хорошей основой для проведения корректных разномасштабных корреляций с привлечением данных по другим группам (конодонты, брахиоподы, фораминиферы и др.).

Автор выражает благодарность за предоставленный материал, ценные советы и помощь в написании рукописи заведующему лабораторией микро-

палеонтологии ИНГГ СО РАН, д. г.-м. н. Б. Л. Никитенко и старшему научному сотруднику лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН, к. г.-м. н. Н. Г. Изох. Также автор очень признателен к. г.-м. н. Н. И. Савиной за критический просмотр рукописи и внесение ряда ценных поправок и замечаний.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ № 331-2019-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бахарев Н. К. Остракоды девона Салаира и Кузбасса // Новости палеонтологии и стратиграфии. Прил. к журн. «Геология и геофизика». – 2008. – № 10. – С. 76–77; № 11. – С. 85–87.
2. Бельская Т. Н. Позднедевонское море Кузнецкой котловины, история его развития, население и осадки. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 184 с.
3. Верхнедевонские разнофациальные отложения Южного Тимана: Путеводитель полевой экскурсии Всероссийского литологического совещания «Геология рифов» (10–14 июня 2015 г.) / сост. Е. С. Пономаренко, Т. В. Антоновская. – Сыктывкар: Геопринт, 2015. – 35 с.
4. Грацианова Р. Т. Сообщества брахиопод верхнего девона в разрезе по р. Томь у Косого утеса и их аналоги в Горном Алтае // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Палеобиогеография и палеоэкология. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 15–39.
5. Гутак Я. М. Региональная стратиграфическая схема девонских отложений западной части Алтае-Саянской области (современное состояние и пути совершенствования) // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства (Москва, 23–25 мая 2013 г.). – М.: ГИН РАН, 2013. – С. 152–154.
6. Демиденко Э. К. Некоторые новые позднедевонские остракоды Припятской впадины // Новые виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1976. – С. 46–63.
7. Егоров В. Г. Остракоды франского яруса Русской платформы. – Л.; М.: Гостехиздат, 1953. – 136 с.
8. Егорова Л. Н. Новые бейрихиподы из среднедевонских отложений центральных и восточных районов Русской платформы // Нефтепромысловая геология. – М.: Недра, 1967. – С. 217–253.
9. Задорожный В. М. Фораминиферы и биостратиграфия девона Западно-Сибирской плиты и ее складчатого окаймления. – Новосибирск: Наука, 1987. – 121 с.
10. Ключевые разрезы Рудного Алтая, Салаира и Кузбасса / Н. К. Бахарев, Н. В. Сенников, Е. А. Елкин и др.; отв. ред. Е. А. Елкин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 104 с.
11. Москаленко М. Н., Москаленко К. А., Юдина Ю. А. Уточнение биостратиграфического расчленения и корреляции нижнефаменских отложений Ижма-Печорской синеклизы // Геология и мине-

ральные ресурсы европейского Северо-Востока России: новые результаты и новые перспективы: матер. XIII Геол. съезда РК. Т. II. – Сыктывкар: Геопринт, 1999. – С. 224–228.

12. **Москаленко М. Н.** Среднедевонские остракоды Тимано-Печорской провинции. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 230 с.

13. **Периодичность** осадконакопления в силуре и соотношения глобальных геологических событий в среднем палеозое на юго-западной окраине Сибирского континента / Е. А. Елкин, Н. В. Сенников, Н. К. Бахарев и др. // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38, № 3. – С. 596–607.

14. **Поленова Е. Н.** Девонские остракоды Кузнецкого бассейна и Минусинской котловины. – Л.: Гостоптехиздат, 1960. – 168 с.

15. **Поленова Е. Н.** Остракоды верхней части живецкого яруса Русской платформы // Микрофауна СССР. Сб. V. Фораминиферы и остракоды ордовика и девона Русской платформы. – М.: Гостоптехиздат, 1952. – С. 65–156.

16. **Поленова Е. Н.** Остракоды девонских отложений Центрального девонского поля и Среднего Поволжья. – Л.: Гостоптехиздат, 1953. – 145 с.

17. **Попов Б. М.** Биостратиграфические данные по остракодам из опорных разрезов среднего и верхнего девона окраин Кузнецкого бассейна (юго-восток Западной Сибири) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – № 2 (38). – С. 3–15.

18. **Решение** Всесоюзного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1982. – 129 с.

19. **Рождественская А. А.** Остракоды верхнего девона Башкирии. – М.: Наука, 1972. – 195 с.

20. **Ржонсницкая М. А.** Биостратиграфия девона окраин Кузнецкого бассейна. Т. 1. – Л.: Недра, 1968. – 286 с.

21. **Стратиграфический** кодекс России. Изд. третье / отв. ред. А. И. Жамойда. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. – 96 с.

22. **Стратиграфия СССР.** Девонская система / под ред. М. А. Ржонсницкой, Д. В. Наливкина. – М.: Недра, 1973. – 376 с.

23. **Тимохина И. Г., Родина О. А.** Новые данные по стратиграфии верхнедевонских отложений северо-западной части Кузнецкого бассейна по фораминиферам и хрящевым рыбам // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2015. – Т. 23, № 5. – С. 50–71

24. **Типовые** разрезы пограничных отложений среднего и верхнего девона, франского и фаменского ярусов окраин Кузнецкого бассейна (Матер. V выездной сессии комиссии МСК по девонской системе 1991 г.). – Новосибирск, 1992. – 136 с.

25. **Тыжнов А. В.** К изучению девонских известняков северо-западной окраины Кузнецкого бассей-

на // Вестн. Зап.-Сиб. геол. упр. – 1931. – Вып. 3. – С. 43–46.

26. **Devonian** sea-level fluctuations on the southwestern margin of the Siberian continent / E. A. Yolkin, R. T. Gratsianova, N. K. Bakharev, et al. // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. – 1997. – No. 199. – P. 83–98.

27. **Devonian** standard boundaries within the shelf belt of the Siberian Old Continent (southern part of Western Siberia, Mongolia, Russian Far East) and in the South Tien Shan / E. A. Yolkin, R. T. Gratsianova, N. G. Izokh, et al. // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. – 2000. – No. 225. – P. 303–318.

28. **Middle-Upper** Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of the Kuznetsk basin / N. K. Bakharev, N. G. Izokh, O. T. Obut, J. A. Talent // Field Excursion Guidebook. Intern. conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous». – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2011. – 98 p.

29. **The Geologic Time Scale 2012.** 2-volume set / F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, G. M. Ogg. – Elsevier Science Ltd., 2012. – 1176 p.

30. **Yazikov A. Y., Izokh N. G., Shcherbanenko T. A.** Brachiopods and conodonts from the Frasnian/Famenian boundary strata in the Upper Devonian Yaya section (North-Western margin of the Kuznetsk Basin, Barzas Region) // Field Excursion Guidebook. Intern. Conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous». – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2011. – P. 169–172.

31. **Yazikov A. Y., Shcherbanenko T. A.** Brachiopods from Upper Devonian sections along the Yaya River (North-East margin of the Kuznetsk Basin, Barzas region) // Field Excursion Guidebook. Intern. conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous». – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2011. – P. 173–179.

REFERENCES

1. Bakharev N.K. [Devonian ostracods of Salair and Kuzbass]. *Novosti paleontologii i stratigrafii*, 2008, no. 10, p. 76–77; no. 11, pp. 85–87. (In Russ.).

2. Belskaya T.N. *Pozdne-devonskoye more Kuznetskoy kotloviny, istoriya ego razvitiya, naseleniye i osadki* [A Late Devonian Sea of the Kuznetsk Trough: developmental history, biota, and sediments]. Moscow, AS USSR Publ., 1960. 184 p. (In Russ.).

3. Ponomarenko E.S., Antonovskaya T.V. *Verkhne-devonskiye raznofatsialnyye otlozheniya Yuzhnogo Timana: Putevoditel polevoy ekskursii Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya "Geologiya rifov" (10–14 iyunya 2015 g.)* [Upper Devonian multifacial deposits of the South Timan: Field tour Guide of the All-Russian Lithological Meeting "Reef Geology" (June 10–14, 2015)]. Syktyvkar, Geoprint Publ., 2015. 35 p. (In Russ.).

4. Gratsianova R.T. [Communities of Upper Devonian brachiopods in the section along the Tom River at the Kosoi cliff and their analogues in the Gorny Altai].

Sreda i zhizn v geologicheskoy proshlom. Paleobiogeografiya i paleoekologiya [Environment and life in the geological past. Paleobiogeography and Paleocology]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, pp. 15–39. (In Russ.).

5. Gutak Y.M. [Regional stratigraphy of Devonian deposits of the western part of the Altai-Sayan Region (the current state and ways of perfection)]. *Obshchaya stratigraficheskaya shkala Rossii: sostoyanie i perspektivy obustroystva. Vserossiyskaya konferentsiya, Moskva, 23–25 maya 2013 g.* [Proceedings of All-Russian Conference “The General Stratigraphic Scale of Russia: Current State and Ways of Perfection,” Moscow, May 23–25, 2013]. Moscow, GIN RAS Publ., 2013, pp. 152–154. (In Russ.).

6. Demidenko E.K. [Some new Late Devonian ostracods from Pripyat depression]. *Novyye vidy iskopaemykh zhivotnykh i rasteniy Belorussii* [New species of fossil plants and animals from Byelorussia]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1976, pp. 46–63. (In Russ.).

7. Egorov V.G. *Ostrakody franskogo yarusa Russkoy platformy* [Ostracodes of the Frasnian stage of the Russian Platform]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1953. 136 p. (In Russ.).

8. Egorova L.N. [New brachiopods from Middle Devonian deposits of the central and eastern regions of Russian Platform]. *Neftepromyslovaya geologiya* [Oil-field geology]. Moscow, Nedra Publ., 1967, pp. 217–253. (In Russ.).

9. Zadorozhnyy V.M. *Foraminifery i biostratigrafiya devona Zapadno-Sibirskoy plity i ee skladchatogo okaymlyeniya* [The Foraminiferal Biostratigraphy of the Devonian of West Siberian Plate and its Folded Setting]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1987. 121 p. (In Russ.).

10. Bakharev N.K., Sennikov N.V., Yolkin E.A., et al. *Klyuchevyye razrezy devona Rudnogo Altaya, Salaira i Kuzbassa* [Key Devonian sections from the Rudny Altai, Salair and Kuzbass]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 104 p. (In Russ.).

11. Moskalenko M.N., Moskalenko K.A., Yudin Yu.A. [Clarification of biostratigraphic breakdown and correlation of Lower Famennian deposits of the Izhma-Pechora syncline]. *Geologiya i mineralnyye resursy evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: novyye rezultaty i novyye perspektivy* [Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia: new results and new prospects: materials of 12th Geological Congress of the Komi Republic]. Syktyvkar, Geoprint, 1999, vol. 2, pp. 224–228. (In Russ.).

12. Moskalenko M.N. *Srednedevonskiye ostrakody Timano-Pechorskoy provintsii* [Middle Devonian ostracods of the Timan-Pechora Province]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2001. 230 p. (In Russ.).

13. Yolkin E.A., Sennikov N.V., Bakharev N.K., et al. [The periodicity of sedimentation in the Silurian and correlation of global geological events in the Middle Paleozoic on the southwestern margin of the Siberian continent]. *Geologiya i geofizika*, 1997, vol. 38, no. 3, pp. 596–607. (In Russ.).

14. Polenova E.N. *Devonskiye ostrakody Kuznetskogo basseyna i Minusinskoy kotloviny* [Devonian ostracods of the Kuznetsk Basin and Minusinsk Depression]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1960. 168 p. (In Russ.).

15. Polenova E.N. [Ostracods of the upper part of the Givetian Stage of the Russian Platform]. *Mikrofauna SSSR. Sb. V. Foraminifery i ostrakody ordovika i devona Russkoy platformy* [Microfauna of the USSR. Collection of works no. 5. Devonian and Ordovician foraminifera and ostracods of the Siberian Platform]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1952, pp. 65–156. (In Russ.).

16. Polenova E.N. *Ostrakody devonskikh otlozheniy Tsentralnogo devonskogo polya i Srednego Povolzhya* [Ostracods of the Devonian deposits in the Central Devonian Field and the Middle Volga region]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1953. 145 p. (In Russ.).

17. Popov B.M. [Biostratigraphic data on ostracodes from reference sections of the Middle and Upper Devonian of the Kuznetsk Basin Margins (south-east of West Siberia)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2019, no. 2(38), pp. 3–15. (In Russ.).

18. *Resheniye Vsesoyuznogo soveshchaniya po razrabotke unifikirovannykh stratigraficheskikh skhem dokembriya, paleozoya i chetvertichnoy sistemy Sredney Sibiri* [Decision of the All-Union Meeting on the Development of Unified Stratigraphic Schemes of the Precambrian, Paleozoic and Quaternary System of Central Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 1989. 129 p. (In Russ.).

19. Rozhdestvenskaya A.A. *Ostrakody verkhnego devona Bashkirii* [Upper Devonian ostracods of Bashkiria]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 195 p. (In Russ.).

20. Rzhonsnitskaya M.A. *Biostratigrafiya devona okrain Kuznetskogo basseyna* [Devonian Biostratigraphy of the Margin of the Kuznetsk Basin. Vol. 1]. Leningrad, Nedra Publ., 1968. 286 p. (In Russ.).

21. *Stratigraficheskiy kodeks Rossii* [Stratigraphic code of Russia. Third edition]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2019. 96 p. (In Russ.).

22. Rzhonsnitskaya M.A., Nalivkin D.V., eds. *Stratigrafiya SSSR. Devonskaya sistema* [The USSR stratigraphy. The Devonian System]. Moscow, Nedra Publ., 1973. 376 p. (In Russ.).

23. Timokhina I.G., Rodina O.A. [New data on Upper Devonian stratigraphy of the northwestern Kuznetsk Basin: Evidence from foraminifera and Chondrichthyes]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya – Stratigraphy and Geological Correlation*, 2015, vol. 23, no. 5, pp. 50–71. (In Russ.).

24. [Type sections of bordering sediments of the Middle and Upper Devonian, Frasnian and Famennian Stages of the Kuznetsk Basin margins]. *Materialy V vyezdnoy sessii komissii MSK po devonskoy sisteme 1991 g.* [Materials of the 5th External Meeting of the ISC Committee on the Devonian System of 1991]. Novosibirsk, 1992. 136 p. (In Russ.).



25. Tyzhnov A.V. [Data for the study of the Devonian limestones of the north-western margin of the Kuznetsk Basin]. *Vestnik Zapadno-Sibirskogo geologicheskogo upravleniya*, 1931, issue 3, pp. 43–46. (In Russ.).

26. Yolkin E.A., Gratsianova R.T., Bakharev N.K., et al. Devonian sea-level fluctuations on the south-western margin of the Siberian continent. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 1997, no. 199, pp. 83–98.

28. Yolkin E.A., Gratsianova R.T., Izokh N.G., et al. Devonian standard boundaries within the shelf belt of the Siberian Old Continent (southern part of Western Siberia, Mongolia, Russian Far East) and in the South Tien Shan. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 2000, no. 225, pp. 303–318.

28. Bakharev N.K., Izokh N.G., Obut O.T., Talent J.A. Middle-Upper Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of the Kuznetsk basin. *Field Excursion Guidebook. Intern. conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower*

Carboniferous». Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2011. 98 p.

29. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2012. 2 volume set. *Elsevier Science Ltd.*, 2012. 1176 p.

30. Yazikov A.Y., Izokh N.G., Shcherbanenko T.A. Brachiopods and conodonts from the Frasnian/Famennian boundary strata in the Upper Devonian Yaya section (North-Western margin of the Kuznetsk Basin, Barzas Region). *Field Excursion Guidebook. Intern. Conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous»*. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2011, pp. 169–172.

31. Yazikov A.Y., Shcherbanenko T.A. Brachiopods from Upper Devonian sections along the Yaya River (North-East margin of the Kuznetsk Basin, Barzas region). *Field Excursion Guidebook. Intern. conf. «Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous»*. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2011, pp. 173–179.

© Б. М. Попов, 2021

УДК 551.733.13:565.3(571.51)

**БИОСТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕГО ОРДОВИКА БАСЕЙНА Р. ЧУНЯ
(ПРАВЫЙ ПРИТОК Р. ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА, СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)**Т. В. Гонта¹, А. В. Тимохин¹, О. А. Маслова²¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Изложены результаты изучения разрезов верхнего ордовика мангазейской свиты в бассейне р. Чуня (правый приток р. Подкаменная Тунгуска) на Сибирской платформе. Приведены послойное описание разрезов и новые данные по руководящим группам фауны (остракоды, трилобиты, брахиоподы, конодонты), позволившие в значительной степени расширить палеонтологическую характеристику вмещающих отложений. Впервые дана характеристика отложений баксанского горизонта, дополняющая более раннее описание подстилающих образований в стратотипическом разрезе долборского горизонта в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку (левый берег). В результате биостратиграфического анализа по разным группам фауны удалось уточнить стратиграфическое положение разреза, находящегося в 0,4 км ниже устья руч. Амуткан. Проведена корреляция изученных разрезов с опорной Гаиндинской скв. 3.

Ключевые слова: верхний ордовик, Сибирская платформа, баксанский горизонт, биостратиграфия, трилобиты, остракоды, брахиоподы, конодонты, мангазейская свита.

**THE UPPER ORDOVICIAN BIOSTRATIGRAPHY OF THE CHUNYA RIVER BASIN
(RIGHT TRIBUTARY OF THE PODKAMENNAYA TUNGUSKA RIVER,
SIBERIAN PLATFORM)**T. V. Gonta¹, A. V. Timokhin¹, O. A. Maslova²¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The article deals with presented results of studying Upper Ordovician sections of the Mangazeya Formation in the Chunya River basin (right tributary of the Podkamennaya Tunguska River) of the Siberian Platform. The given layer by layer section description and new data on leading groups of fauna (ostracods, trilobites, brachiopods, conodonts) allowed for significantly expanding paleontological characteristics of enclosing sediments. The description of the Baksan Horizon deposits is given for the first time, it updates the earlier description of underlying formations in the stratotypic section of the Dolbor Horizon 2 km above the mouth of the Upper Chunku R. (left bank). As a result of biostratigraphic analysis for different groups of fauna, both from published sources and newly obtained data, it has become possible to clarify the stratigraphic position of the section located 0.4 km below the mouth of the Amutkan River. The correlation of studied sections with the Gaindinskaya-3 test well was carried out.

Keywords: Upper Ordovician, Siberian Platform, Baksan Horizon, biostratigraphy, trilobites, ostracods, brachiopods, conodonts, Mangazeya Formation.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-24-37

Ордовикские отложения, развитые в среднем течении р. Чуня, имеют ключевое значение для разработки региональной стратиграфической схемы и палеонтологического обоснования горизонтов верхнего ордовика Сибирской платформы. Здесь О. И. Никифоровой и О. Н. Андреевой [10], на левом берегу р. Чуня в 1,5–2,0 км выше устья р. Верхняя Чунку установлен стратотип долборского горизонта (нижняя его часть). Данный разрез неоднократно изучался разными исследователями [3, 13, 15, 18, 19]. В результате фаунистическая характеристика горизонта существенно дополнена и уточнена. При этом все исследователи были единодушны во мнении, что нижняя граница долборского горизонта в стратотипе проводится в основании темных битуминозных известняков, содержащих колонии табулят и залегающих на серо-зеленых листоватых мергелях и органогенных известняках

баксанского времени. В это же время В. И. Драгуновым и В. П. Ледневой [3] на р. Чуня в 0,5 км ниже устья руч. Амуткан был описан разрез, вскрывающий непрерывную последовательность отложений от песчаников чуньской свиты нижнего ордовика до коралловых известняков долборского горизонта, подобных таковым в стратотипе (рис. 1, 2). Несколько позже Б. С. Соколовым и Ю. И. Тесаковым [19] был приведен сводный разрез ордовика бассейна р. Чуня и ее притоков с указанием распространения комплексов табулят. Эти авторы подтвердили выводы В. И. Драгунова и В. П. Ледневой (см. рис. 2) о том, что в основании разреза вскрыты «байкитские» песчаники. В последующие годы Е. П. Марков [6] по результатам изучения ордовика бассейна р. Подкаменная Тунгуска, включая разрезы в среднем течении р. Чуня, несколько уточнил объемы криволуцкого (в современной номенклатуре отве-

чает волгинскому и киренско-кудринскому горизонтам) и мангазейского (= чертовской, баксанский горизонты) ярусов в обнажении в районе руч. Амуткан, хотя в целом его представления о положении байкитской и долборской свит совпадают с мнениями предшествующих исследователей (см. рис. 2). В 1970-х гг. благодаря работам Х. С. Розман [15–17] и Т. А. Москаленко [9, 11] в значительной степени изменилось представление о стратиграфическом расчленении этого разреза (см. рис. 2). В этих работах приведены детальное описание разрезов среднего и верхнего ордовика Сибирской платформы и анализ распространения разных групп фауны (брахиоподы, гелиолитиды, ругозы, пелициподы, криноидеи, остракоды, конодонты), что позволило обосновать отнесение песчаников к чертовскому горизонту. Предшествующие исследователи сопоставляли эти песчаники с песчаниками байкитской свиты. Остракоды в рамках этих работ изучались В. А. Ивановой и Л. М. Мельниковой (по материалам Х. С. Розман) [4, 8]. Отдельные упоминания о присутствии в разрезе брахиопод и трилобитов также имеются в публикациях В. И. Драгунова и В. П. Ледневой [3], Е. П. Маркова [6], Х. С. Розман [17], Т. А. Москаленко [9], А. В. Каныгина и др. [11]. В последних двух работах частично был также описан комплекс конодонтов.



Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов

Во время полевых исследований в бассейне р. Чуня (2014–2015 гг.) изучены разрезы верхнего ордовика в 0,5 км ниже устья руч. Амуткан и стратотипический разрез на левом берегу р. Чуня в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку. Получен богатый палеонтологический материал, позволивший в значительной мере расширить таксономический состав остракод (определения Т. В. Гонты), трилобитов (определения А. В. Тимохина) и брахиопод (определения О. А. Масловой) и на этой основе уточнить стратиграфическое положение разрезов на рассматриваемой территории. Кроме того, были использованы полевые дневники, рабочие определения конодонтов и каменный материал Т. А. Москаленко, работавшей на этих обнажениях совместно с Х. С. Розман в 1965 г. Эти данные позволили уточнить, а в недоступных для изучения интервалах, в частности в стратотипическом обнажении в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку (рис. 3), дополнить собранные нами материалы. Данные по

конодонтам были легко привязаны к выделенным в разрезе слоям, так как в описании, опубликованном Х. С. Розман [18], приведены номера образцов Т. А. Москаленко. По результатам проведенных работ приведены детальное описание разрезов и их расчленение на био- и литостратиграфические подразделения, как современное, так и в исторической ретроспективе (см. рис. 2, 3).

Описание разрезов и сравнительный анализ фактического материала

При характеристике обнажений по возможности проводилось сопоставление с ранее описанными разрезами по [13, 18]. Фауна, приведенная в характеристике разрезов, определена авторами.

Обнажение 1504 расположено на правом берегу р. Чуня, в 0,5 км ниже устья руч. Амуткан (см. рис. 1, 2). В верхней по течению части обнажения наблюдается серия тектонических нарушений, которая разбивает участок разреза на ряд блоков, которые переместились относительно друг друга на 2–4 м.

Наиболее древние отложения, представленные переслаиванием пестроцветных алевролитов и песчаников, обнажены фрагментарно и наблюдаются в явно нарушенном залегании. Здесь они не приводятся из-за неясных взаимоотношений с вышележащими породами в результате тектонического нарушения.

Слой 1. В основании песчаник кварцевый мелкозернистый, светло-розовато-серый на свежей поверхности скола, с мелкими пятнами лимонита, толстоплитчатый, неровнослоистый. На выветрелой поверхности цвет становится желтовато-серым до темно-серого (видимая мощность 1,0 м). Далее расположен задернованный интервал мощностью 3,5 м. В верхней части слоя песчаники (видимая мощность 0,5 м) приобретают желтовато-серую окраску и постепенно переходят в гравелиты, содержащие единичные фосфоритизированные раковины остракод *Easchmidtella gibbosa*. Видимая мощность слоя около 5,0 м.

В. И. Драгунов и В. П. Леднева [3, слой 1–2] считали эти отложения фаціальным аналогом «байкитских» песчаников и относили их к кровле чуньского яруса. В последующие годы [6, 19] данную часть разреза отнесли к байкитской свите (чуньского яруса), отложения которой широко представлены в бассейне р. Подкаменная Тунгуска (см. рис. 2).

Х. С. Розман [15–17] и Т. А. Москаленко [9] начинают характеристику указанного разреза с отложений, развитых ниже песчаников нашего слоя 1, относя их к киренско-кудринскому горизонту (криволуцкому ярусу). Но фактически ими была изучена часть разреза, расположенного на правом берегу р. Чуня в 4,5 км выше устья руч. Амуткан, где породы описаны как слои 1–3 обн. М-6518 в [9]. Слой 1 обн. IX в [15, 18] точно совпадает по мощности и описанию с этими слоями. Х. С. Розман сопостав-

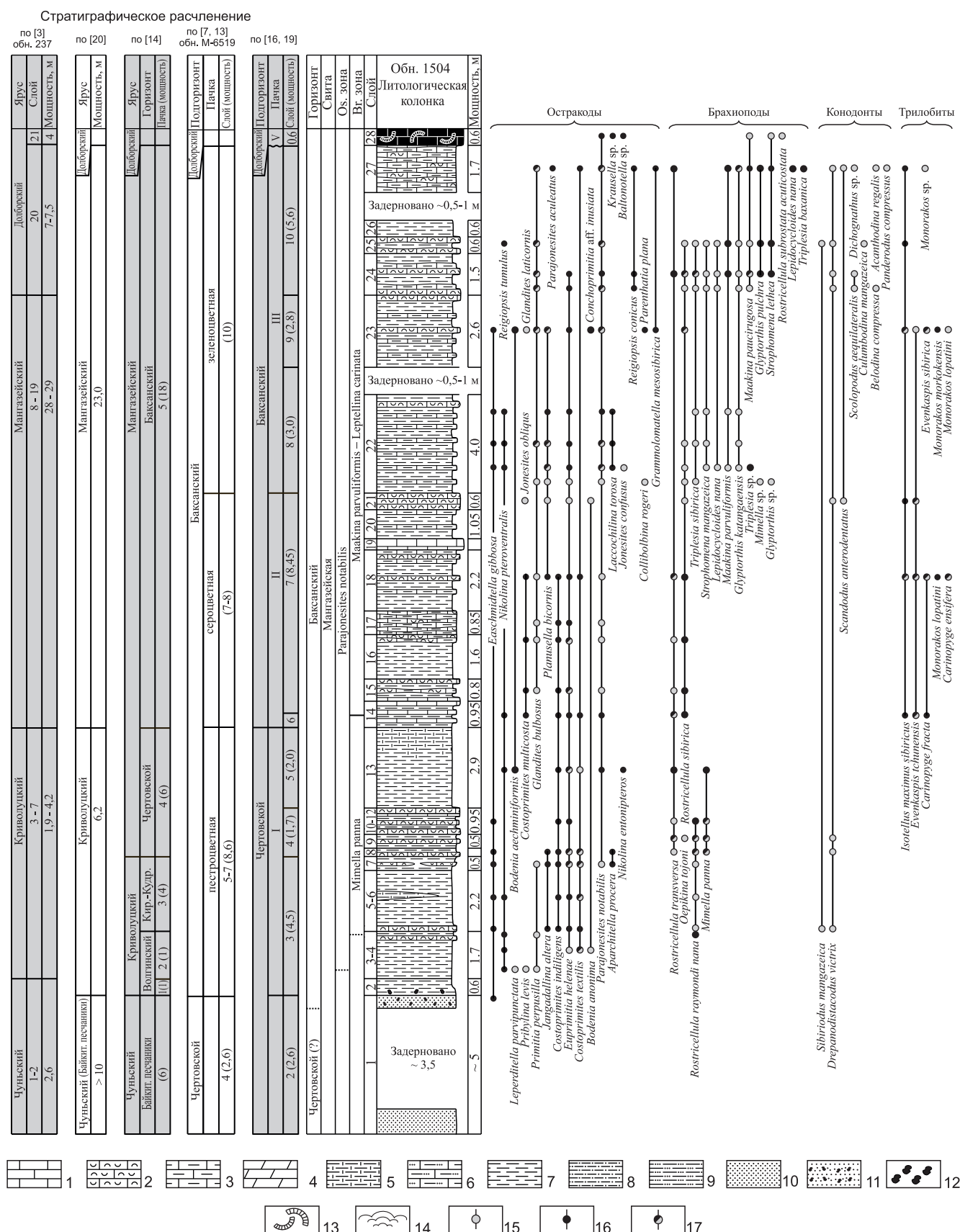


Рис. 2. Стратиграфическое расчленение верхнеордовикских отложений разными авторами (колонки слева) и стратиграфическое распределение основных групп фауны в обн. 1504 (правый берег р. Чуня в 0,4 км ниже устья руч. Амуткан)

1 – известняки; 2 – известняки органогенные; 3 – известняки глинистые; 4 – мергели; 5 – известковистые аргиллиты; 6 – известняки алевропесчанистые; 7 – аргиллиты; 8 – алевролиты; 9 – алевропесчаники; 10 – песчаники; 11 – гравелиты; 12 – гравий; 13 – кораллы; 14 – губки; 15–17 – местонахождения фауны: 15 – по опубликованным материалам, 16 – авторские, 17 – авторские данные, повторяющие предыдущие определения

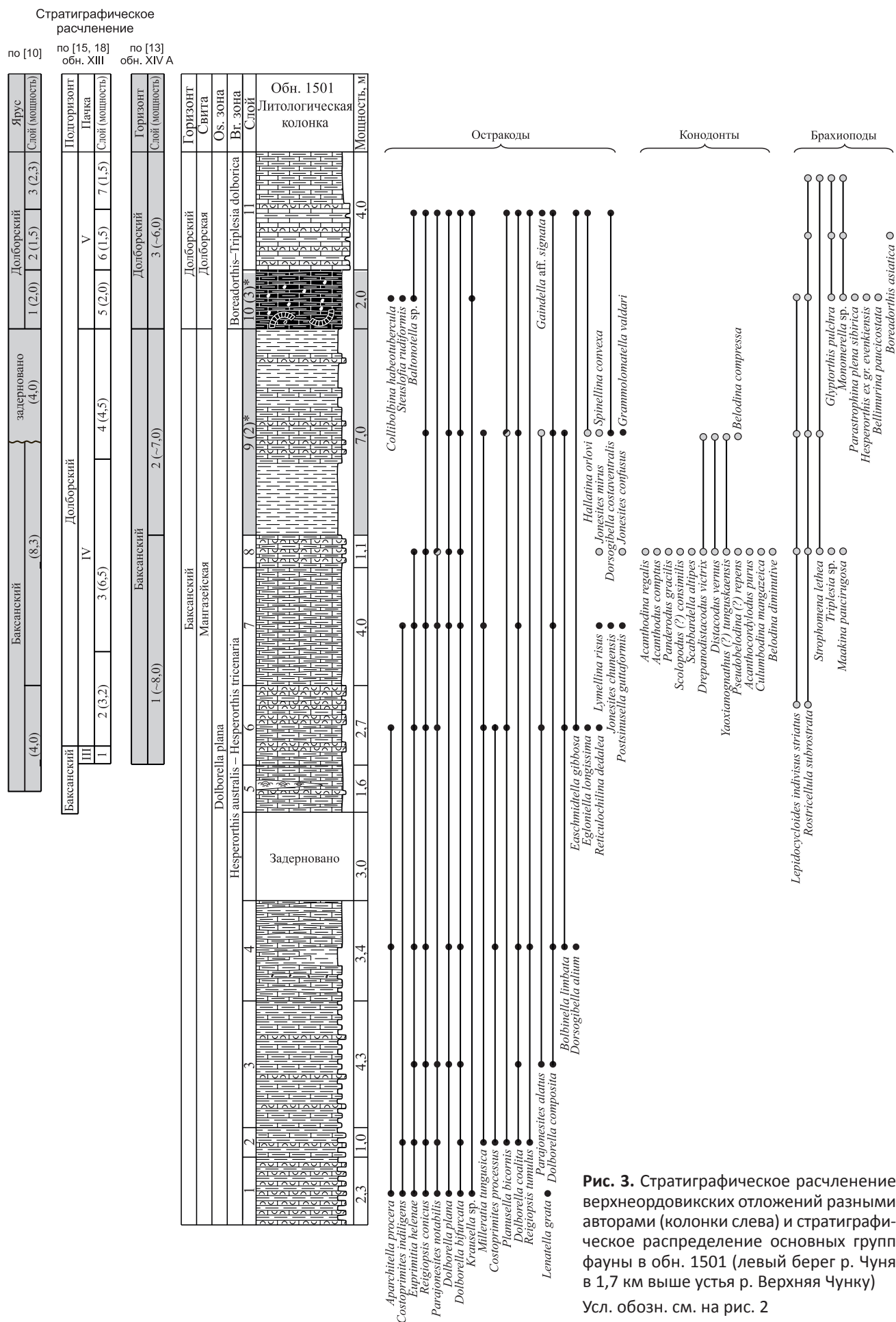


Рис. 3. Стратиграфическое расчленение верхнеордовикских отложений разными авторами (колонки слева) и стратиграфическое распределение основных групп фауны в обн. 1501 (левый берег р. Чуня в 1,7 км выше устья р. Верхняя Чунку)

Усл. обозн. см. на рис. 2

ляет их с криволуцким ярусом (волгинский и киренско-кудринский горизонты). Затем эти отложения стали включать в состав чертовского горизонта [11]. Во время проведения экспедиционных работ в 2015 г. разрез был недоступен.

Слой 2. Аргиллит алевритистый с гравийными включениями, крупнооскольчатый. Гравийная составляющая представлена кварцевыми зернами и фосфоритовыми желваками, матрица – аргиллитом алевритистым, в основании до песчаников. В целом величина зерен к кровле постепенно уменьшается до крупнопесчаной. Цвет пятнистый, в основании желто-фиолетово-бурый, выше фиолетово-бурый с вишнево-серыми пятнами. Мощность 0,6 м.

Слой 3. Аргиллиты буро-вишневого цвета, мелкооскольчатые, в нижней части слоя с двумя пропластками (до 2 см) светло-желтого аргиллита. В 10 см от кровли слоя ярко-красный прослой аргиллита (6 см), под ним пропласток желтого аргиллита (0,5 см). По всему слою встречены остракоды *Costoprimites textilis* и *Nikolina pteroventralis*, рассеянные в породе. Мощность 1,5 м.

Слой 4. Тонкое равномерное переслаивание известняков (4–6 мм) мелкозернистых (с фауной брахиопод *Rostricellula raymondi nana*, остракод, обломками трилобитов) желто-бурого цвета с аргиллитами зеленого цвета тонкоплитчатыми до листоватых (2–6 мм) (часто переполненными остракодами *Nikolina pteroventralis* на поверхностях, приближенных к известнякам). Мощность 0,2 м.

Слой 5. Известняк тонкоплитчатый ровнослоистый, серый. Верхняя поверхность с вертикальными следами илоедов до 5 см в глубину, бугристая. Далее три прослоя известняка (1 см, 2 см, 1 см) тонкоплитчатого, серого в матриксе более глинистого известняка, зеленовато-серого цвета, в основании темно-бурого цвета. Прослои обогащены остракодами *Costoprimites textilis*, *C. indiligens*, *Euprimitia helenae*, редкими *Jangadallina altera*, *Easchmidtella gibbosa* и детритом. Найдены конодонты *Drepanodistacodus victrix* и *Sibiriodus mangazeica*. Мощность слоя 0,2 м.

Слой 6. Аргиллиты оскольчатые, вишнево-красного цвета. В 1,1 м от основания 10 см прослой зеленого аргиллита. В 1,6 м от основания линза известковистых серо-зеленых аргиллитов (6–8 см). Верхние 0,4 м – аргиллиты зеленые оскольчатые. В известняках установлены остракоды *Easchmidtella gibbosa*, *Nikolina pteroventralis*, *Costoprimites indiligens*, *C. textilis*, *Euprimitia helenae*. Мощность слоя 2,0 м.

Слой 7. В основании аргиллиты зелено-серые, плитчатые, тонкоплитчатые, с тонкими пропластками, обогащенными известковистым материалом желтовато-серого до темно-серого цвета. Наблюдаются линзы до 4 см более карбонатных разностей, обогащенных детритом и остракодами. Далее расположены органогенно-детритовые известняки тонкоплитчатые, неровнослоистые (слоистость подчеркивается листоватыми прослойками зеленого

аргиллита). В кровле аргиллит мелкопятнистый зелено-серый, тонколистостатый, в основании прослой – известняк (3 см) тонкоплитчатый органогенно-детритовый, содержащий остракоды *Jangadallina altera*, *Easchmidtella gibbosa*, *Costoprimites indiligens*, *C. textilis*, *Euprimitia helenae*, *Aparchitella proctra*. Мощность слоя 0,5 м.

Слоям 3–7 нашего разреза в работе В. И. Драгунова и В. П. Ледневой [3] соответствуют слои 4–6, сопоставляемые этими авторами с криволуцким ярусом (= волгинским, киренско-кудринским горизонтами); нашим слоям 2–7 в статье Е. П. Маркова [6] – пачки 1–3 криволуцкой свиты (волгинский, киренско-кудринский горизонты), выше которой с размывом залегают отложения мангазейской свиты (= чертовской, баксанский горизонты) (см. рис. 2).

Слой 8. Известняк толстоплитчатый, массивный, органогенно-детритовый (нижние 20 см), далее зеленый аргиллит (10 см) с вертикальными следами ползания илоедов, кровля слоя слабоволнисто-слоистая. В известняках установлены остракоды *Easchmidtella gibbosa*, *Jangadallina altera*, *Costoprimites indiligens*, *C. textilis*, *Euprimitia helenae*, *Aparchitella procera*, брахиоподы *Rostricellula raymondi nana*, *Mimella panna*; конодонты *Drepanodistacodus victrix*. Мощность слоя 0,3 м.

Слой 9. Неравномерное переслаивание аргиллитов тонкоплитчатых до листоватых, внизу интервала вишнево-красных, во второй половине – зелено-серых с тонкоплитчатым известняком органогенно-детритовым, ровнослоистым, в кровле комковатым, содержащим брахиоподы *Rostricellula raymondi nana*, *R. transversa*, *Mimella panna*, конодонты *Drepanodistacodus victrix*. В самой кровле – аргиллит. Мощность слоя 0,5 м.

Слой 10. Известняк рыхлый, крупнокомковатый, серый, в кровле окрашен пятнами в красный цвет. Комковатость за счет примеси более глинистого известняка. Верхняя поверхность слоя неровнослоистая, нижняя – волнисто-слоистая. Мощность слоя 0,2 м.

Слой 11. Тонкое неравномерное переслаивание аргиллитов светло-зеленовато-серых, вишнево-красных и глинистых органогенных известняков серого цвета. По слою рассеяны раковины остракод *Easchmidtella gibbosa*, *Costoprimites indiligens*, *Euprimitia helenae* и брахиопод *Rostricellula raymondi nana* и *Mimella panna*. Мощность слоя 0,55 м.

Слой 12. Известняки массивные, толстоплитчатые, органогенно-детритовые; плитчатость за счет тонких примазок аргиллитового материала темно-зеленого цвета. Мощность 0,2 м.

Слой 13. Аргиллиты оскольчатые, в нижней половине буро-красные, вишнево-красные (1,4 м), в верхней – зелено-серые, более карбонатизированные с брахиоподами *Mimella panna* и *Rostricellula transversa*, рассеянными по всему объему прослоя; раковинами остракод *Nikolina pteroventralis*, *N. entonipteros*, *Costoprimites indiligens*, *Euprimitia helenae*.

nae, *Bodenia aechminiformis*, *Parajonesites notabilis* (1,5 м). Слоистость не наблюдается. Мощность слоя 2,9 м.

Этой части разреза (слои 8–13) в работе Е. П. Маркова [6] отвечает пачка 4, относимая к чертовскому горизонту.

Слои 2–13 нашего разреза отвечают объему криволучского яруса (= волгинский, киренско-кудринский горизонты) в публикации Б. С. Соколова и Ю. И. Тесакова [19]. Т. А. Москаленко эту часть разреза первоначально относил к чертовскому горизонту [9], а затем к баксанскому [11] (пестроцветная пачка, см. рис. 2).

Х. С. Розман [15–18] рассматривала эту часть разреза, включая песчаники слоя 1, в объеме чертовского горизонта (см. рис. 2).

Слой 14. Тонкое переслаивание глинистых известняков, органогенно-детритовых известняков серых и темно-зелено-серых аргиллитов мелкокомковатых. В кровле – прослой органогенно-детритового серого известняка. В слое известняк преобладает над аргиллитом. В известняках установлены многочисленные остракоды *Nikolina pterovernalis*, *Costoprimites indiligens*, *C. textilis*, *C. multicosta*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, трилобиты *Isotellus maximus sibiricus*, *Evenkaspis tchunensis*, *Carinopyge fracta* и брахиоподы *Rostricellula sibirica* и *Rostricellula transversa*. Мощность слоя 0,95 м.

Слой 15. Переслаивание аргиллитов зелено-серых оскольчатых, тонкоплитчатых с пропластками известняка тонкоплитчатого, серого. Аргиллиты преобладают. В середине слоя наблюдается прослой (15 см) неровнослоистого глинистого известняка с фауной брахиопод *Rostricellula sibirica*. В кровле (3–4 см) – прослой органогенно-детритового известняка с остракодами *Costoprimites indiligens*, *C. multicosta*, *Euprimitia helenae*. Мощность слоя 0,8 м.

Слой 16. Аргиллиты светло-зеленовато-серые, оскольчатые, в верхней половине – прослой до 3 см комковатых глинистых известняков. В аргиллитах содержатся раковины остракод и брахиопод того же состава. Мощность слоя 1,6 м.

Слой 17. Рыхлые глинистые комковатые известняки, серые, с редкой фауной: остракоды *Costoprimites indiligens*, *Euprimitia helenae*. В середине прослой (15 см) более глинистых разностей. Мощность слоя 0,85 м.

Слой 18. Аргиллиты серые, зеленовато-серые, тонкоплитчатые до оскольчатых, в неравномерном переслаивании с известняками глинистыми и органогенно-детритовыми (до 6 см) с остракодами *Costoprimites textilis*, *C. indiligens*, *C. multicosta*, *Euprimitia helenae*, *Planusella bicornis*, трилобиты *Isotellus maximus sibiricus*, *Evenkaspis tchunensis*, *Carinopyge fracta*, *C. ensifera*, *Monorakos lopatini*, брахиоподы *Rostricellula transversa*, *Rostricellula sibirica*. В кровле (0,5 м) количество известняков резко возрастает. Мощность слоя 2,2 м.

Слой 19. Известняки серые, в нижней половине тонкоплитчатые, в верхней толстоплитчатые. Мощность слоя 0,4 м.

Слой 20. Переслаивание аргиллитов темно-серых, плитчатых до оскольчатых с глинистыми известняками, желто-серыми на выветрелой поверхности, на свежем сколе – серыми. Фауны нет. Мощность слоя 1,05 м.

Слой 21. Известняки серые, мелкозернистые, органогенно-детритовые, среднеплитчатые (2–5 см) с трилобитами *Isotellus maximus sibiricus*, *Evenkaspis tchunensis* и конодонтами *Drepanodistacodus victrix*, *Scandodus anterodentatus*. Наблюдается пять прослоев, разделенных аргиллитами зелено-серыми, тонколистоватыми до оскольчатых. Мощность слоя 0,6 м.

Слои 14–21 сопоставляются с сероцветной пачкой разреза Т. А. Москаленко [9], относимой ею к нижней части баксанского подгоризонта (см. рис. 2).

Слой 22. Неравномерное переслаивание известняков глинистых, тонко- и среднеплитчатых с аргиллитами зелено-серыми, тонколистоватыми до оскольчатых. На поверхности контакта аргиллита и глинистого известняка часто большое количество остракод (особенно в основании слоя). Ближе к кровле наблюдается прослой органогенно-детритового известняка серого цвета (5 см). Установлены многочисленные раковины остракод *Easchmidtella gibbosa*, *Nikolina pterovernalis*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *Laccochilina torosa*, *Planusella bicornis* и *Glandites bulbosus*. Брахиоподы *Triplesia* sp. Видимая мощность 4,0 м.

Задернованный интервал до 0,5–1,0 м.

Слой 23. Переслаивание аргиллитов зелено-серых, тонколистоватых до оскольчатых с глинистыми известняками серого цвета, тонкоплитчатыми и редкими органогенно-детритовыми известняками серого цвета. В кровле слоя известняки органогенно-детритовые (6 см), серые, содержащие раковины остракод *Easchmidtella gibbosa*, *Bodenia aechminiformis*, *Grammolomatella mesosibirica*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *Glandites bulbosus*, *Planusella bicornis*, *Parenthatia plana* и *Conchoprimitia* aff. *inusiata*; панцири трилобитов *Isotellus maximus sibiricus*, *Evenkaspis tchunensis*, *E. sibirica*, *Monorakos morkokensis*; раковины брахиопод *Rostricellula sibirica*. Видимая мощность 2,6 м.

Слоям 14–23 нашего разреза в публикациях В. И. Драгунова и В. П. Ледневой [3] отвечают отложения, отнесенные к мангазейскому ярусу (= чертовскому и баксанскому горизонтам) (см. рис. 2).

Слой 24. Переслаивание известняков серых, органогенно-детритовых и глинистых с аргиллитами зеленовато-серыми. Глинистые известняки имеют волнисто-слоистую текстуру за счет перемежания с аргиллитами. Органогенно-детритовые известняки равноплитчатые и преобладают в основании слоя. Здесь найдены остракоды *Reigiopsis conicus*,

Euprimitia helenae, *Parajonesites notabilis*, *Glandites bulbosus*, брахиоподы *Rostricellula transversa*, *R. sibirica*, *Maakina parvuliformis*, *M. paucirugosa*, *Triplezia sibirica*, *Strophomena lethea*, *Glyptorthis pulchra* и конодонты *Belodina compressa*, *Drepanodistacodus victrix*, *Scolopodus aequilateralis*. Мощность слоя 1,5 м.

Слой 25. Известняк, тонко-волнисто-слоистый до комковатого, серовато-белесого цвета с остракодами *Reigiopsis tumulus*, *Parajonesites notabilis*, *Glandites bulbosus*, брахиоподами *Maakina parvuliformis*, *Strophomena lethea*, *Glyptorthis pulchra*, трилобитами *Isotellus maximus sibiricus* и конодонтами *Drepanodistacodus victrix*, *Culumbodina mangazeica*, *Sibiriodus mangazeica*. Аргиллиты в резко подчиненном значении в виде тонких примазок, светло-белесо-зеленые. За счет аргиллита выделяется слоистость. Слой монолитен за счет воздействия интрузии. Мощность 0,6 м.

Слой 26. Аргиллит зеленый, плотный, плитчатый за счет воздействия интрузии. Непосредственно в разрезе над 25-м слоем наблюдается 10 см этого аргиллита, а в вывале ниже по течению мощность глыб аналогичного аргиллита 0,6 м. Видимая мощность 0,1–0,6 м.

Задернованный интервал 0,5–1,0 м.

Слой 27. Известняки глинистые, светло-серые, неровнослоистые за счет аргиллита зеленого (цвет аргиллита более темный, чем известняк), средне-плитчатые. Наблюдаются срезы фауны в отдельных прослоях. Установлены остракоды *Grammolomatella mesosibirica*, *Reigiopsis conicus*, *Parajonesites notabilis*, *P. aculeatus*, *Costoprimites textilis*, *Glandites bulbosus*, трилобиты *Isotellus maximus sibiricus*, брахиоподы *Rostricellula transversa*, *Maakina parvuliformis*, *M. paucirugosa*, *Strophomena lethea*, *Glyptorthis pulchra*, *Lepidocycloides nana*, *Triplezia baxanica*, *Glyptorthis katangaensis* и конодонты *Drepanodistacodus victrix*, *Scandodus anterodentatus*, *Acanthodina regalis*, *Panderodus compressus* и *Dichognathus* sp. Кровля волнисто-слоистая. Видимая мощность 1,7 м.

Слои 14–27 могут быть соотнесены с отложениями мангазейского яруса (=чертовским и баксанским горизонтами) в публикациях Б. С. Соколова и Ю. И. Тесакова [19]. Е. П. Марков [6] и Х. С. Розман [15–18] рассматривают их в объеме баксанского горизонта. В работах Х. С. Розман отмечается, что выше этих отложений с размывом (в объеме пачки IV) залегают «коралловые известняки» (основание пачки V) долборского времени (см. рис. 2).

Слои 21–27 сопоставимы с зеленоцветной пачкой разреза Т. А. Москаленко [9], которую она относит к верхней части баксанского подгоризонта (см. рис. 2).

Слои 24–27 соответствуют слою 20 разреза В. И. Драгунова и В. П. Ледневой [3], включаемому ими в долборский ярус (см. рис. 2).

Слой 28. Известняк темно-серый, с табулятами и другими колониальными организмами (свет-

ло-белесыми на выветрелой поверхности), иногда большого размера. Табуляты «плавают» в матриксе. Сплошного биогерма нет. Кораллы сильно разобщены. Также установлены единичные остракоды *Parajonesites notabilis*, *Kausella* sp. и *Baltonotella* sp. Мощность 0,6 м.

В работах предыдущих исследователей [3, 6, 9, 19], эта часть разреза также сопоставляется с аналогичными «коралловыми известняками», развитыми в стратотипе долборского горизонта, при этом перерыв в осадконакоплении с нижележащими отложениями ими не зафиксирован.

Выше наблюдается неравномерное переслаивание аргиллитов и известняков, сильно измененных под действием интрузии. Мощность 5,0 м. Далее мощная пластовая интрузия долеритов.

Обнажение 1501 расположено на левом берегу р. Чуня в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку (см. рис. 1, 3) и является стратотипом долборского горизонта [10]. При экспедиционных работах в 2015 г. непосредственно ниже (по течению) обнажения у кромки леса в промоине в виде «щеток» впервые были установлены выходы мангазейской свиты, которые наращивают известный ранее разрез. Взаимоотношение слоев, границ стратиграфических подразделений и распространение фаунистических комплексов, установленных разными авторами [10, 13, 15, 18], приведено на рис. 3.

Слой 1. Переслаивание органогенно-детритовых известняков, плитчатых, серых (до 10 см) с аргиллитами зеленовато-серыми (до 2–3 см). Известняки преобладают. В них установлены многочисленные остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *Costoprimites indiligens*, *Reigiopsis conicus*, *Aparchitella procera*, *Lenatella grata* и *Krausella* sp. Видимая мощность слоя 2,3 м.

Слой 2. Переслаивание органогенно-детритовых серых (2–4 см) и глинистых зеленовато-серых известняков (5–10 см). Остракоды *Dolborella bifurcata*, *D. coalita*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *Costoprimites indiligens*, *C. processus*, *Reigiopsis conicus*, *R. tumulus*, *Milleratia tungusica*, *Planusella bicornis*. Мощность слоя 1,0 м.

Слой 3. Тонкое переслаивание глинистых серых известняков (0,5–1 см) и зеленовато-серых аргиллитов (0,2–0,5 см) с редкими прослоями органогенно-детритовых серых известняков (2–3 см). Слоистость комковатая. В 0,4 м от кровли слоя наблюдается прослой глинистых желто-серых известняков в виде «булок» (3 см), выше и ниже – аргиллиты тонколистоватые зелено-серые. В основании слоя наблюдаются редкие колонии табулят, иногда крупные (65×30 см). Из прослоев органогенных известняков определены остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *D. coalita*, *D. composita*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *P. alatus*, *Reigiopsis conicus*. Мощность слоя 4,3 м.



Слой 4. Глинистые желтовато-серые известняки с тонкими пропластками зелено-серых аргиллитов известковистых. Структура в целом комковатая. Наблюдаются отдельные пропластки глинистых известняков (до 35 см), которые по простиранию распадаются на отдельные прослои за счет появления аргиллитов. Также отмечены аргиллиты, в массе которых «плавают» гальки глинистого известняка. По всему слою встречаются остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *D. coalita*, *D. composita*, *Costoprimites processus*, *Euprimitia helenae*, *Reigiopsis conicus*, *R. tumulus*, *Aparchitella procera*, *Dorsogibella alium*, *Bolbinella limbata* и колонии табулят, иногда крупные. Органогенно-детритовые известняки отсутствуют. Видимая мощность слоя 3,4 м.

Задернованный интервал 3,0 м.

Слой 5. Известняки комковато-глинистые с линзами водорослевого материала, срезами наутилоидей диаметром до 5 см и крупных губок субэллиптической формы (до 7 см в высоту и 20 см в ширину), поверхность напластования бугристо-слоистая. В средней части слоя наблюдается органогенно-детритовый прослой (3 см). Видимая мощность 1,6 м.

Далее – начало разреза, ранее описанного в работах [13, 18].

Слой 6. Переслаивание известняков сильно глинистых, комковатых с известняками органогенно-детритовыми, более крепкими и в рельефе представленными в виде «щеток». К концу интервала количество органогенно-детритовых прослоев увеличивается, также возрастает их мощность от 1 до 6 см. Обнаружены многочисленные остракоды *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *P. alatus*, *Aparchitella procera*, *Milleratia tungusica*, *Reigiopsis conicus*, *Costoprimites processus*, *Easchmidtella gibbosa*, *Bolbinella limbata*, *Egloniella longissimi*, *Reticulochilina dedalea*. Мощность слоя 2,7 м.

Слой 7. Известняки комковатые, глинистые с редкой фауной. Органогенно-детритовых прослоев нет. Остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *D. coalita*, *D. composita*, *Euprimitia helenae*, *Reigiopsis conicus*, *Parajonesites notabilis*, *Costoprimites indiligens*, *Milleratia tungusica*, *Lymellina risus*, *Postsinusella guttaformis*, *Jonesites chunensis*. Мощность слоя 4,0 м.

Слой 8. Переслаивание известняков комковатых до плитчатых, глинистых с известняками органогенно-детритовыми (4–7 см). На поверхности органогенно-детритовых прослоев видна крупная волновая рябь. Найдены остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *Euprimitia helenae*, *Parajonesites notabilis*, *Reigiopsis conicus* и конодонты: *Acanthodina regalis*, *Acanthodus comptus*, *Panderodus gracilis*, *Scolopodus (?) consimilis*, *Scabbardella altipes*, *Drepanodistacodus victrix*, *Distacodus vernus*, *Yaoxianognathus (?) tunguskaensis*, *Pseudobelodina (?) repens*, *Acanthocordylodus purus*, *Culumbodina mangazeica*, *Belodina diminutive*. Видимая мощность 1,1 м.

Задернованный интервал. Видимая мощность 5 м.

Далее наблюдается оползший блок (с сохранившейся последовательностью вышележащих слоев), перекрывающий пограничные отложения баксанского и долборского горизонтов. Эта часть разреза подробно охарактеризована Х. С. Розман (слои 4–7, обн. XIII) [15, 18] и Т. А. Москаленко (слои 2–3, обн. XIV А) [13]. При экспедиционных работах 2015 г. в разрезе удалось наблюдать лишь верхнюю часть слоя 2 (около 0,5 м) Т. А. Москаленко, представленную зелеными аргиллитами, и «наползшие» на них известняки верхней (2/3) части слоя 3. Описание приведено по опубликованным материалам [13] (соответствуют слоям 2 и 3 (нижняя треть слоя) обн. XIV А и отмечены знаком «*»). Остракоды установлены из каменного материала, собранного Т. А. Москаленко (1965).

Слой 9 (2)*. Аргиллиты зеленые тонколистоватые и мелкооскольчатые. В средней части установлена пачка переслаивания аргиллитов и известняков глинистых и органогенных, сменяющаяся к верху преимущественно аргиллитовой. Из прослоев органогенных известняков установлены остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *D. coalita*, *D. composita*, *Reigiopsis conicus*, *Milleratia tungusica*, *Planusella bicornis*, *Dorsogibella costaventralis*, *Grammolomatella valdari*, *Bolbinella limbata* и конодонты *Belodina compressa*, *Drepanodistacodus victrix*, *Distacodus vernus*, *Yaoxianognathus (?) tunguskaensis*. Мощность слоя 7,0 м.

Слой 10 (3)*. Известняки темно-серые, глинистые, комковатые, битуминозные; заметна примесь гравийного материала. Наблюдаются включения кремней и жеоды, выполненные кальцитом. В нижней части – обилие табулят и гелиолитид. Обнаружены редкие остракоды *Krausella* sp., *Baltonotella* sp., *Steuslofia rudiformis* и *Collibolbina habeotubercula*. Мощность слоя 2,0 м.

Слой 11. В нижней половине наблюдается переслаивание скрытокристаллических и органогенных известняков темно-серых с тонкими прослоями аргиллитов; в верхней – известняки темно-серые глинистые битуминозные. В известняках содержатся остракоды *Dolborella plana*, *D. bifurcata*, *D. coalita*, *D. composita*, *Reigiopsis conicus*, *R. tumulus*, *Parajonesites notabilis*, *Planusella bicornis*, *Easchmidtella gibbosa*, *Dorsogibella costaventralis*, *Gaindella* aff. *signata*, *Hallatina orlovi*, *Krausella* sp., *Baltonotella* sp. Видимая мощность слоя 4,0 м.

Долборская часть данного обнажения, также являющаяся парастратотипом долборского горизонта, значительно наращивается вверх в обнажении на правом берегу р. Чуня в 1,5 км выше устья р. Верхняя Чунку [13, 15, 18]. Однако отложения сильно изменены под воздействием перекрывающей их мощной интрузией долеритов. Органические остатки вследствие этого сохранились в виде неопределимых отпечатков и сильно перекристал-

лизованных ядер, поэтому мы это обнажение не рассматриваем.

Биостратиграфический анализ изученной фауны

Анализ известной из литературных источников и вновь определенной фауны позволил в значительной мере уточнить возрастной диапазон выделяемых в изученных разрезах литостратиграфических подразделений (см. рис. 2, 3).

В первых опубликованных материалах [3] криволучский ярус выделен в объеме пачки пестроцветных аргиллитов с прослоями известняков, залегающих над гравелитами с гальками фосфорита (см. рис. 2). Данные отложения отнесены к криволучскому ярусу по положению в разрезе, так как фаунистически они не охарактеризованы. Фаунистическая характеристика разреза в районе руч. Амуткан приведена лишь для мангазейской (в современной номенклатуре – чертовской и баксанский горизонты) его части. Здесь установлены брахиоподы *Mimella* sp., *Rostricellula* sp., *Strophomena sibirica*, *S. incurvata*, *Glyptothorthis* sp., *Hesperorthis* sp.; трилобиты *Isootelus maximus sibiricus*, *Monorakos lopatini*, *Evenkaspis sibirica*, *E. tchunensis*, *Carinopyge ensifera* (трилобиты приведены в современной номенклатуре, как они были монографически описаны З. А. Максимовой [5]); остракоды *Costoprimites textilis*. В дальнейшем Е. П. Марковым [6] в верхней части красноцветной пачки установлены брахиоподы *Oepikina tojoni* и *Mimella panna*, на основании чего в разрезе уточнено положение нижней границы мангазейского яруса, которую было предложено проводить по появлению зонального вида *Mimella panna*, известного на Сибирской платформе с основания чертовского горизонта.

Планомерное биостратиграфическое изучение разреза в районе руч. Амуткан началось в середине 1960-х гг. [9, 15–18]. В указанных работах приведены обширные комплексы остракод *Leperditella parvipunctata*, *Pribylina levis*, *Primitia perpusilla*, *Bodenia anonima*, *B. aechminiformis*, *Euprimitia helenae*, *Costoprimites textilis*, *Parajonesites notabilis*, *P. aculeatus*, *Glandites bulbosus*, *G. laticornis*, *Jonesites obliquus*, *J. confusus*, *Collibolbina rogeri*, *Planusella bicornis* (определения Л. М. Мельниковой и В. А. Ивановой) и брахиопод *Triplesia sibirica*, *Strophomena mangazeica*, *S. lethea*, *Rostricellula transversa*, *R. subrostrata*, *R. sibirica*, *R. raymondi nana*, *Mimella panna*, *Maakina paucirugosa*, *M. parvuliformis*, *Lepidocycloides nana*, *Glyptothorthis katangaensis*. По результатам этих исследований было уточнено и расширено распространение в разрезе зонального вида *Mimella panna*, что позволило Х. С. Розман обосновать накопление отложений в нижней части разреза в чертовское время. При этом она исходила из того, что граница чертовского и баксанского горизонтов устанавливается по исчезновению раковин вида *Mimella panna* и *Rostricellula raymondi nana* и появлению представителей вида *Rostricellula sibirica* и родов *Leptelina*,

Maakina, *Glyptothorthis* [15]. Однако в последнее время после находок вида-индекса (*Mimella panna*) в нижней части баксанского горизонта в стратотипе на р. Столбовая установлено, что верхняя граница зоны *Mimella panna* проводится выше границы чертовского и баксанского горизонтов [7, 14].

Охарактеризованный в работах Х. С. Розман [15, 18] комплекс остракод из нижней («чертовской») части разреза очень противоречивый, и по установленным здесь формам нельзя однозначно интерпретировать возраст вмещающих отложений. С одной стороны, из верхней половины слоя 3 приведены формы, известные только в баксанское время (*Euprimitia helenae* и *Costoprimites textilis*) и входящие в комплекс остракодовой зоны *Parajonesites notabilis*, нижняя граница которой совпадает с основанием баксанского горизонта. Первое появление вида-индекса остракодовой зоны *Parajonesites notabilis* Х. С. Розман отмечает в кровле слоя 3 (IX разрез) (слой 7 обн. 1504 в настоящей работе), который она сопоставляет с чертовским горизонтом. Первые подтвержденные находки представителей *Parajonesites notabilis* нами установлены в слое 8. Но начиная со слоя 5 мы получили представительный комплекс зоны *Parajonesites notabilis* (*Costoprimites indiligens*, *Euprimitia helenae*, *Aparchitella procera*, *Jangadallina altera*, *Aparchitella procera*), позволяющий коррелировать эти отложения с баксанским горизонтом (см. рис. 2) [1].

С другой стороны, Х. С. Розман [18] в основании слоя 3 (отнесенного ею к чертовскому времени) отмечает *Pribylina levis*, известные на Сибирской платформе из отложений киренско-кудринского времени. К сожалению, ранее установленный комплекс остракод она приводит общим списком видовых наименований без фотоизображений. Во время проведения экспедиционных работ найти эти формы нам не удалось. В то же время из нижней (терригенной) части разреза (начиная со слоя 2, см. рис. 2) были установлены представители *Nikolina pterovernalis*, характерной особенностью которых является развитие на боковой поверхности раковины ребра, нависающего над брюшным краем, наподобие ребра, развитого у *Pribylina levis*, однако отличающегося от последнего по ряду характерных признаков [1]. Вероятно, Х. С. Розман имела в виду представителей установленного здесь вида *Nikolina pterovernalis*.

Таким образом, анализ распространения фаунистических сообществ в рассматриваемом разрезе позволяет предположить, что накопление почти всей красноцветной части разреза (слои 3–13), которая ранее сопоставлялась с волгинским и киренско-кудринским [3, 6, 19] или чертовским горизонтами [9, 11, 15, 17, 18], происходило в баксанское время.

Типовая ассоциация брахиопод зоны *Mimella panna* из этого разреза (слои 4–13) представлена, кроме зонального вида, широко распространенными на Сибирской платформе видами *Rostricellula*



raymondi nana и *R. transversa*. Возраст этой зоны – чертовской горизонт – низы баксанского [7].

Согласно существующей зональной схемы по брахиоподам, в баксанском горизонте выделяют две зоны: 1) *Maakina parvuliformis* – *Leptellina carinata* в объеме нижней половины баксанского горизонта, 2) *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria*, сопоставляемая с верхней частью баксанского горизонта [7]. Находка вида *Rostricellula sibirica* в нижней части слоя 14 в обн. 1504 позволяет провести нижнюю границу зоны *Maakina parvuliformis* – *Leptellina carinata* на этом стратиграфическом уровне. В верхней части разреза наряду с известными ранее *Triplesia sibirica*, *Strophomena lethea*, *Maakina paucirugosa*, *Lepidocycloides nana*, *Glyptorthis katangaensis* найдены *Triplesia baxanica* и *Glyptorthis pulchra*. Данный комплекс принадлежит к нижней половине баксанского горизонта и хорошо сопоставляется с зоной *Maakina parvuliformis* – *Leptellina carinata* (см. рис. 2).

При анализе комплекса трилобитов из изучаемого обнажения обращает на себя внимание полное отсутствие трилобитов в нижней части разреза, хотя зональный вид *Isalaux stricta* широко представлен (совместно с зональным видом брахиопод *Mimella panna*) во всех структурно-фациальных районах Сибирской платформы этого временного интервала. Известный ранее комплекс трилобитов *Isotelus maximus sibiricus*, *Evenkaspis sibirica*, *E. chunensis*, *Carinopyge ensifera*, *C. fracta*, *Monorakos lopatini* был дополнен видом *Monorakos morkokensis*, что позволяет в целом коррелировать вмещающие отложения с мангазейским надгоризонтом (чертовским и баксанским горизонтами).

Палеонтологическая характеристика стратотипического обн. 1501 на левом берегу р. Чуня в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку, была в значительной степени расширена новыми находками многочисленных остракод (см. описание разреза и рис. 3). Ранее из этого обнажения были установлены *Jonesites mirus*, *J. confusus*, *Parajonesites notabilis*, *P. alatus*, *Planusella bicornis*, *Spinellina convexa* и *Grammolomatella valdari* [18]. Изучение комплекса остракод, по результатам исследований, проведенных здесь в 2015 г., показало развитие комплекса остракодовой зоны *Dolborella plana* начиная с основания обнажения (слой 1, см. рис. 3).

В последние годы в результате палеонтолого-стратиграфических исследований по уточнению и детализации новой версии региональной стратиграфической схемы ордовика Сибирской платформы [14] установлено: развитие зонального комплекса *Dolborella plana*, а также трилобитовой (*Bumastus sibirica*) и брахиоподовой (*Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria*) зон в стратотипических разрезах баксанского (на р. Столбовая) и долборского (на р. Чуня) горизонтов отмечается уже в верхней части баксанского горизонта [7, 21], что также подтверждается на примере Гаиндинской скв. 3 [2].

Также интересным оказался комплекс, представленный своеобразными формами – *Milleratia tungusica*, *Bolbinella limbata*, *Gaindella signata*, *Dorsogibella costaventralis*, *Reigiopsis conicus*, *R. tumulus*, впервые установленными из баксанских отложений в Гаиндинской скв. 3 [2].

Комплекс брахиопод, известный в баксанской части разреза [18] (слои 5–9, см. рис. 3), включает *Rostricellula subrostrata*, *Lepidocycloides indivisus*, *Strophomena lethea*, *Triplesia* sp., *Maakina paucirugosa*. Долборская часть разреза (слои 10–11, см. рис. 3) характеризуется наличием *Parastrophina plena sibirica*, *Hesperorthis evenkiensis*, *Bellimurina paucicostata*, *Rostricellula subrostrata*, *Strophomena lethea*, *Glyptorthis pulchra*.

Зона *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria* сопоставляется с верхней частью баксанского горизонта. Нижняя граница проводится по первому появлению одного из видов-индексов, верхняя совпадает с появлением вида-индекса вышележащей зоны. Находка *Hesperorthis evenkiensis*, *Rostricellula subrostrata*, *Lepidocycloides indivisus* и *Strophomena lethea* позволяет уверенно сопоставлять вмещающие отложения с верхней частью баксанского горизонта [7]. Граница с долборским горизонтом по брахиоподам может проводиться по появлению видов *Parastrophina plena sibirica* и *Bellimurina paucicostata*, но в данном разрезе она проводится в первую очередь по наличию битуминозных известняков с кораллами.

Возрастной интервал от верхов баксанского горизонта до низов долборского горизонта на Сибирской платформе очень хорошо охарактеризован разнообразной фауной, в том числе и трилобитами, что позволило не только охарактеризовать баксанский горизонт, но и выделить в его верхней части зону *Bumastus sibiricus*. К сожалению, в стратотипическом обнажении документированных находок зонального вида нет. Попытки найти зональный вид в разрезе 1504 также не увенчались успехом.

Анализ основных групп фауны (остракоды, трилобиты, брахиоподы, конодонты) из рассмотренных местонахождений позволил установить, что обнажения представляют два разных, не перекрывающихся стратиграфических уровня. При этом отсутствие в разрезе обн. 1504 биостратиграфических зон *Dolborella plana*, *Bumastus sibirica* и *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria*, широко представленных в стратотипическом обн. 1501, позволяет утверждать, что возраст отложений слоев 2–27 обн. 1504 ограничен нижнебаксанским временем, а слои 1–9 обн. 1501 по распространению в них представителей зоны *Dolborella plana* и *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria* следует рассматривать как верхнюю часть баксанского горизонта, переходящего в долборский. Взаимоотношение этих разрезов между собой не установлено. По всей видимости, между ними существует часть отложений, не наблюдаемая в естественных выходах.

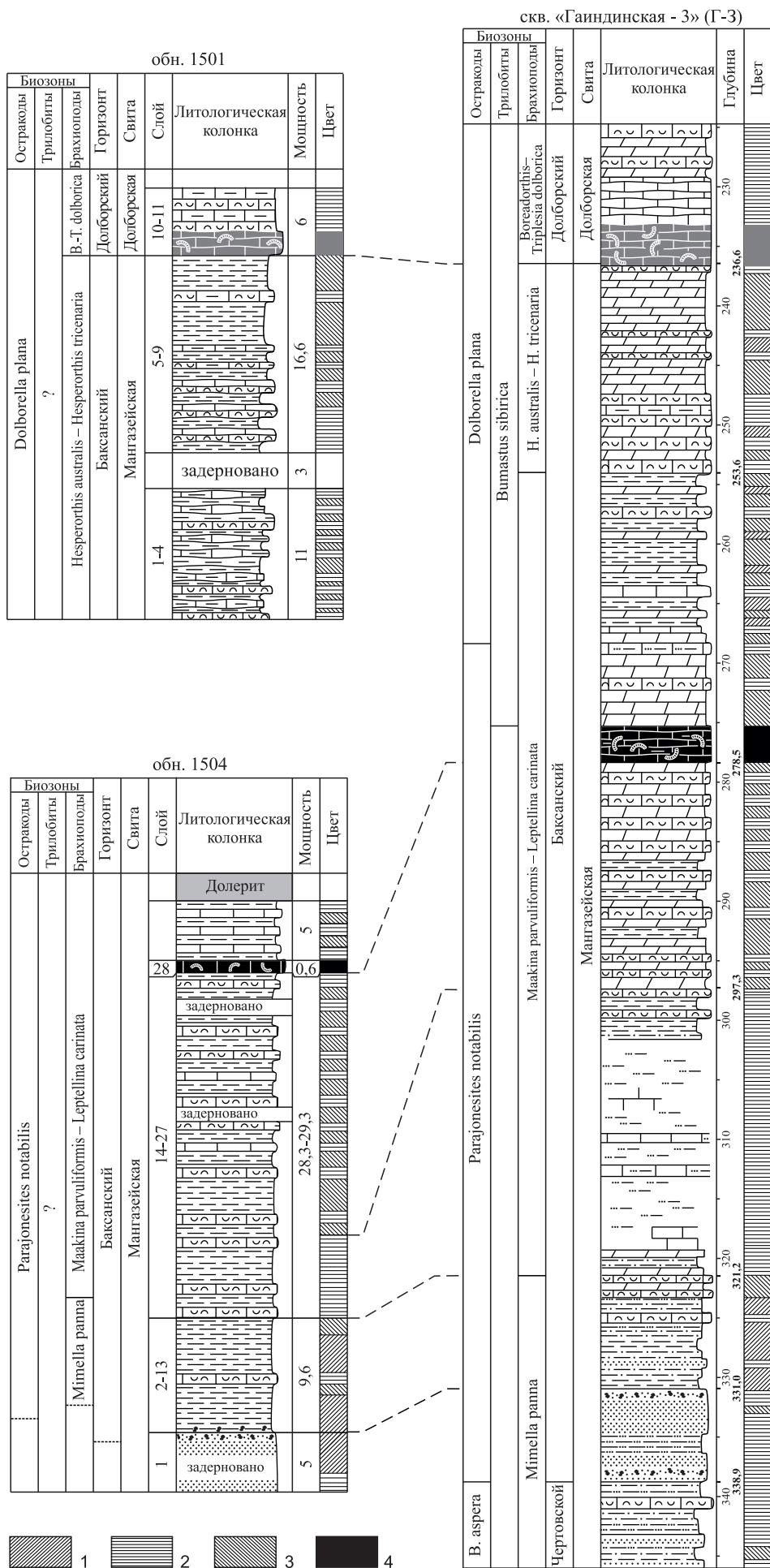


Рис. 4. Корреляция разрезов 1501 и 1504 верхнего ордовика с соответствующими отложениями Гаиндинской схв. 3
Цвет: 1 – красный, 2 – серый, 3 – зеленый, 4 – темно-серый; остальные усл. обозн. см. на рис. 2

Это также хорошо согласуется при сопоставлении указанных обнажений с разрезом опорной Гаиндинской скв. 3, вскрывающей практически весь разрез ордовикских отложений изучаемой территории [2, 12, 20] (рис. 4). Чертовской горизонт (инт. 347,0–338,9 м) в скважине представлен пачкой алевропесчаников и алевроаргиллитов с прослоями органогенных известняков и песчаников, переходящих в аргиллиты.

Песчаники, переходящие в гравелиты, установленные в основании разреза обн. 1504 (слой 1), хорошо сопоставляются с пачкой алевропесчаников и песчаников с прослоями гравелитов, вскрытой скважиной в инт. 331,0–347,3 м. Выше, в инт. 321,2–331,0 м, следует пачка красно- и зеленоватобелых аргиллитов с прослоями мергелей и органогенного известняка, которая сопоставляется со слоями 3–13 обн. 504. Т. А. Москаленко выделяла эти отложения в пестроцветную пачку [9]. Слои 14–21 обн. 1504, выделяемые в сероцветную пачку [9], в скважине соответствуют инт. 297,3–321,2 м. Здесь вскрывается пачка переслаивания аргиллитов серых и зеленовато-серых и светло-серых органогенных известняков. Зеленоцветная пачка [9] (слои 22–27, обн. 1504) соответствует инт. 278,5–297,3 м в скважине, где они представлены переслаиванием зеленовато-серых мергелей с серыми известняками глинистыми органогенными.

В инт. 275,4–278,5 м вскрыты известняки серые среднекристаллические массивные с волнистыми поверхностями напластования, на которых видны примазки глинистых разностей темно-серого до черного цвета сильно битуминозных. Известняки содержат колонии табулят. Эту часть разреза скважины можно сопоставить с известняками слоя 28 обн. 1504 (см. рис. 4).

Нижнюю (баксанскую) часть стратотипического обн. 1501 по распространению в ней представителей рода *Dolborella* можно сопоставить с инт. 236,6–268,5 м разреза, вскрытого Гаиндинской скв. 3 [2]. В скважине в этом интервале вскрываются мергели и алевролиты, переслаивающиеся с маломощными прослоями органогенных известняков. Выше в инт. 229,1–236,6 м вскрываются отложения долборского времени, представленные известняками темно-серыми, серыми и светло-серыми, глинистыми узловато-слоистыми с редкими прослоями мергелей; в известняках содержатся колонии табулят (см. рис. 4).

Выводы

1. Песчаники (слой 1) в основании разреза обн. 1504 по гранулометрическому составу и внешнему облику не похожи на байкитские песчаники среднего ордовика. Кроме того, здесь найдены остракоды *Easchmidtella gibbosa*, впервые установленные из керна Гаиндинской скв. 3 в верхней части баксанского горизонта (зона *Dolborella plana*) [2], а также известные из отложений баксанского

времени в нижнем течении р. Подкаменная Тунгуска и в ее притоках. Таким образом, границу чертовского и баксанского горизонтов в разрезе условно можно провести в верхней части слоя 1. Наличие в вышележащих слоях брахиопод зоны *Mimella panna* не противоречит этой корреляции, так как по существующей зональной схеме верхняя граница зоны *Mimella panna* проводится выше границы чертовского и баксанского горизонта [7, 14]. Положение границы может быть уточнено после получения дополнительных материалов о диапазоне распространения вида *Easchmidtella gibbosa*. Важной информацией могли бы стать также новые данные о виде *Nikolina pteroventralis*, развитие которого пока что ограничено рассматриваемой территорией.

2. Слой 3 обн. 1504 по положению в разрезе и установленному здесь комплексу остракодовой зоны *Parajonesites notabilis* (*Costoprimites textilis*, *C. indiligens* и *Euprimitia helenae*) можно уверенно отнести к баксанскому горизонту верхнего ордовика. Находки в этой части разреза вида *Pribylina levis*, отмеченные в работе Х. С. Розман [18] и известные на Сибирской платформе из отложений киренско-кудринского времени, требуют дополнительного изучения. Вероятно, под видом *Pribylina levis* имелись в виду представители вновь установленных здесь форм *Nikolina pteroventralis*, сходных по морфологическому строению раковины, но различающихся по ряду признаков. Либо в значительной степени расширится интервал распространения вида *Pribylina levis*.

3. Отсутствие в обн. 1504 (слои 3–27) комплекса и зональных видов остракодовой зоны *Dolborella plana* [13, 21], брахиоподовой зоны *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis tricenaria* [7] и трилобитовой зоны *Bumastus sibirica* [14, 21] ограничивает возрастную диапозон вмещающих отложений нижней частью баксанского времени. Аналогичный результат был получен Х. С. Розман при анализе комплекса фауны этого разреза. Она не смогла выделить комплекс IV (самой верхней) пачки баксанского времени и вынуждена была заменить ее стратиграфическим перерывом, считая, что далее наблюдаются отложения, относимые к долборскому времени [15–17].

4. В обн. 1504 отсутствуют отложения долборского времени. Коралловый известняк в кровле разреза (слой 28) хорошо сопоставляется по внешнему облику и положению в разрезе с аналогичным известняком баксанского горизонта из Гаиндинской скв. 3 (инт. 275,4–279,6) (см. рис. 4).

5. Впервые приводится характеристика разреза обн. 1501, дополняющая описание ранее установленных баксанских отложений, подстилающих стратотипический разрез долборского горизонта на левом берегу р. Чуня в 2 км выше устья р. Верхняя Чунку.

6. Слои 1–9 стратотипического разреза обн. 1501 по распространению в нем представителей зоны *Dolborella plana* и *Hesperorthis australis* – *Hesperorthis*

tricenaria, следует рассматривать как верхнюю часть баксанского горизонта, переходящего в долборский.

7. Взаимоотношения изученных разрезов не установлено. По всей видимости, между ними существует часть отложений, не наблюдаемая в естественных выходах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонта Т. В. Остракоды ордовика бассейна р. Чуни (правый приток Подкаменной Тунгуски, Сибирская платформа) // Палеонт. журн. – 2020. – № 1. – С. 33–43.

2. Гонта Т. В., Каныгин А. В. Остракоды ордовика опорной скважины Гаиндинская-3 (Сибирская платформа, Тунгусская синеклиза) // Палеонт. журн. – 2018. – № 5. – С. 48–61.

3. Драгунов В. И. Леднева В. П. Стратиграфия, тектоника и магматизм долины р. Чуни // Материалы по геологии и полезным ископаемым Сибирской платформы. – Л.: ВСЕГЕИ, 1960. – С. 5–26.

4. Иванова В. А., Мельникова Л. М. Новые находки Tetradellidae и Hollinidae (Ostracoda) в среднем и верхнем ордовике Средней Сибири // Палеонт. журн. – 1977. – № 2. – С. 83–90.

5. Максимова З. А. Трилобиты ордовика и силура Сибирской платформы. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 215 с.

6. Марков Е. П. Ордовик и ранний силур юго-запада Тунгусской синеклизы. – Л.: Недра, 1970. – 144 с.

7. Маслова О. А., Ядренкина А. Г. Зональное расчленение и корреляция средне- и верхнеордовикских отложений Тунгусской синеклизы по брахиоподам // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 3. – С. 3–17.

8. Мельникова Л. М. Некоторые ордовикские остракоды семейства Drepanellidae Сибирской платформы // Палеонт. журн. – 1975. – № 3. – С. 89–93.

9. Москаленко Т. А. О возрасте пород криво-луцкого горизонта на Сибирской платформе // Геология и геофизика. – 1974. – № 4. – С. 115–118.

10. Никифорова О. И., Андреева О. Н. Стратиграфия ордовика и силура Сибирской платформы и ее палеонтологическое обоснование. – Л.: Гостоптехиздат, 1961. – 412 с.

11. О стратиграфическом расчленении и корреляции среднего ордовика Сибирской платформы / А. В. Каныгин, Т. А. Москаленко, А. Г. Ядренкина и др. // Проблемы стратиграфии ордовика и силура Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 3–43.

12. Ордовик Гаиндинской площади (юго-запад Сибирской платформы) / А. Г. Ядренкина, Г. П. Абимова, О. В. Сычев и др. // Стратиграфия и главные события в геологической истории Сибири. – Новосибирск, 1991. – С. 43–50.

13. Ордовик Сибирской платформы. Опорные разрезы верхнего ордовика (биостратиграфия и фауна) / Т. А. Москаленко, А. Г. Ядренкина, В. С. Семенова и др. – М.: Наука, 1978. – 164 с.

14. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений Сибирской платформы (новая версия) / А. В. Каныгин, А. Г. Ядренкина, А. В. Тимохин и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 5с. – С. 4–57.

15. Розман Х. С. Биостратиграфия и зоогеография верхнего ордовика Северной Азии и Северной Америки. – М.: Наука, 1977. – 171 с.

16. Розман Х. С. Комплексы мангазейско-долборской фауны ордовика Сибирской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1973. – № 3. – С. 109–116.

17. Розман Х. С. О брахиоподах рода *Maakina* // Палеонт. журн. – 1972. – № 2. – С. 82–93.

18. Розман Х. С. Описание разрезов верхнего ордовика Средней Сибири // Фауна ордовика Средней Сибири. – М.: Наука, 1979. – С. 5–37.

19. Соколов Б. С., Тесаков Ю. И. Табуляты палеозоя восточной части Сибири // Табуляты палеозоя Сибири. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 2–125.

20. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Ордовик Сибирской платформы / А. В. Каныгин, А. Г. Ядренкина, А. В. Тимохин и др. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2007. – 269 с.

21. Тимохин А. В., Гонта Т. В. Зональное расчленение баксанского и долборского горизонтов верхнего ордовика сибирской платформы по трилобитам и остракодам // XII Интерэкспо Гео-Сибирь-2016 Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология. Т. 1. – Новосибирск, 2016. – С. 126–130.

REFERENCES

1. Gonta T.V. [Ordovician ostracods from the Chunya River basin (a right tributary of the Podkamennaya Tunguska River, Siberian Platform)]. *Paleontological Journal*, 2020, vol. 54, no. 1, pp. 34–46.

2. Gonta T.V., Kanygin A.V. [Ordovician ostracods from the core of the Gaindinskaya-3 reference borehole (Tunguska Syncline, Siberian Platform)]. *Paleontological Journal*, 2018, vol. 57, no. 5, pp. 520–534.

3. Dragunov V.I., Ledneva V.P. [Stratigraphy, tectonics and magmatism of the Chunya River valley]. *Materialy po geologii i poleznym iskopaemym Sibirskoy platformy* [Materials on Geology and Mineral Resources of the Siberian Platform]. Leningrad, VSEGEI Publ., 1960, pp. 5–26. (In Russ.).

4. Ivanova V.A. [New findings of Tetradellidae and Hollinidae (Ostracoda) in the Middle and Upper Ordovician of Middle Siberia]. *Paleontologicheskii zhurnal – Paleontological Journal*, 1977, no. 2, pp. 83–90. (In Russ.).

5. Maksimova Z.A. *Trilobity ordovika i silura Sibirskoy platformy* [Trilobites of the Ordovician and Silurian of the Siberian Platform]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1962. 215 p. (In Russ.).

6. Markov E.P. *Ordovik i ranniy silur yugo-zapada Tungusskoy sineklizy* [The Ordovician and Early Silurian



of the south-western Tunguska syncline]. Leningrad, Nedra Publ., 1970. 144 p. (In Russ.).

7. Maslova O.A., Yadrenkina A.G. [Zonal division and correlation of Middle and Upper Ordovician deposits of the Tunguska Syncline based on brachiopod data]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2017, no. 3, pp. 3–17. (In Russ.).

8. Melnikova L.M. [Some Ordovician ostracods of the family *Drepanellidae* in the Siberian Platform]. *Paleontologicheskii zhurnal – Paleontological Journal*, 1975, no. 3, pp. 89–93. (In Russ.).

9. Moskalenko T.A. [About the age of the Krivaya Luka Horizon on the Siberian Platform]. *Geologiya i geofizika*, 1974, no. 4, pp. 115–118. (In Russ.).

10. Nikiforova O.I., Andreeva O.N. *Stratigrafiya ordovika i silura Sibirskoy platformy i ee paleontologicheskoye obosnovaniye* [Stratigraphy of the Ordovician and Silurian and its paleontological substantiation]. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1961. 412 p. (In Russ.).

11. Kanygin A.V., Moskalenko T.A., Yadrenkina A.G., et al. [On stratigraphic division and correlation of the Middle Ordovician of the Siberian Platform]. *Problemy stratigrafii ordovika i silura Sibiri* [Problems of Stratigraphy of the Ordovician and Silurian of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977, pp. 3–43. (In Russ.).

12. Yadrenkina A.G., Abaimova G.P., Sychev O.V., et al. [The Ordovician Gaidinskaya Area (southwest of the Siberian Platform)]. *Stratigrafiya i glavneishie sobytiya v geologicheskoy istorii Sibiri* [Stratigraphy and the Most Important Events in the Geological History of Siberia]. Novosibirsk, 1991, pp. 43–50. (In Russ.).

13. Moskalenko T.A., Yadrenkina A.G., Semanova V.S., et al. *Ordovik Sibirskoy platformy. Opornyye razrezy verkhnego ordovika (biostratigrafiya i fauna)* [The Ordovician of the Siberian Platform. Key sections (biostratigraphy and fauna)]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 164 p. (In Russ.).

14. Kanygin A.V., Yadrenkina A.G., Timokhin A.V., et al. [The regional stratigraphic chart of the Ordovi-

cian of the Siberian Platform (new version)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2017, no. 5s, pp. 4–57. (In Russ.).

15. Rozman Kh.S. *Biostratigrafiya i zoogeografiya verkhnego ordovika Severnoy Azii i Severnoy Ameriki* [Biostratigraphy and zoogeography of Upper Ordovician of the North Asia and North America]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 171 p. (In Russ.).

16. Rozman Kh.S. [The Mangazey-Dolbor faunal assemblages in the Ordovician of the Siberian Platform]. *Izv. AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1973, no. 3, pp. 109–116. (In Russ.).

17. Rozman Kh.S. [On brachiopods of the *Maakina* genus]. *Paleontologicheskii zhurnal – Paleontological Journal*, 1972, no. 2, pp. 82–93. (In Russ.).

18. Rozman Kh.S. [Description of Upper Ordovician sections of Central Siberia]. *Fauna ordovika Sredney Sibiri* [Ordovician fauna of Central Siberia]. Moscow, Nauka Publ., 1979, pp. 5–37. (In Russ.).

18. Sokolov B.S., Tesakov Yu.I. [Paleozoic Tabulata in the eastern part of Siberia]. *Tabulyaty paleozoya Sibiri* [Paleozoic Tabulata of Siberia]. Moscow, Leningrad, AS USSR Publ., 1963, pp. 2–125. (In Russ.).

20. Kanygin A.V., Yadrenkina A.G., Timokhin A.V., et al. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Ordovik Sibirskoy platformy* [Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Ordovician of Siberian Platform]. Novosibirsk, Geo Publ., 2007. 269 p. (In Russ.).

21. Timokhin A.V., Gonta T.V. [Zonal subdivision of the Baksan and Dolbor horizons (Upper Ordovician) of the Siberian Platform, based on trilobites and ostracods.]. *XII Interexpo Geo-Sibir. Nedropolzovaniye. Gornoye delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Geoekologiya* [12th Interexpo Geo-Siberia-2016. Subsurface Management. Mining. Directions and technologies of prospecting, exploration and development of mineral deposits. Geoecology]. Novosibirsk, 2016, vol. 1, pp. 126–130. (In Russ.).

© Т. В. Гонта, А. В. Тимохин, О. А. Маслова, 2021



УДК (553.98.04:550.83):551.762.1(985)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НИЖНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГЫДАНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ СИБИРСКОГО СЕКТОРА АРКТИКИ

Г. Г. Шемин¹, П. А. Глазырин², А. Г. Вахромеев^{3,4}, О. И. Бостриков⁵, Е. В. Деев^{1,2}, М. Ю. Смирнов⁶, В. В. Сапьяник⁷, В. И. Москвин^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия; ³Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия; ⁴Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; ⁵Всероссийский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия; ⁶Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия; ⁷Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Приведены результаты количественного прогноза нефтегазоносности тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров нижнеюрских глубокопогруженных отложений Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и смежной территории Гыданской на основе моделей строения и реконструируемых условий формирования каждого из отмеченных резервуаров и их составных частей – проницаемых комплексов и флюидоупоров, ранее разработанных авторами настоящей статьи. Изложены тектонические, литолого-фациальные и геохимические критерии оценки перспектив нефтегазоносности резервуаров. Рассмотрены методика и результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров с прилагаемыми картами перспектив нефтегазоносности каждого резервуара. Приведена структура ресурсов УВ: распределение начальных суммарных ресурсов УВ по фазовому составу, региональным резервуарам и нефтегазоносным областям.

Ключевые слова: резервуар, критерии нефтегазоносности, количественная оценка, газ, конденсат, ресурсы УВ.

PETROLEUM POTENTIAL QUANTITATIVE FORECAST OF DEEPLY-BURIED REGIONAL RESERVOIRS OF THE LOWER JURASSIC DEPOSITS WITHIN THE YENISEI-KHATANGA AND EASTERN GYDAN PETROLEUM REGIONS OF THE SIBERIAN SECTOR IN THE ARCTIC

G. G. Shemin¹, P. A. Glazyrin², A. G. Vakhromeev^{3,4}, O. I. Bostrikov⁵, E. V. Deev^{1,2}, M. Yu. Smirnov⁶, V. V. Sapyanik⁷, V. I. Moskvina^{1,2}

¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia; ³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia; ⁴Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia; ⁵Karpinsky Russian Geological Institute, Saint Petersburg, Moscow, Russia; ⁶All-Russian research geological oil institute, Moscow, Russia; ⁷Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The article presents the results of petroleum potential quantitative forecast of the Toarcian, Pliensbachian and Hettangian- Sinemurian regional reservoirs of Lower Jurassic deep-buried deposits within Yenisei-Khatanga and adjacent territories of the Gydan petroleum regions based on models of structure and reconstructed conditions of formation for each of the noted reservoirs and their components – permeable complexes and fluid seals, developed earlier by the authors of this article. Tectonic, lithological-facies and geochemical criteria for assessing the oil-and-gas bearing prospects of reservoirs are described. The methodology and the petroleum potential quantitative assessment results for regional reservoirs with attached maps of petroleum potential of each reservoir are considered. The structure of hydrocarbon resources (HC) is given: the distribution of initial total hydrocarbon resources by phase composition, regional reservoirs and oil and gas-bearing areas.

Keywords: reservoirs, criteria of petroleum potential, quantitative assesment, gas, condensate, HC resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-38-57

Исследуемый район является составной частью арктического сектора Российской Федерации, на территории которого прогнозируются громадные ресурсы углеводородного сырья. Административно он полностью входит в состав Таймырского и Ямало-Ненецкого автономных округов, расположенных в Красноярском крае и Тюменской области соответственно. В тектоническом отношении регион

включает Енисей-Хатангский региональный прогиб и смежную территорию Западно-Сибирской геосинеклизы, согласно нефтегазогеологическому районированию – Енисей-Хатангскую нефтегазоносную область (НГО) и смежную территорию Гыданской.

Несмотря на длительную историю проведения нефтегазопромысловых работ, его изученность сейсмо-разведкой и особенно глубоким бурением до насто-



ящего времени остается низкой. На огромной площади региона (около 400 тыс. км²) за почти 80-летнюю историю изучения объем выполненных сейсморазведочных работ составляет около 130 тыс. км, бурения – 1150 тыс. м (530 глубоких скважин). Большинство скважин (78 %) вскрыли неокомские отложения, значительно меньше (18 %) – юрские и лишь 5 % (29 глубоких скважин) – рассматриваемые нижнеюрские.

В результате нефтегазопроисковых работ здесь открыто около 50 месторождений газа и нефти: большинство в неокомском комплексе и лишь семь – в юрском. В нижнеюрских отложениях залежи углеводородов (УВ) не найдены.

Количественная оценка перспектив нефтегазоносности региона, в том числе и рассматриваемых отложений, началась в 1970-е гг. В последующие годы она проводилась регулярно (раз в пять лет), последняя – в 2012 г., когда традиционно оценивались три крупных комплекса отложений: нижнеюрский, среднеюрский и верхнеюрский.

Цель наших исследований – уточнение количественной оценки перспектив нефтегазоносности глубокопогруженных нижнеюрских отложений рассматриваемого региона на уровне региональных резервуаров с использованием более достоверного, чем ранее, метода оценки на базе опубликованной авторами более обширной и разнообразной исходной геологической информации [11]. Для ее достижения необходимо решить следующие задачи:

- разработать тектонические, литолого-фациальные и геохимические критерии прогноза нефтегазоносности резервуаров нефти и газа;
- адаптировать методику количественного прогноза нефтегазоносности к рассматриваемым нижнеюрским отложениям;
- выполнить количественную оценку перспектив нефтегазоносности тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров с построением карт перспектив нефтегазоносности каждого из них и характеристикой структуры ресурсов УВ.

В качестве исходной геологической информации для количественной оценки перспектив нефтегазоносности отмеченных резервуаров использованы следующие опубликованные авторами карты [11]: структурные по кровле проницаемых комплексов резервуаров; толщин и вещественного состава проницаемых комплексов резервуаров; палеогеографические для проницаемых комплексов и флюидоупоров каждого резервуара; прогноза толщин коллекторов и оценки качества флюидоупоров, а также генерации газообразных УВ и катагенетической превращенности органического вещества (ОВ) нефтематеринских отложений левинского, китербютского и лайдинского флюидоупоров.

В нижнеюрских отложениях и подошве среднеюрских в исследуемом регионе обычно выделяется

шесть подразделений: три содержат коллекторы, три представлены преимущественно глинистыми породами, которые являются флюидоупорами [4, 12, 14]. Поэтому авторы в разрезе этих отложений, как и в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП), составной частью которой является регион, выделяют три региональных резервуара¹: геттанг-синемюрский, плинсбахский и тоарский, каждый из которых представлен зимним, шараповским и надояхским проницаемыми комплексами и левинским, китербютским и лайдинским флюидоупорами соответственно [17].

Под резервуаром нефти и газа понимается совокупность смежных экранирующего (сверху) и проницаемого (снизу) комплексов, в которых возможна миграция, аккумуляция и консервация УВ.

Критерии оценки перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров

При количественной оценке перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нижнеюрских отложений использовались результаты анализа тектонических, литолого-фациальных и геохимических критериев.

Тектонические критерии оценки перспектив нефтегазоносности рассмотрены в работах многих известных ученых: И. М. Губкина [5], Ю. А. Косыгина [8], В. Е. Хаина [16], И. С. Брода, Н. А. Еременко [3], Л. Леворсена [9] и др. При оценке перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нижнеюрских отложений в качестве тектонических критериев использовались их структурные планы и отчасти интенсивность проявления дизъюнктивной тектоники. Как известно, при прочих равных условиях наиболее благоприятны для накопления УВ ловушки, расположенные в наиболее приподнятых участках крупных положительных структур. В пределах рассматриваемого региона это следующие положительные структуры II порядка: Владимирский, Балахнинский, Волочанский, Малохетский, Среднемессояхский, Юрхаровский, Тазовский и Ванкоро-Тагульский мезовалы, а также склоны северо-восточной части Мессояхской мегагряды, Балахнинско-Рассохинской гряды и Внутренней, Южно-Таймырской седловин (рис. 1). (На карте приведена новая легенда контуров пликтивных структур и показаны лишь крупные структуры.)

Склоны Балахнинско-Рассохинской гряды и Мессояхской мегагряды, Янголо-Горбинского и Гыданского межавыступов относятся к перспективным землям, где прогнозируются благоприятные условия для накопления УВ в ловушках. Южно-Таймырская мегамоноклиза Внутренней области прогиба и Предтаймырская, Северо-Сибирская, Предъени-

¹Для упрощения названий резервуаров их возрастные датировки соответствуют не всем стратиграфическим объектам резервуаров, а только их проницаемым комплексам.

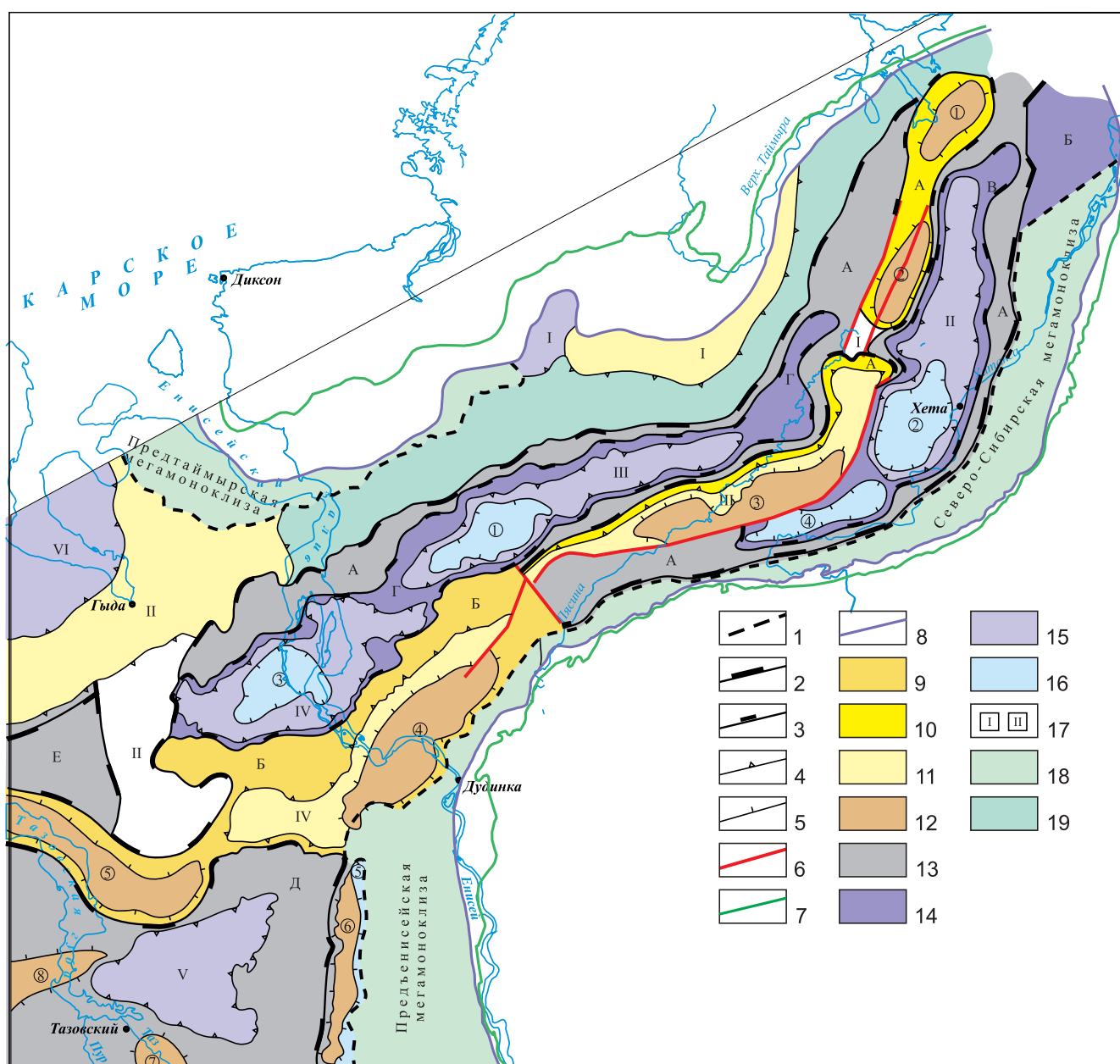


Рис. 1. Тектоническая карта Енисей-Хатангского регионального прогиба и смежной территории Западно-Сибирской геосинеклизы (по М. А. Фомину [15])

1–5 – границы: 1 – Внешнего пояса, структур: 2 – надпорядковых, 3 – 0 порядка, 4 – I порядка, 5 – II порядка; 6 – разломы; 7, 8 – границы распространения отложений: 7 – мезозойско-кайнозойских осадочного чехла, 8 – юрских; 9–12 – положительные структуры: 9 – надпорядковые, 10 – 0 порядка, 11 – I порядка, 12 – II порядка; 13–16 – отрицательные структуры: 13 – надпорядковые, 14 – 0 порядка, 15 – I порядка, 16 – II порядка; 17 – седловины и мегаседловины (I – Внутренняя седловина, II – Танамская мегаседловина); 18 – мегамоноклизы Внешнего пояса; 19 – Южно-Таймырская мегамоноклиза Внутренней области. **Положительные тектонические элементы:** надпорядковые структуры и структуры 0 порядка: А – Балахнинско-Рассохинская наклонная гряда, Б – Мессояхская наклонная гряда; структуры I порядка: I – Янгодо-Горбинский мегавыступ, II – Гыданский мегавыступ, III – Рассохинский наклонный мегавыступ, IV – Усть-Портовский мегавыступ; структуры II порядка: 1 – Владимирский мезовал, 2 – Балахнинский наклонный мезовал, 3 – Волочанский наклонный мезовал, 4 – Малохетский мезовал, 5 – Среднемессояхский мезовал, 6 – Ванкоро-Тагульский наклонный мезовал, 7 – Тазовский мезовал, 8 – Юрхаровский мезовал. **Отрицательные тектонические элементы:** надпорядковые структуры и структуры 0 порядка: А – Енисей-Хатангский наклонный мегажелоб, Б – Эджанский наклонный желоб, В – Боганидско-Жданихинский наклонный желоб, Г – Беловско-Агапский наклонный желоб, Д – Большехетская мегасинеклиза, Е – Антипаютинско-Тадеебахинская мегасинеклиза; структуры I порядка: I – Пясинский мегаврез, II – Хетский наклонный мегапрогиб, III – Агапский мегапрогиб, IV – Беловская мегавпадина, V – Северо-Тазовская мегавпадина, VI – Среднегыданский мегаврез; структуры II порядка: 1 – Агапский мезопроегиб, 2 – Рассомашья мезовпадина, 3 – Южно-Беловская мезовпадина, 4 – Романихинский наклонный мезопроегиб, 5 – Долганско-Лодочный наклонный мезопроегиб

сейская мегамоноклизы Внешнего пояса – сред-неперспективные земли с менее благоприятными условиями. Борты крупнейших отрицательных структур (Большехетской, Антипаютинско-Тадеевской, Енисей-Хатангского мега-желоба и Эджанского, Боганидско-Жданихинского, Беловского-Агапского желобов) характеризуются малоблагоприятными структурными условиями для аккумуляции УВ в ловушках, а их днища – еще менее благоприятными.

Влияние дизъюнктивных нарушений на перспективы нефтегазоносности резервуаров нефти и газа обычно обусловлено следующими обстоятельствами:

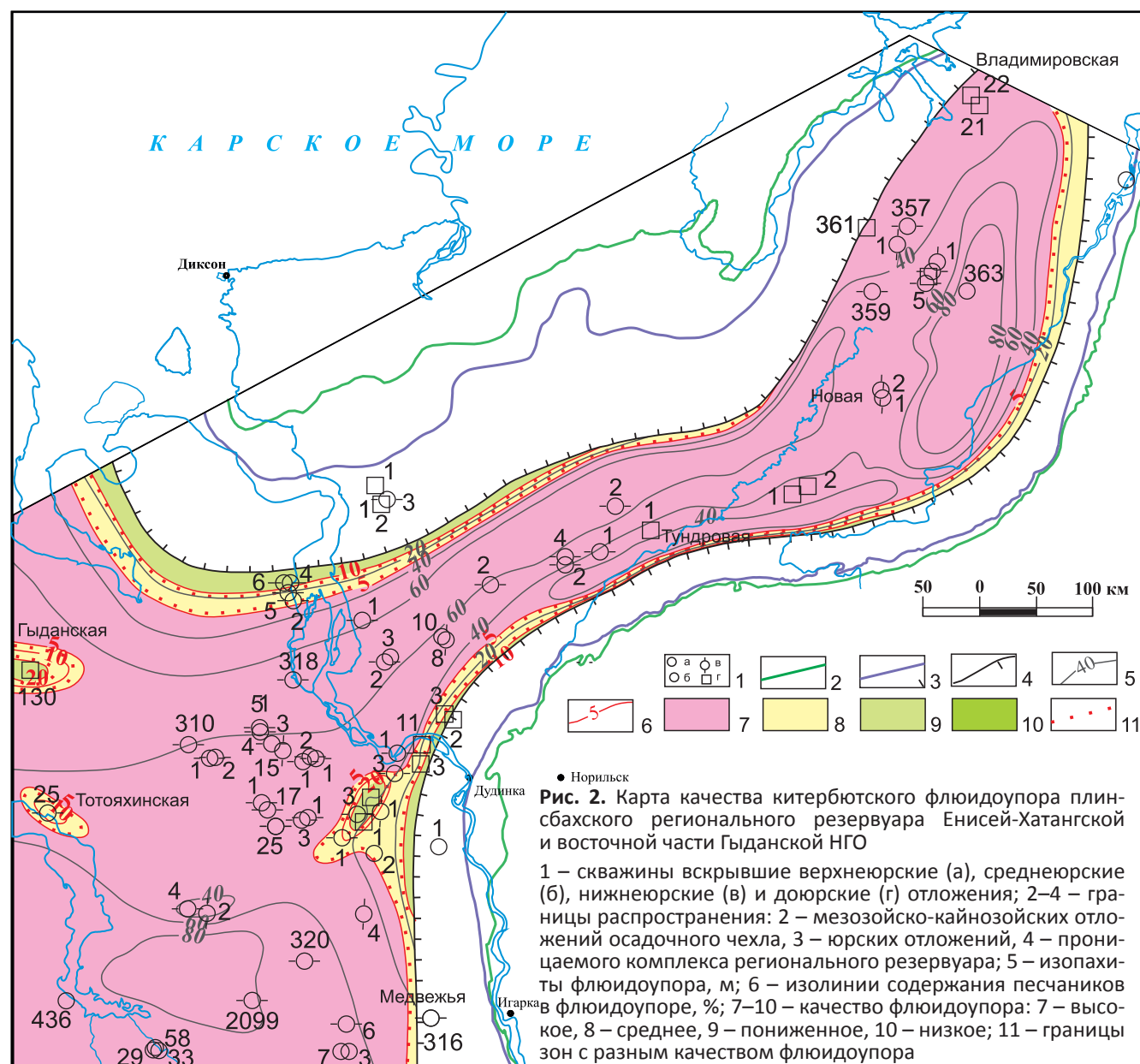
- в участках проявления дизъюнктивных нарушений часто возникают тектонически экранированные залежи;

- трещиноватость пород, обычно сопровождающая дизъюнктивные нарушения, улучшает их фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС);

- в зонах проявления достаточно интенсивной дизъюнктивной тектоники сформированные залежи УВ могут разрушаться за счет ухудшения качества флюидоупоров и замещения интервалов разреза коллекторов на непроницаемые отложения; следует отметить, что на Балахнинском месторождении за счет проявления дизъюнктивной тектоники отмечается частичное разрушение газовой залежи.

Отмеченные виды влияния дизъюнктивной тектоники на перспективы нефтегазоносности в значительной мере зависят от кинематической характеристики разломов (формировались они в обстановке растяжения или сжатия). Специальные исследования этого аспекта дизъюнктивной тектоники не осуществлялись из-за низкой степени изученности района.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что дизъюнктивные нарушения влияют на перспективы нефтегазоносности как положительно



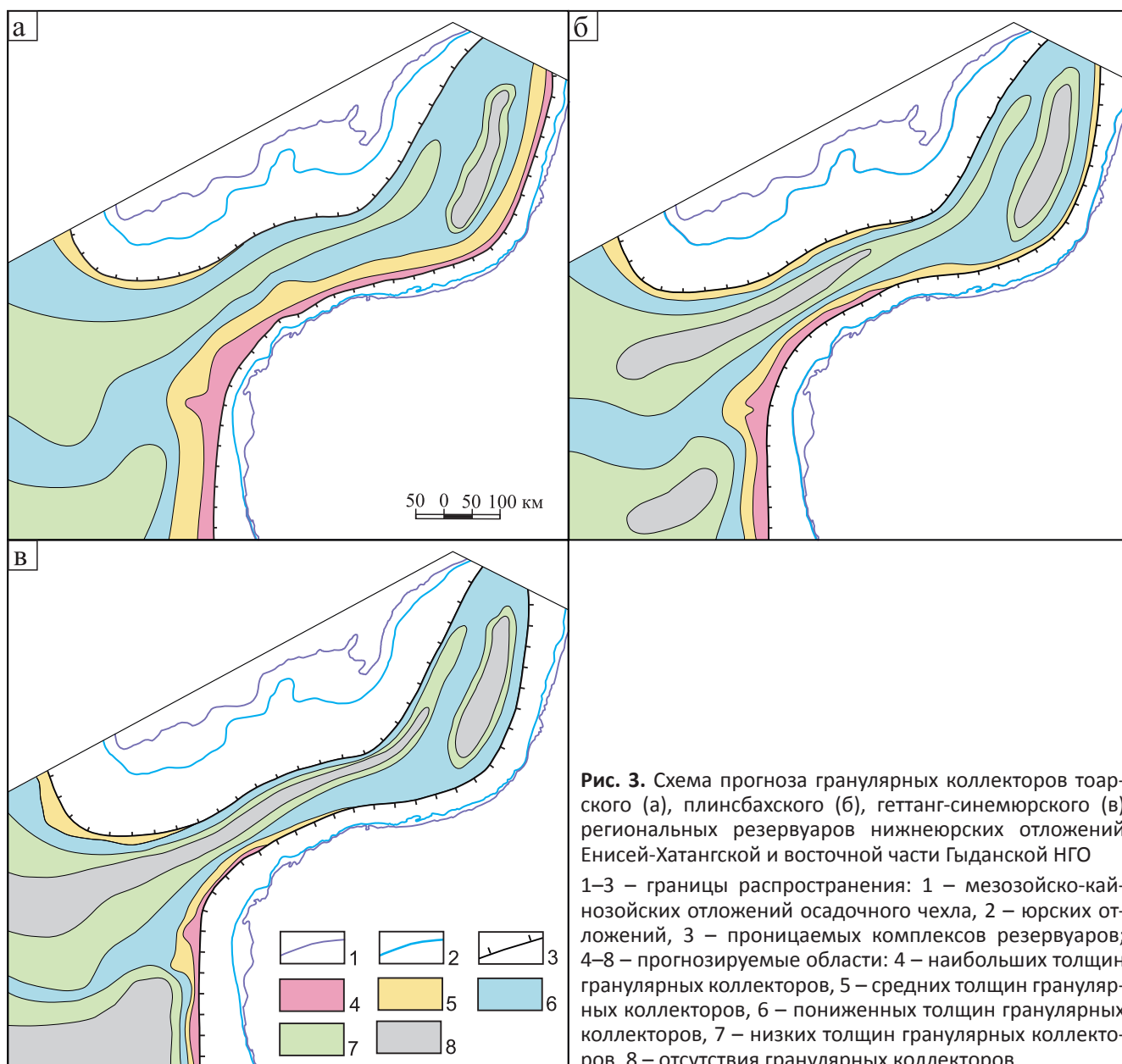


Рис. 3. Схема прогноза гранулярных коллекторов тоарского (а), плинсбахского (б), геттанг-синемюрского (в) региональных резервуаров нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и восточной части Гыданской НГО

1–3 – границы распространения: 1 – мезозойско-кайнозойских отложений осадочного чехла, 2 – юрских отложений, 3 – проницаемых комплексов резервуаров; 4–8 – прогнозируемые области: 4 – наибольших толщин гранулярных коллекторов, 5 – средних толщин гранулярных коллекторов, 6 – пониженных толщин гранулярных коллекторов, 7 – низких толщин гранулярных коллекторов, 8 – отсутствия гранулярных коллекторов

(увеличивают ФЕС пород, образуют многопластовые месторождения), так и отрицательно (разрушают залежи УВ). С учетом этого обстоятельства и неоднозначности выделения разрывных нарушений авторы выполнили предварительную оценку влияния дизъюнктивных нарушений на перспективы нефтегазоносности юрских отложений, руководствуясь следующим принципом: перспективы повышены на участках с наименее интенсивным проявлением дизъюнктивных нарушений.

Литолого-фациальные критерии прогноза нефтегазоносности региональных резервуаров нижнеюрских отложений базируются на оценке качества их составных частей – флюидоупоров и проницаемых комплексов.

Флюидоупоры резервуаров исследуемого региона – левинский, китербютский и лайдинский – имеют глинистый состав. При оценке состава отложений наиболее часто анализируются их грануло-

метрический и литолого-минералогический состав, толщины, ФЕС песчаных прослоев и трещиноватость пород [6, 13]. Флюидоупоры характеризуется весьма низкой степенью изученности: имеются лишь сведения об их толщине, процентном содержании песчаников и отчасти ФЕС песчаных прослоев. Для оценки были построены карты толщин и литологических типов разрезов флюидоупоров, а также процентного содержания в них песчаников. Граничные значения показателей, по которым производилась оценка качества флюидоупоров приведена в табл. 1; оценка качества китербютского флюидоупора – на рис. 2.

Качество проницаемых комплексов резервуаров обычно оценивается путем анализа толщин коллекторов и их ФЕС. Проницаемые комплексы рассматриваемых резервуаров характеризуются весьма сложным неоднородным строением и значительными фациальными изменениями по

Таблица 1

Оценка качества флюидоупоров региональных резервуаров юрских отложений рассматриваемого региона (по Г. Г. Шемину [2014] [17])

Содержание прослоев песчаников во флюидоупоре, %	Качество флюидоупоров			
	Высокое	Среднее	Пониженное	Низкое
	Толщина флюидоупоров, м			
<1	>15	10–15	5–10	<5
1–5	>30	15–30	5–15	<5
5–10	–	>30	15–30	<15

площади. В связи с весьма низкой степенью их изученности авторами осуществлен лишь предварительный прогноз только толщин коллекторов на базе имеющейся ограниченной по объему аналитической и промыслово-геофизической информации, выявленной ранее закономерности изменения ФЕС коллекторов в зависимости от глубины их залегания [17], анализа вещественного состава проницаемых комплексов резервуаров и по итогам палеогеографических реконструкций. По результатам исследований авторами выделены четыре категории областей очагового распространения коллекторов резервуаров: наибольших, средних, пониженных и низких толщин гранулярных коллекторов (рис. 3).

Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности резервуаров. При оценке перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров юрских отложений Енисей-Хатангской НГО и смежной территории Гыданской в качестве геохимических критериев использовались результаты исследований нефтегазогенерационного потенциала и катагенеза ОБ нефтематеринских отложений, которые представлены преимущественно глинистыми образованиями лайдинской, китербютской и левинской свит. Масштабы нефтегазообразова-

ния и катагенез ОБ этих отложений наиболее полно отражены в работах А. Л. Афанасенкова и др. [1], О. И. Бострикова и др. [2] и др. Итоговыми результатами данных исследований стали схематические карты масштабов генерации газообразных УВ, а также катагенетической превращенности ОБ выше отмеченных нефтематеринских отложений. В качестве примера приведен отмеченный набор геохимических карт применительно к нефтематеринским отложениям китербютского регионально-го резервуара (рис. 4).

Методика оценки перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров

При проведении количественной оценки перспектив нефтегазоносности геттанг-синемюрского, плинсбахского и тоарского региональных резервуаров нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО использовалось последнее методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России, утвержденное в 2000 г. [10]. Низкая степень изученности этих отложений сейсморазведкой и бурением затрудняет количественную оценку перспектив их нефтегазоносности геологическим способом (составная часть метода геологических аналогий (МГА)) по удельным плотностям запасов УВ на единицу площади. Тем не менее этот метод наиболее достоверен, потому авторы использовали именно его. Суть его заключается в выделении хорошо изученных нефтегазоносных объектов, принимаемых как эталонные участки, и переносе плотностей ресурсов УВ на прогнозируемые (расчетные) участки за счет использования контролирующих перспективы нефтегазоносности тектонических, литолого-фациальных и геохимических критериев.

Количественная оценка перспектив нефтегазоносности рассматриваемых резервуаров осу-

Таблица 2

Прогнозируемые плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов, газа и конденсата тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров Тазовского эталонного участка

Региональный резервуар	Категории ресурсов УВ, величины ресурсов и плотность УУВ, тыс. т/км ²	Геологические ресурсы УВ				Плотность ресурсов УВ, тыс. т/км ²
		Газ свободный, млрд м ³	Конденсат, млн т	Нефть, млн т	Газ растворенный, млрд м ³	
Тоарский	Ресурсы категории Д ₂	20,4	3,5	0	0	15,1
	Итого по резервуару	20,4	3,5	0	0	15,1
	Плотность ресурсов УУВ/ тыс. т/км ²	12,9	2,2	0	0	15,1
Плинсбахский	Ресурсы категории Д ₂	13,6	2,3	0	0	10,1
	Итого по резервуару	13,6	2,3	0	0	10,1
	Плотность ресурсов УУВ/ тыс. т/км ²	8,6	1,5	0	0	10,1
Геттанг-синемюрский	Ресурсы категории Д ₂	6,8	1,2	0	0	5,1
	Итого по резервуару	6,8	1,2	0	0	5,1
	Плотность ресурсов УУВ/ тыс. т/км ²	4,3	0,8	0	0	5,1

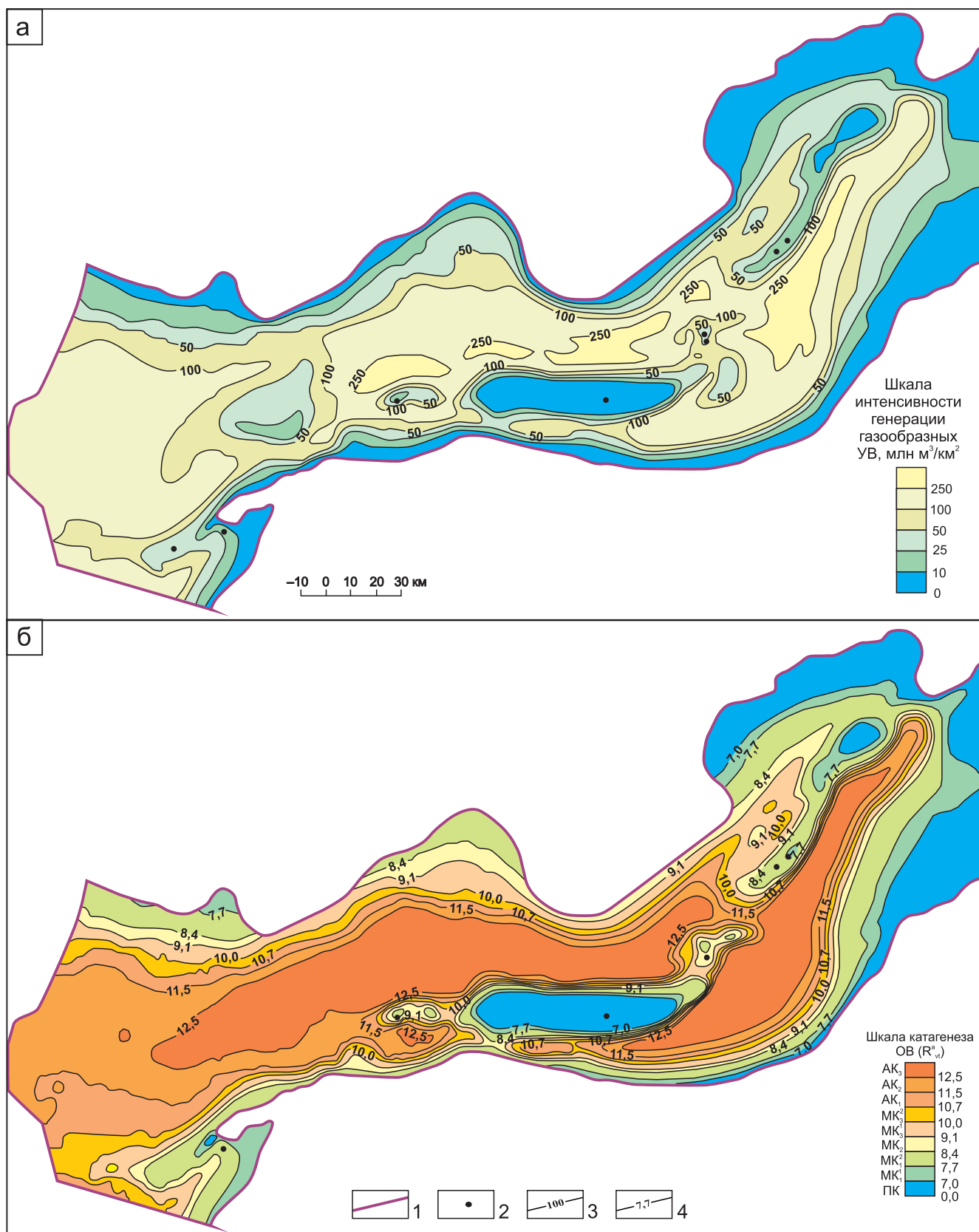


Рис. 4. Схематические карты масштабов генерации газообразных УВ (а) и катагенетической превращенности ОВ (б) в отложениях китербютского горизонта Енисей-Хатангского прогиба. Сост. О. И. Бостриков

1 – границы распространения отложений; 2 – глубокие скважины с геохимической информацией; 3 – изолинии плотностей генерации газообразных УВ, млн м³/км²; 4 – изореспленды (R_{вт})

ществлялась следующим образом. Сначала, в соответствии с утвержденными принципами и требованиями [10] и исходя из низкой степени изу-

ченности исследуемых нижнеюрских отложений, был выделен и охарактеризован лишь эталонный один участок – Тазовский (рис. 5). При этом из-за



Таблица 3

Установленные и прогнозируемые плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов батского, аален-байосского, тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров севера Западно-Сибирской НГП и смежной территории Енисей-Хатангской (по Г. Г. Шемину [17]) с уточнением и дополнением)

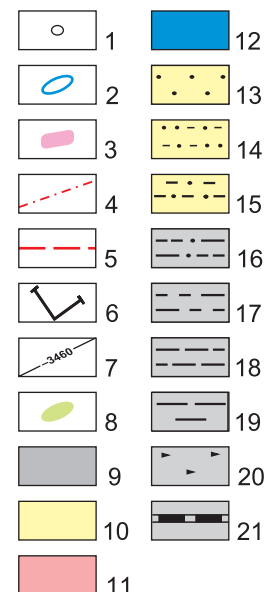
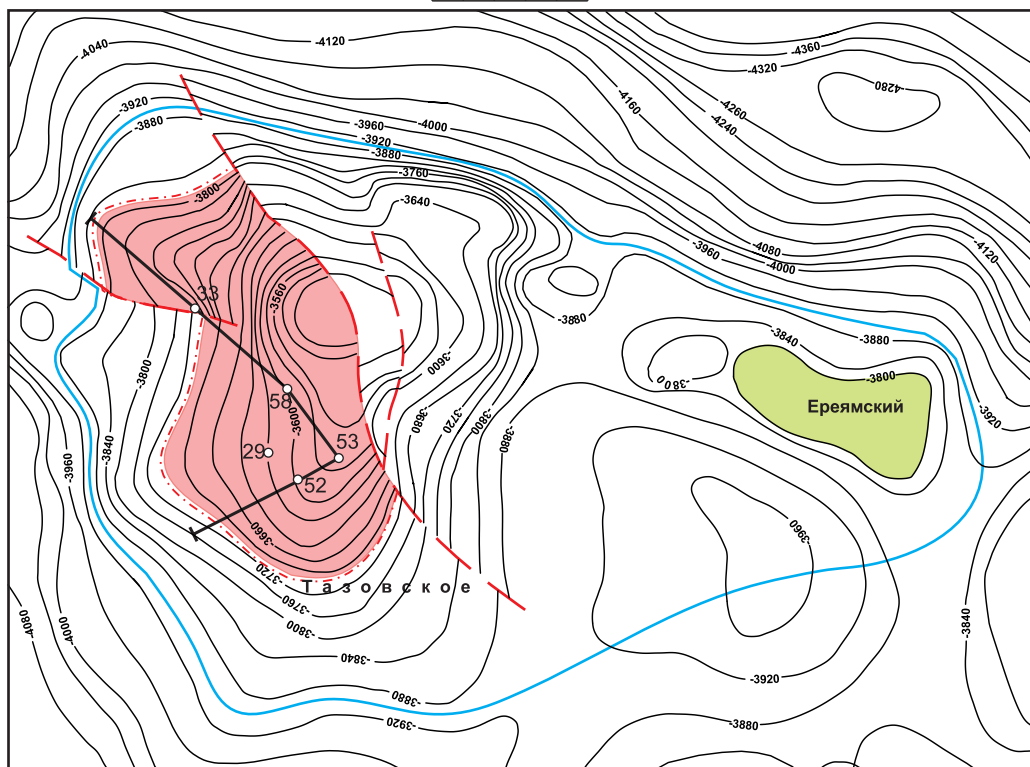
Эталонный участок	Региональный резервуар				
	Батский	Аален-байосский	Тоарский	Плинсбахский	Геттанг-синемюрский
Бованенковский	<u>94,0*</u> 100	<u>48,5</u> 52	<u>36,6</u> 39	18,8**	9,4
Новопортовский	<u>92,1</u> 100	<u>27,9</u> 30	27,6	18,4	9,2
Лензитский	<u>51,2</u> 100	<u>23,8</u> 46	15,4	10,2	5,1
Береговой	<u>26,7</u> 100	10,7	8,0	5,3	2,7
Верхнечасельский	<u>9,9</u> 100	4,0	3,0	2,0	1,0
Крайний	<u>9,4</u> 100	3,8	2,8	1,9	0,9
Новогодний	<u>6,1</u> 100	2,4	1,8	1,2	0,6
Пальниковский	<u>84,9</u> 100	34,0	25,5	16,0	8,5
Стахановский	<u>13,6</u> 100	5,4	4,1	2,7	1,4
Часельский	<u>7,0</u> 100	2,8	2,1	1,4	0,7
Черничный	<u>12,7</u> 100	5,1	3,8	2,5	1,3
Юбилейный	<u>34,4</u> 100	13,8	10,3	6,9	3,4
Уренгойский	<u>73,9</u> 100	29,6	22,2	14,8	7,4
Тазовский	<u>50,4</u> 100	20,2	15,1	10,1	5,1
Ютырмальский	<u>6,0</u> 100	2,4	1,8	1,2	0,6
Тамбейский	<u>24,6</u> 100	<u>17,4</u> 70	7,4	4,9	2,5
Малыгинский	<u>36,6</u> 100	<u>17,1</u> 47	11,0	7,3	3,7
Зимний	<u>11,2</u> 100	4,5	3,4	2,2	1,1
Балахнинский	26,0	<u>10,4</u> 100	7,8	5,2	2,6
Прогнозное соотношение плотностей НСР УВ в резервуарах нижней юры на эталонных участках, %	100	40	30	20	10
Прогнозируемое содержание нефтяной составляющей в резервуарах нижней юры на эталонных участках по отношению к батскому резервуару, %	100	75	50	20	0

Примечание. * – установленные плотности резервуаров (в числителе – тыс. т/км², в знаменателе – %); ** – прогнозируемые плотности начальных суммарных ресурсов УВ региональных резервуаров средне-нижнеюрских отложений на эталонных участках арктических районов Западно-Сибирской и смежных районов Хатангско-Вилуйской нефтегазоносных провинций (выделено красным).

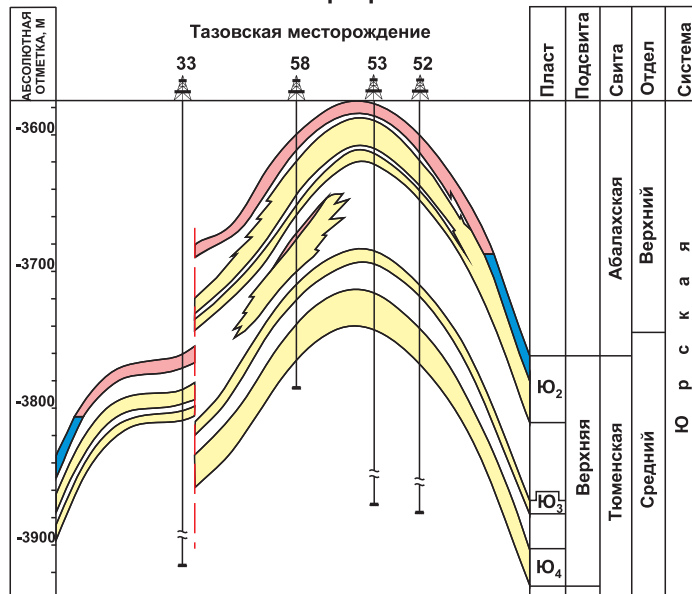


Структурное положение и нефтегазоносность эталонного участка (Тазовское куполовидное поднятие)

км 2 0 2 4 6 8 км



Геологический разрез



Начальные геологические запасы и ресурсы УВ эталонного участка

Региональный резервуар	Категория ресурсов УВ	Месторождение, подготовленный объект	Продуктивный горизонт	Геологические запасы УВВ					
				Газ свобод., млрд м	Конденсат, млн т	Нефть, млн т	Газ раст., млрд м	Всего УВВ, млн т	
Среднеюрский		Накопленная добыча	Ю ₂	0	0	0	0	0	
	C1	Тазовское	Ю ₂₋₃	0	0	0	0	0	
	C2	Тазовское	Ю ₂₋₃	45,5	7,2	0	0	52,7	
	D0	Ереямский	Ю ₂	20	4,0	0	0	24,0	
	D1		Ю ₂₋₃	2,5	0,5	0	0	3,0	
Итого по нефтегазоносному комплексу				68,0	11,7	0	0	79,7	
Плотность ресурсов УВВ (тыс. т/км ²)				43,1	7,3	0	0	50,4	

Свита	Подсвита	Резервуар	Плост	Глубина, м	Литогеологическая колонка
Ахская	Бажен.	Батский флюидопор	Ю ₂	3500	
Ахская	Верхняя			3550	
Ахская	Верхняя	Батский флюидопор	Ю ₂	3600	
Ахская	Верхняя			3650	
Ахская	Верхняя	Батский флюидопор	Ю ₂	3700	
Ахская	Верхняя			3750	

Типовой разрез батского резервуара (Тазовская скв. 53)

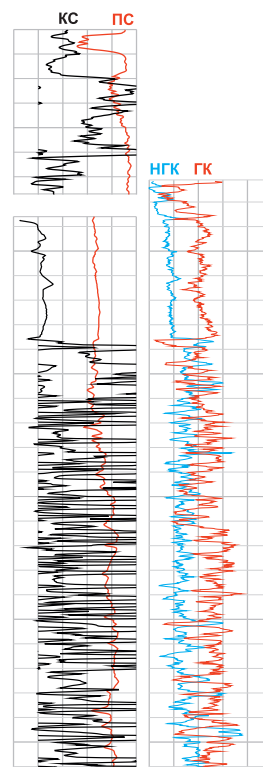


Рис. 5. Геологическое строение и основные параметры Тазовского эталонного участка (батский региональный резервуар, пласт Ю₂₋₃)

Структурная карта: 1 – скважины; 2 – контур эталонного участка; 3 – газовые залежи; 4 – внешний контур ГВК; 5 – тектонические нарушения; 6 – линии геологического разреза; 7 – изогипсы по кровле пласта Ю₂₋₃; 8 – подготовленные для постановки поисково-оценочных работ объекты; **геологический разрез:** 9 – глинистые породы межпластовых перемычек; 10 – непроницаемые алевролиты и песчаники; 11–12 – насыщение песчаных пластов: 11 – газовое, 12 – водяное; **литологическая колонка:** 13–21 – породы: 13 – песчаники, 14 – песчаники алевролитистые и алевролитовые, 15 – алевролитопесчаники, 16 – алевролиты глинистые и песчаные, 17 – алевролиты глинистые, 18 – глины алевролитистые, 19 – глины (аргиллиты), 20 – аргиллиты высокоуглеродистые, 21 – углистые породы

отсутствия установленных промышленных залежей УВ авторами осуществлен прогноз удельных плотностей начальных суммарных ресурсов УВ, газа и конденсата тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров (табл. 2). Данный прогноз базируется на выявленной закономерности уменьшения значений плотности начальных суммарных ресурсов УВ сверху вниз по разрезу на многих месторождениях се-

ра Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (табл. 3). В этом же направлении на эталонных участках сокращается вниз по разрезу нефтяная составляющая УВ.

Отмеченные закономерности обусловлены ухудшением ФЕС с увеличением глубины залегания резервуаров, уменьшением содержания ОВ и увеличением его катагенетической преобразованности [7, 17]. На основании указанной закономерности

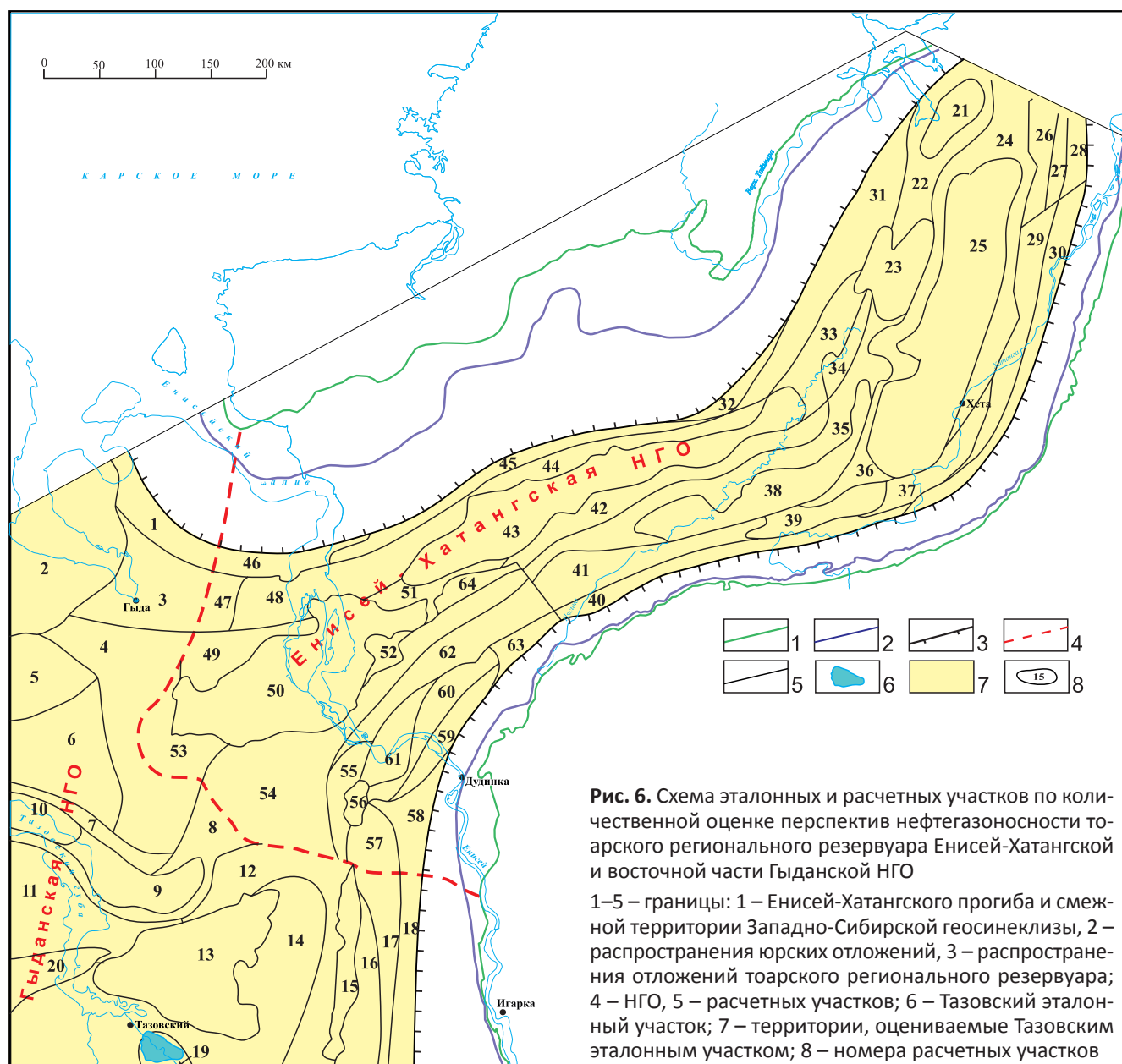


Рис. 6. Схема эталонных и расчетных участков по количественной оценке перспектив нефтегазоносности тоарского регионального резервуара Енисей-Хатангской и восточной части Гыданской НГО

1–5 – границы: 1 – Енисей-Хатангского прогиба и смежной территории Западно-Сибирской геосинеклизы, 2 – распространения юрских отложений, 3 – распространения отложений тоарского регионального резервуара; 4 – НГО, 5 – расчетных участков; 6 – Тазовский эталонный участок; 7 – территории, оцениваемые Тазовским эталонным участком; 8 – номера расчетных участков



Таблица 4

Экспертная оценка влияния гипсометрии современных структурных планов, качества флюидоупоров и нефтегазогенерационного потенциала нефтематеринских пород на перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров юрских отложений Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО

Оценка влияния гипсометрии современного структурного плана на перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров		Оценка нефтегазогенерационного потенциала нефтематеринских отложений на перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров		Оценка качества флюидоупоров на перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров	
Категории перспективных земель	Экспертная оценка	Категории перспективных земель	Экспертная оценка	Качество флюидоупора	Экспертная оценка
Высокоперспективные	1	Высокоперспективные земли	1,0	Высокое	1,0
Перспективные	0,9				
Среднеперспективные	0,8	Перспективные земли	0,9	Среднее	0,8
Пониженных перспектив	0,7	Земли средних и пониженных перспектив	0,8	Пониженное	0,7
Низкоперспективные	0,5	–	–	Низкое	0,5

осуществлен прогноз плотностей начальных суммарных ресурсов УВ и их фазового состава для тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского резервуаров. В этих резервуарах плотности начальных суммарных ресурсов УВ, по отношению к батскому резервуару уменьшены на 30, 20 и 10 % соответственно (см. табл. 3).

Далее с учетом требований инструкций были выделены расчетные участки [10]. Для этого использовался набор нефтегазогеологических карт каждого резервуара Енисей-Хатангской НГО и смежной территории Гыданской:

- структурные карты по кровле проницаемых комплексов региональных резервуаров;
- карты толщин коллекторов проницаемых комплексов резервуаров;
- карты качества флюидоупоров;
- схематические карты масштабов генерации газообразных УВ нефтегазоматеринских пород каждого резервуара;
- схематические карты катагенеза органического вещества нефтегазоматеринских пород.

Одна из схем эталонных и расчетных участков по количественной оценке перспектив нефтегазоносности тоарского регионального резервуара Енисей-Хатангской НГО и смежной восточной части Гыданской приведена на рис. 6.

Затем для каждого расчетного участка сравнивались с эталонным контролируемые перспективы нефтегазоносности тектонических, литолого-фациальных и геохимических параметров (гипсометрия современного структурного плана, качество флюидоупоров, толщины коллекторов, нефтегазоносный потенциал нефтематеринских пород и степень интенсивности проявления катагенеза содержащегося в них ОВ). Указанные параметры оценивались как экспертным путем (табл. 4), так и с использованием непосредственных значений толщин коллекторов. Приведенные показатели – поправочные коэффициенты расчетных участков. Общие коэффициенты аналогий

расчетных участков K_a , устанавливающие соответствие между плотностями начальных суммарных ресурсов УВ на эталонном q_z и расчетных q_p участках, вычисляются как произведения поправочных коэффициентов

$$K_a = K_1 K_2 K_3 \dots K_n \quad (1)$$

Тогда плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов на расчетных участках составляют

$$q_p = q_z K_a \quad (2)$$

Поправочные коэффициенты и коэффициенты аналогий расчетных участков, посредством которых производилась оценка перспектив нефтегазоносности тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров исследуемого региона, показаны в табл. 5. Далее осуществлялась количественная оценка удельных плотностей ресурсов УВ на расчетных участках (табл. 6).

Конечные результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности юрских отложений Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО содержатся в следующих материалах:

- в сводных таблицах распределения начальных суммарных ресурсов УВ по фазовому составу и резервуарам (табл. 7, 8);
- на картах перспектив нефтегазоносности, построенных для каждого регионального резервуара.

Градация земель по степени перспектив выполнена в традиционном для подобных исследований виде. На картах перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нижней юры выделяются земли четырех категорий: среднеперспективные II категории, пониженных перспектив, низкоперспективные и бесперспективные. Удельные плотности ресурсов УВ (тыс. т УУВ/км²) по этим категориям 10–20, 5–10, 1–5, <1 соответственно.

Описанный методический прием апробирован при официальной количественной оценке слабо из-



Таблица 5

Поправочные коэффициенты и коэффициенты аналогий расчетных участков Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО, оцениваемые Тазовским эталонным участком НСР УВ тоарского регионального резервуара

НГО	Эталонные (ЭУ) и расчетные (РУ) участки	Поправочный коэффициент				Коэффициент аналогий
		а	б	в	г	
Гыданская	Тазовский ЭУ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00
	РУ № 1	0,9	0,8	1,0	0,8	0,58
	РУ № 2	0,6	1,0	0,8	0,9	0,43
	РУ № 3	0,9	1,0	0,8	0,9	0,65
	РУ № 4	0,9	1,0	0,6	1,0	0,54
	РУ № 5	0,9	0,8	0,6	1,0	0,43
	РУ № 6	0,7	1,0	0,6	1,0	0,42
	РУ № 7	0,9	1,0	0,6	1,0	0,54
	РУ № 8	0,9	1,0	0,8	1,0	0,72
	РУ № 9	1,0	1,0	0,8	1,0	0,80
	РУ № 10	1,0	0,8	0,6	1,0	0,48
	РУ № 11	0,7	1,0	0,8	1,0	0,56
	РУ № 12	0,7	1,0	0,8	1,0	0,56
	РУ № 13	0,6	1,0	0,6	1,0	0,36
	РУ № 14	0,7	1,0	0,6	1,0	0,42
	РУ № 15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00
	РУ № 16	0,8	1,0	1,0	1,0	0,80
	РУ № 17	0,8	0,8	1,0	1,0	0,64
	РУ № 18	0,8	0,8	1,1	1,0	0,70
	РУ № 19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00
Енисей-Хатангская	РУ № 20	1,0	1,0	0,6	1,0	0,60
	РУ № 21	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64
	РУ № 22	0,9	1,0	0,8	0,9	0,65
	РУ № 23	1,0	1,0	0,8	0,9	0,72
	РУ № 24	0,7	1,0	0,8	1,0	0,56
	РУ № 25	0,6	1,0	0,1	1,0	0,06
	РУ № 26	0,7	1,0	0,8	0,9	0,50
	РУ № 27	0,7	0,9	1,0	0,8	0,50
	РУ № 28	0,7	0,8	1,0	0,8	0,45
	РУ № 29	0,8	1,0	0,8	0,8	0,51
	РУ № 30	0,8	0,8	1,0	0,8	0,51
	РУ № 31	0,7	1,0	0,8	0,9	0,50
	РУ № 32	0,8	0,8	0,8	0,8	0,41
	РУ № 33	0,7	1,0	0,6	0,9	0,38
	РУ № 34	0,9	1,0	0,6	0,9	0,49
	РУ № 35	0,9	1,0	0,8	0,9	0,65
	РУ № 36	0,7	1,0	0,8	1,0	0,56
	РУ № 37	0,7	1,0	1,0	0,9	0,63
	РУ № 38	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64
	РУ № 39	0,6	1,0	1,0	0,9	0,54
	РУ № 40	0,7	0,9	1,1	0,8	0,55
	РУ № 41	0,7	1,0	1,0	0,9	0,63
	РУ № 42	0,7	1,0	0,8	1,0	0,56
	РУ № 43	0,6	1,0	0,6	1,0	0,36
	РУ № 44	0,7	1,0	0,8	0,9	0,50
	РУ № 45	0,7	0,8	0,8	0,8	0,36
	РУ № 46	0,9	0,8	1,0	0,8	0,58
	РУ № 47	0,9	1,0	0,8	0,9	0,65
	РУ № 48	0,7	1,0	0,8	0,9	0,50
	РУ № 49	0,7	1,0	0,6	1,0	0,42
	РУ № 50	0,6	1,0	0,6	1,0	0,36



Окончание табл. 5

НГО	Эталонные (ЭУ) и расчетные (РУ) участки	Поправочный коэффициент				Коэффициент аналогий
		а	б	в	г	
Енисей-Хатангская	РУ № 51	0,7	1,0	0,6	0,9	0,38
	РУ № 52	0,7	1,0	0,6	0,9	0,38
	РУ № 53	0,9	1,0	0,6	1,0	0,54
	РУ № 54	0,9	1,0	0,8	1,0	0,72
	РУ № 55	0,9	0,8	1,0	1,0	0,72
	РУ № 56	1,0	0,7	1,0	1,0	0,70
	РУ № 57	0,8	0,8	1,0	1,0	0,64
	РУ № 58	0,8	0,8	1,1	0,9	0,63
	РУ № 59	1,0	0,8	1,1	0,9	0,79
	РУ № 60	1,0	1,0	1,1	0,9	0,99
	РУ № 61	1,0	0,9	1,0	0,9	0,81
	РУ № 62	0,9	1,0	1,0	0,9	0,81
	РУ № 63	0,9	0,9	1,1	0,8	0,71
	РУ № 64	0,9	1,0	0,8	0,9	0,65

Примечание. Поправочные коэффициенты оценки влияния современного структурного плана (а), качества флюидопора (б), качества коллектора (в), начального нефтегазогенерационного потенциала (г) на перспективы нефтегазоносности начальных суммарных ресурсов углеводородов тоарского регионального резервуара.

Таблица 6

Начальные суммарные ресурсы углеводородов тоарского регионального резервуара Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО

НГО	Эталонные (ЭУ) и расчетные (РУ) участки	Площади эталонных и расчетных участков, км ²	Удельная плотность начальных суммарных ресурсов УУВ эталонных и расчетных участков			Начальные суммарные ресурсы УУВ эталонных и расчетных участков		
			Газ свободный, млн м ³ /км ²	Конденсат, тыс. т/км ²	Всего УУВ, тыс. т/км ²	Газ свободный, млрд м ³	Конденсат, млн т	Всего УУВ, млн т
Гыданская	Тазовский ЭУ	1350,99	12,90	2,20	15,1	20,40	3,51	23,91
	РУ № 1	3331,91	7,43	1,27	8,70	24,76	4,22	28,98
	РУ № 2	11366,89	5,57	0,95	6,52	63,35	10,80	74,15
	РУ № 3	6666,50	8,36	1,43	9,78	55,73	9,50	65,23
	РУ № 4	12560,80	6,97	1,19	8,15	87,50	14,92	102,42
	РУ № 5	4048,28	5,57	0,95	6,52	22,56	3,85	26,41
	РУ № 6	7948,23	5,42	0,92	6,34	43,06	7,34	50,41
	РУ № 7	2007,68	6,97	1,19	8,15	13,99	2,39	16,37
	РУ № 8	4811,88	9,29	1,58	10,87	44,69	7,62	52,31
	РУ № 9	4397,05	10,32	1,76	12,08	45,38	7,74	53,12
	РУ № 10	1861,76	6,19	1,06	7,25	11,53	1,97	13,49
	РУ № 11	7990,68	7,22	1,23	8,46	57,72	9,84	67,57
	РУ № 12	8035,79	7,22	1,23	8,46	58,05	9,90	67,95
	РУ № 13	11775,19	4,64	0,79	5,44	54,68	9,33	64,01
	РУ № 14	18584,34	5,42	0,92	6,34	100,69	17,17	117,86
	РУ № 15	2628,97	12,90	2,20	15,10	33,91	5,78	39,70
	РУ № 16	3499,01	10,32	1,76	12,08	36,11	6,16	42,27
	РУ № 17	3317,70	8,26	1,41	9,66	27,39	4,67	32,06
	РУ № 18	3310,40	9,08	1,55	10,63	30,06	5,13	35,19
	РУ № 19	1550,00	12,90	2,20	15,10	20,00	3,41	23,41
	РУ № 20	2400,00	7,74	1,32	9,06	18,58	3,17	21,74
	Всего	123444,06	–	–	–	870,13	148,43	1018,56
Енисей-Хатангская	РУ № 21	2008,59	8,26	1,41	9,66	16,58	2,83	19,41
	РУ № 22	4739,31	8,36	1,43	9,78	39,62	6,76	46,37
	РУ № 23	3813,81	9,29	1,58	10,87	35,42	6,04	41,46
	РУ № 24	9867,82	7,22	1,23	8,46	71,29	12,16	83,44
	РУ № 25	17127,85	0,77	0,13	0,91	13,26	2,26	15,52



Окончание табл. 6

НГО	Эталонные (ЭУ) и расчетные (РУ) участки	Площади эталонных и расчетных участков, км ²	Удельная плотность начальных суммарных ресурсов УУВ эталонных и расчетных участков			Начальные суммарные ресурсы УУВ эталонных и расчетных участков		
			Газ свободный, млн м ³ /км ²	Конденсат, тыс. т/км ²	Всего УУВ, тыс. т/км ²	Газ свободный, млрд м ³	Конденсат, млн т	Всего УУВ, млн т
Енисей-Хатангская	РУ № 26	1986,92	6,50	1,11	7,61	12,92	2,20	15,12
	РУ № 27	990,80	6,50	1,11	7,61	6,44	1,10	7,54
	РУ № 28	1104,90	5,78	0,99	6,76	6,39	1,09	7,47
	РУ № 29	4124,03	6,60	1,13	7,73	27,24	4,65	31,88
	РУ № 30	4547,50	6,60	1,13	7,73	30,04	5,12	35,16
	РУ № 31	8001,08	6,50	1,11	7,61	52,02	8,87	60,89
	РУ № 32	1216,93	5,28	0,90	6,18	6,43	1,10	7,53
	РУ № 33	3471,69	4,88	0,83	5,71	16,93	2,89	19,82
	РУ № 34	1318,54	6,27	1,07	7,34	8,27	1,41	9,68
	РУ № 35	8423,34	8,36	1,43	9,78	70,41	12,01	82,42
	РУ № 36	1736,15	7,22	1,23	8,46	12,54	2,14	14,68
	РУ № 37	2731,48	8,13	1,39	9,51	22,20	3,79	25,98
	РУ № 38	6467,87	8,26	1,41	9,66	53,40	9,11	62,51
	РУ № 39	2489,20	6,97	1,19	8,15	17,34	2,96	20,30
	РУ № 40	4056,51	7,15	1,22	8,37	29,01	4,95	33,96
	РУ № 41	4972,97	8,13	1,39	9,51	40,42	6,89	47,31
	РУ № 42	5289,49	7,22	1,23	8,46	38,21	6,52	44,73
	РУ № 43	12663,77	4,64	0,79	5,44	58,81	10,03	68,84
	РУ № 44	3646,21	6,50	1,11	7,61	23,71	4,04	27,75
	РУ № 45	3668,59	4,62	0,79	5,41	16,96	2,89	19,85
	РУ № 46	2411,40	7,43	1,27	8,70	17,92	3,06	20,97
	РУ № 47	1527,91	8,36	1,43	9,78	12,77	2,18	14,95
	РУ № 48	7064,77	6,50	1,11	7,61	45,93	7,83	53,77
	РУ № 49	3279,60	5,42	0,92	6,34	17,77	3,03	20,80
	РУ № 50	14970,20	4,64	0,79	5,44	69,52	11,86	81,38
	РУ № 51	1691,14	4,88	0,83	5,71	8,25	1,41	9,65
	РУ № 52	922,67	4,88	0,83	5,71	4,50	0,77	5,27
	РУ № 53	3500,27	6,97	1,19	8,15	24,38	4,16	28,54
	РУ № 54	14004,63	9,29	1,58	10,87	130,07	22,18	152,26
	РУ № 55	1947,18	9,29	1,58	10,87	18,09	3,08	21,17
	РУ № 56	632,36	9,03	1,54	10,57	5,71	0,97	6,68
	РУ № 57	2146,82	8,26	1,41	9,66	17,72	3,02	20,75
	РУ № 58	2768,26	8,17	1,39	9,57	22,63	3,86	26,48
	РУ № 59	2225,07	10,22	1,74	11,96	22,73	3,88	26,61
	РУ № 60	2906,82	12,77	2,18	14,95	37,12	6,33	43,45
	РУ № 61	2529,58	10,45	1,78	12,23	26,43	4,51	30,94
	РУ № 62	5389,32	10,45	1,78	12,23	56,31	9,60	65,92
	РУ № 63	1285,96	9,20	1,57	10,76	11,82	2,02	13,84
	РУ № 64	1132,72	8,3592	1,4256	9,78	9,4686178	1,614803	11,08
	Всего	192802,00				1284,99	219,15	1504,14
Итого		316246,06				2155,13	367,57	2522,70
В том числе для НГО: – Енисей-Хатангской – Гыданская		192802,00 122093,07				1284,99 870,13	219,15 148,43	1504,14 1018,56

ученных нижнеюрских отложений северной части Западно-Сибирской НГП. Результаты оценки были

приняты экспертной государственной комиссией и опубликованы в монографии [17].

Таблица 7

Распределение НСР УВ (млн т УУВ), газа (млрд м³) и конденсата (млн т) по резервуарам и фазовому составу нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО

Региональный резервуар	Фазовый состав ресурсов УВ	
	Состав УВ	Ресурсы УВ
Тоарский	Газ	2155
	Конденсат	368
	Всего	2523
Плинсбахский	Газ	1121
	Конденсат	196
	Всего	1317
Геттанг-синемюрский	Газ	517
	Конденсат	96
	Всего	613
Нижнеюрские отложения	Газ	3793
	Конденсат	660
	Всего	4453

Таблица 8

Распределение НСР УВ (млн т УУВ), газа (млрд м³) и конденсата (млн т) по фазовому составу и нефтегазоносным областям нижнеюрских отложений

Состав УВ	НГО	Ресурсы УВ
Газ	Енисей-Хатангская	2208
	Гыданская	1586
	Исследуемый регион	3794
Конденсат	Енисей-Хатангская	383
	Гыданская	276
	Исследуемый регион	659
НСР УВ	Енисей-Хатангская	2591
	Гыданская	1862
	Исследуемый регион	4453

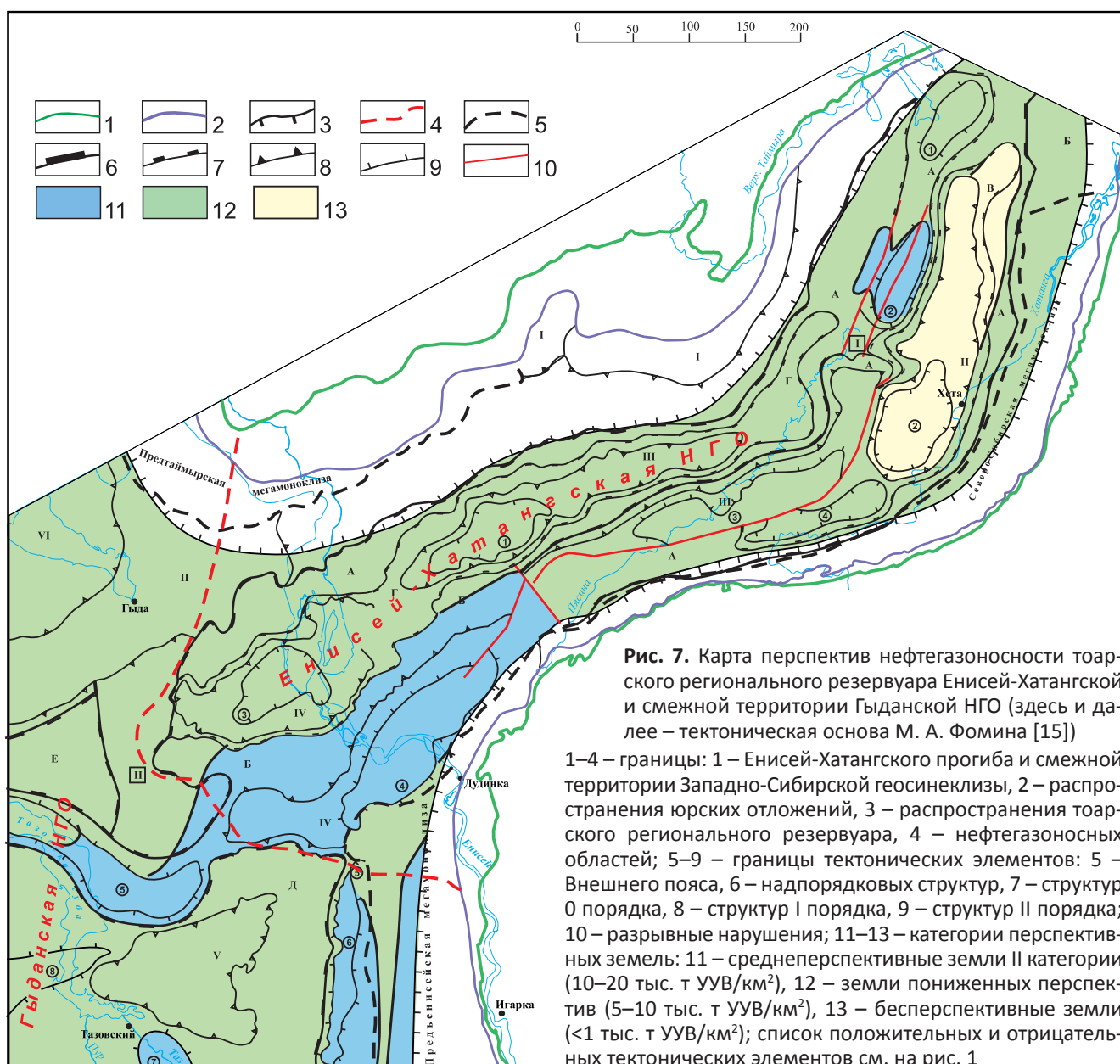


Рис. 7. Карта перспектив нефтегазоносности тоарского регионального резервуара Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО (здесь и далее – тектоническая основа М. А. Фомина [15])

1–4 – границы: 1 – Енисей-Хатангского прогиба и смежной территории Западно-Сибирской геосинеклизы, 2 – распространения юрских отложений, 3 – распространения тоарского регионального резервуара, 4 – нефтегазоносных областей; 5–9 – границы тектонических элементов: 5 – Внешнего пояса, 6 – надпорядковых структур, 7 – структур 0 порядка, 8 – структур I порядка, 9 – структур II порядка; 10 – разрывные нарушения; 11–13 – категории перспективных земель: 11 – среднеперспективные земли II категории (10–20 тыс. т УУВ/км²), 12 – земли пониженных перспектив (5–10 тыс. т УУВ/км²), 13 – бесперспективные земли (<1 тыс. т УУВ/км²); список положительных и отрицательных тектонических элементов см. на рис. 1

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нижнеюрских отложений

Согласно количественной оценке начальные суммарные ресурсы (НСР) УВ нижнеюрских глубокопогруженных отложений исследуемого региона составляют 4453 млн т УУВ, из них газа 3793 млрд м³ (85,2 %), конденсата 660 млн т (14,8 %) (см. табл. 7, 8). Все ресурсы относятся к прогнозным категории Д₂.

В Енисей-Хатангской НГО прогнозируются 2591 млн т УУВ (58,2 %), из них газа 2208 млрд м³ (85,2 %), конденсата 383 млн т (14,8 %); в Гыданской – 1862 (41,8 %), 1586 (85,2 %), 276 (14,8 %) соответственно. Плотности НСР УВ 13,4 и 15,0 тыс. т УУВ/км² соответственно.

Тоарский региональный резервуар почти повсеместно распространен в Енисей-Хатангской

и Гыданской НГО. Лишь в окраинных их частях его отложения выклиниваются (рис. 7). НСР УВ составляют 2523 млн т УУВ (56,6 % от всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 2155 млрд м³ (85,4 %), конденсата 368 млн т (14,6 %). Плотность ресурсов УВ резервуара на территории его распространения 8,0 тыс. т УУВ/км².

Результаты количественного прогноза позволили осуществить районирование Енисей-Хатангской НГО и смежной территории Гыданской по степени перспектив резервуара (см. рис. 7). Наиболее перспективные на газ и конденсат земли – среднеперспективные II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²) прогнозируются в пределах обеих НГО, причем в Гыданской они развиты больше, чем в Енисей-Хатангской. В Гыданской НГО они распространены на четырех различных по размеру участках. Наибольший включает юго-восточную часть Мессояхской наклонной гряды, значительно меньший – Ванкоро-Тагуль-

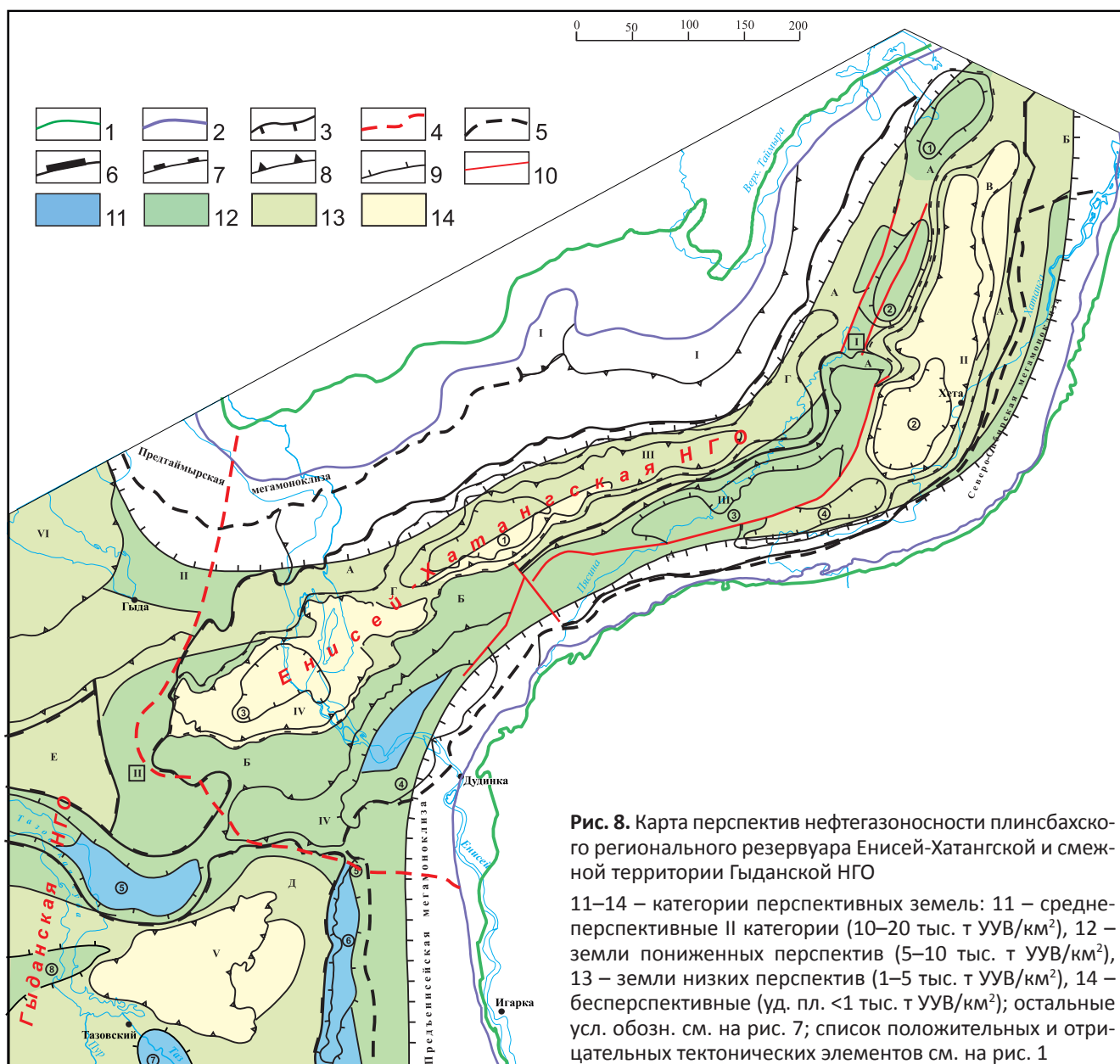


Рис. 8. Карта перспектив нефтегазоносности плинсбахского регионального резервуара Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО

11–14 – категории перспективных земель: 11 – среднеперспективные II категории (10–20 тыс. т УУВ/км²), 12 – земли пониженных перспектив (5–10 тыс. т УУВ/км²), 13 – земли низких перспектив (1–5 тыс. т УУВ/км²), 14 – бесперспективные (уд. пл. <1 тыс. т УУВ/км²); остальные усл. обозн. см. на рис. 7; список положительных и отрицательных тектонических элементов см. на рис. 1

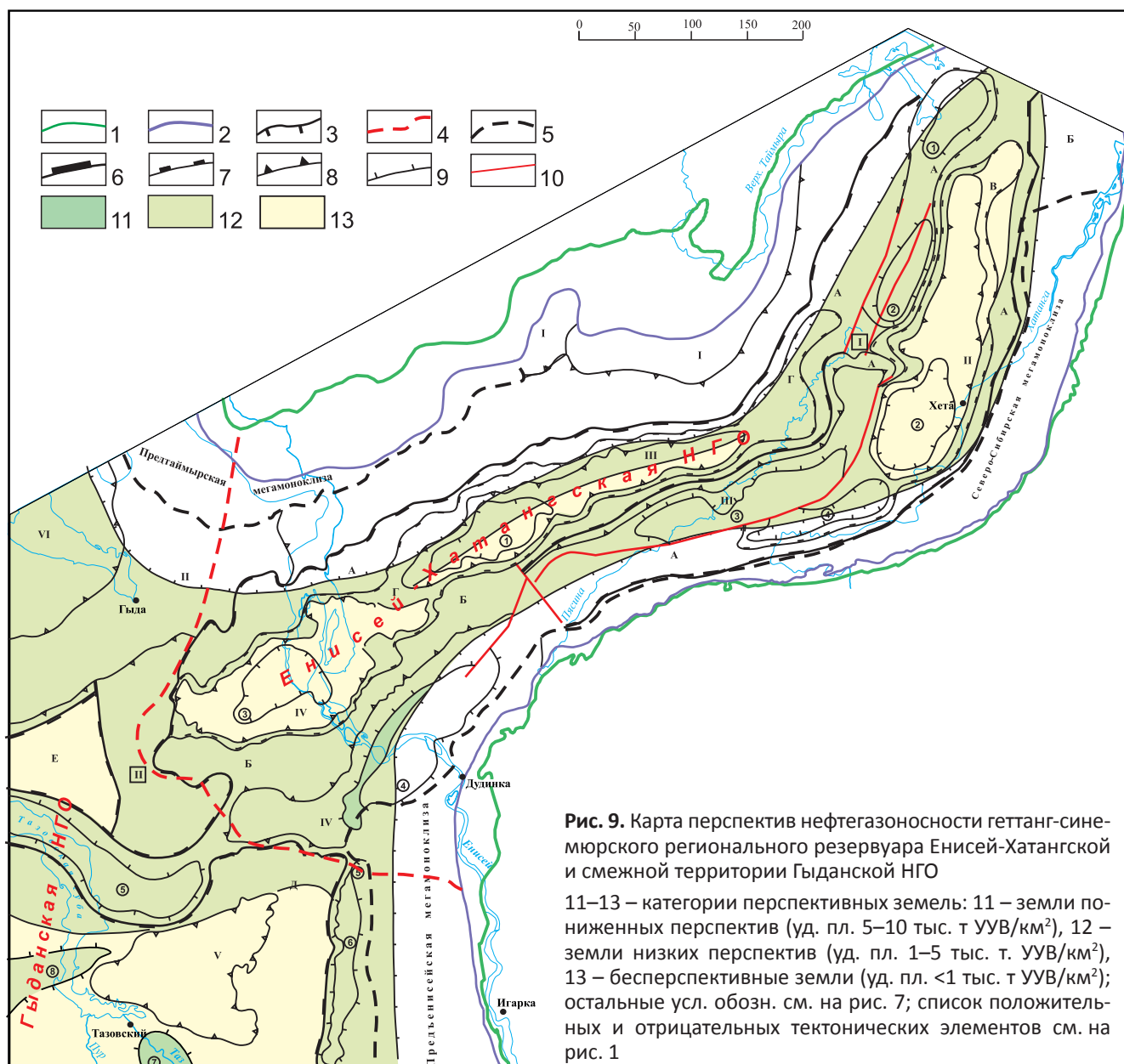


Рис. 9. Карта перспектив нефтегазоносности геттанг-синемюрского регионального резервуара Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО

11–13 – категории перспективных земель: 11 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 12 – земли низких перспектив (уд. пл. 1–5 тыс. т. УУВ/км²), 13 – бесперспективные земли (уд. пл. <1 тыс. т УУВ/км²); остальные усл. обозн. см. на рис. 7; список положительных и отрицательных тектонических элементов см. на рис. 1

ский мезовал, еще меньший – в виде узкой полосы простирается вдоль Сибирской платформы, а самый маленький – в контуре Тазовского мезовала. В Енисей-Хатангской НГО такие земли распространены в северо-восточном окончании Мессояхской наклонной гряды и в пределах Балахнинского мезовала.

Земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т/км²) прогнозируются почти на всей остальной большей части исследуемого региона. Лишь в Хетском мегапрогибе, где глубина залегания отложений тоарского резервуара более 5 км, предполагается распространение бесперспективных земель, плотность ресурсов УВ которых менее 1 тыс. т УУВ/км². На такой глубине, согласно ранее выполненным исследованиям [7, 17], пористость и проницаемость песчаников ниже граничных значений терригенных коллекторов.

Плинсбахский региональный резервуар на территории региона распространен несколько

меньше, чем тоарский (рис. 8). НСР УВ составляют 1317 млн т УУВ (29,6 % от всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 1121 млрд м³ (85,1 %), конденсата 196 млн т (14,9 %). Плотность ресурсов УВ резервуара 4,6 тыс. т УУВ/км².

Здесь выделяются четыре категории земель – от среднеперспективных II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²) до бесперспективных (уд. пл. <1 тыс. т УУВ/км²) (см. рис. 8).

Среднеперспективные земли II категории в обеих НГО распространены весьма ограниченно: в Енисей-Хатангской они прогнозируются только на Малохетском мезовале, в Гыданской – на Средне-мессояхском, Ванкуро-Тагульском и Тазовском мезовалах.

Наиболее широко развиты в регионе земли пониженных и низких перспектив: первые прогнозируются в Балахнинско-Рассохинской и Мессояхской грядках, вторые – почти на всей остальной

территории. Исключение составляют лишь Хетский мегапрогиб, Беловская и Северо-Тазовская мегавпадины, в которых прогнозируются бесперспективные земли, поскольку глубина залегания отложений резервуара более 5 км.

Геттанг-синемюрский региональный резервуар характеризуется наименьшим распространением нижнеюрских отложений (рис. 9). НСР УВ составляют 613 млн т УУВ (13,8 % от всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 517 млрд м³ (84,3 %), конденсата 96 млн т (15,7 %). Плотность ресурсов УВ резервуара 2,4 тыс. т УУВ/км².

В геттанг-синемюрском резервуаре выделяют три категории земель: пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), низкоперспективные (уд. пл. 1–5 тыс. т УУВ/км²) и бесперспективные (уд. пл. <1 тыс. т УУВ/км²) (см. рис. 9).

Наиболее перспективные земли развиты весьма ограниченно: только в пределах Тазовского мезовала, расположенного в южной части Гыданской НГО. На остальной территории в основном распространены земли низких перспектив, за исключением лишь наиболее погруженных отрицательных структур (Большехетская, Антипаютинско-Тадеебахинская мегасинеклизы и Хетский, Агапский мегапрогибы), в которых прогнозируются бесперспективные земли, поскольку глубина залегания отложений на их территориях превышает 5 км.

Выводы

Впервые на базе ранее подготовленной обширной и разнообразной исходной геологической информации с использованием современного метода выполнена количественная оценка перспектив нефтегазоносности тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров глубокопогруженных нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и смежной территории Гыданской НГО.

Количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров выполнена геологическим способом по удельным плотностям запасов УВ на единицу площади, что учитывает особенности геологического строения региона и степень его изученности геолого-разведочными работами.

Начальные суммарные ресурсы УВ нижнеюрских отложений составляют 4453 млн т УУВ, из них газа 3793 млрд м³ (85,2 %), конденсата 660 млн т (14,8 %). Все они относятся к прогнозным категории Д₂.

В Енисей-Хатангской НГО прогнозируются 2591 (58,2 %) млн т УУВ, из них газа 2208 (85,2 %) млрд м³, конденсата 383 (14,8 %) млн т; в Гыданской – 1862 (41,8 %), 1586 (85,2 %), 276 (14,8 %) соответственно; плотности НСР – 13,4 и 15,0 тыс. т УУВ/км² соответственно.

Начальные суммарные ресурсы УВ *тоарского резервуара* составляют 2523 млн т УУВ (56,6 % от

всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 2155 млрд м³ (85,4 %), конденсата 368 млн т (14,6 %). Здесь прогнозируются три категории земель тоарского резервуара: среднеперспективные II категории, пониженных перспектив и бесперспективные с плотностью НСР 10–20, 5–10 и менее 1 тыс. т УУВ/км² соответственно. В Гыданской НГО наиболее перспективные земли распространены на четырех различных по размеру участках (по мере уменьшения площади): юго-восточная часть Мессояхской наклонной гряды, Ванкуро-Тагульский мезовал, узкая полоса вдоль Сибирской платформы, в контуре Тазовского мезовала; в Енисей-Хатангской НГО – на северо-восточном окончании Мессояхской наклонной гряды и в пределах Балахнинского мезовала. Земли пониженных перспектив прогнозируются почти на всей остальной большей части региона. Лишь в пределах Хетского мегапрогиба предполагается распространение бесперспективных.

Начальные суммарные ресурсы УВ *плинсбахского резервуара* составляют 1317 млн т УУВ (29,6 % от всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 1121 млрд м³ (85,1 %), конденсата 196 млн т (14,9 %). Здесь выделяются четыре категории земель – от среднеперспективных II категории (10–20 тыс. т УУВ/км²) до бесперспективных (<1 тыс. т УУВ/км²).

Среднеперспективные земли II категории распространены весьма ограниченно, в Енисей-Хатангской НГО – только на Малохетском мезовале, в Гыданской – на Среднемессояхском, Ванкуро-Тагульском и Тазовском мезовалах.

Наиболее широко распространены земли пониженных (на Балахнинско-Рассохинской и Мессояхской грядках) и низких (почти на всей остальной территории) перспектив, за исключением лишь Хетского мегапрогиба, Беловской и Северо-Тазовской мегавпадин, в которых прогнозируются бесперспективные земли.

Начальные суммарные ресурсы УВ *геттанг-синемюрского резервуара* составляют 613 млн т УУВ (13,8 % от всех ресурсов УВ нижнеюрских отложений), из них газа 517 млрд м³ (84,3 %), конденсата 96 млн т (15,7 %). Выделяются три категории земель: пониженных перспектив (5–10 тыс. т УУВ/км²), низкоперспективные (–5 тыс. т УУВ/км²) и бесперспективные (<1 тыс. т УУВ/км²).

Наиболее перспективные земли распространены весьма ограниченно: лишь в пределах Тазовского мезовала, на остальной территории региона – в основном низкоперспективные, за исключением наиболее погруженных отрицательных структур (Большехетская, Антипаютинско-Тадеебахинская мегасинеклизы и Хетский, Агапский мегапрогибы), в которых прогнозируются бесперспективные земли.

Сопоставление результатов авторской количественной оценки перспектив нефтегазоносности нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской НГО

с последней официальной оценкой этих отложений не осуществлено, поскольку ее результаты не опубликованы в открытой печати. Поэтому мы сравниваем наши результаты с таковыми известного ученого А. П. Афанасенкова, которая изложена в его докторской диссертации «Геология и перспективы нефтегазоносности севера Сибирской платформы» (защищена в 2019 г.). Он проводил оценку методом бассейнового моделирования. Несмотря на разные методы, наши оценки практически совпали – 2591 и 2400 млн т УУВ соответственно.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-05-70035).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Афанасенков А. П., Петров А. Н., Грайзер Э. М.** Геохимическая характеристика и нефтегазогенерационный потенциал мезозойских отложений Гыданской и Енисей-Хатангской нефтегазоносных областей // Геология нефти и газа. – 2018. – № 6. – С. 109–127.

2. **Бостриков О. И., Ларичев А. И., Фомичев А. С.** Геохимические аспекты изучения нижнесреднеюрских отложений Западно-Сибирской плиты в связи с оценкой их УВ-потенциала // Нефтегазовая геология. Теория и практика. Электрон. науч. журн. – 2011. – Т. 6, № 3. – Точка доступа: <http://www.ngtp.ru/rub/1/3/20011/pdf>.

3. **Брод И. О., Еременко Н. А.** Основы геологии нефти и газа. – М.: Гостоптехиздат, 1957. – 480 с.

4. **Глаголев П. Л., Мазанов В. Ф., Михайлова М. П.** Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. – М., 1994. – 118 с.

5. **Губкин М. М.** Учение о нефти. – М.; Л., 1937. – 384 с.

6. **Гурова Т. И., Антонова Т. Ф., Кондрина К. С.** Роль литогенеза в формировании и сохранении залежей нефти и газа. – М.: Недра, 1974. – 136 с.

7. **Закономерности** изменения фильтрационно-емкостных свойств региональных резервуаров в зависимости от глубины их залегания в юрских отложениях арктических районов Западно-Сибирской и Хатангско-Виллюйской нефтегазоносных провинций / Г. Г. Шемин, В. А. Верниковский, Н. В. Первухина и др. // Геология нефти и газа. – 2019. – № 5. – С. 51–61.

8. **Косыгин Ю. А.** Основы тектоники нефтегазоносных областей. – М.: Гостоптехиздат, 1952. – 510 с.

9. **Леворсен А.** Геология нефти и газа. – М.: Мир, 1970. – 639 с.

10. **Методическое** руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата / В. В. Аленин, Ю. Н. Батурин, М. Д. Белонин и др. – М., – 189 с.

11. **Модели** строения и условия формирования региональных резервуаров верхне-среднеюрских отложений Енисей-Хатангской и восточной части

Гыданской нефтегазоносных областей Сибирского сектора Арктики / Г. Г. Шемин, В. А. Верниковский, Н. В. Первухина и др. // Геология нефти и газа. – 2020. – № 2. – С. 59–85.

12. **Нефтегазоносные** бассейны и регионы Сибири. Вып. 3. Енисей-Хатангский бассейн / А. Э. Конторович, В. В. Гребенюк, Л. А. Кузнецов и др. – Новосибирск: ОИГГИМ СО РАН, 1994. – 71 с.

13. **Сахибгареев Р. С.** Минералогия глин продуктивных отложений Сургутского нефтегазоносного района (Западной Сибири): автореф. дис. к. г.-м. н. – М., 1968. – 25 с.

14. **Седиментационно-емкостная** модель юрских отложений Гыданской и Енисей-Хатангской (западная часть) нефтегазоносных областей / А. П. Афанасенков, Т. Е. Ермолова, И. А. Мушин, Б. К. Фролов // Вести газовой науки. – 2017. – № 3. – С. 59–78.

15. **Фомин М. А.** Анализ тектонического строения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба по опорным горизонтам и тектонические предпосылки его нефтегазоносности // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 9. – С. 4–20.

16. **Хаин В. Е.** Геотектонические основы поисков нефти. – Баку, 1954. – 690 с.

17. **Шемин Г. Г.** Региональные резервуары нефти и газа юрских отложений севера Западно-Сибирской провинции. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 362 с.

REFERENCES

1. Afanasenkov A.P., Petrov A.N., Graizer E.M. [Geochemical description and oil gas generation potential of Mesozoic formations within the Gydan and Yenisei-Khatanga oil and gas bearing regions]. *Geologiya nefiti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2018, no. 6, pp. 109–127. (In Russ.).

2. Bostrikov O.I., Larichev A.I., Fomichev A.S. [Geochemical aspects of Lower and Middle Jurassic sediments of the West-Siberian Plate in view of hydrocarbon potential evaluation]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika – Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*. Saint Petersburg, VNIGNI Publ., 2011, vol. 6, no. 3. Available at: <http://www.ngtp.ru/rub/1/3/20011/pdf>.

3. Brod I.O., Yeremenko N.A. *Osnovy geologii nefiti i gaza* [Basics of Petroleum Geology]. Moscow, Gostop-tekhnizdat Publ., 1957. 480 p. (In Russ.).

4. Glagolev P.L., Mazanov V.F., Mikhailova M.P. *Geologiya i neftegazonosnost Yenisei-Khatangskogo progiba* [Geology and petroleum potential of the Yenisei-Khatanga trough]. Moscow, 1994. 118 p. (In Russ.).

5. Gubkin M.M. *Ucheniye o nefiti* [Theory of oil]. Moscow, Leningrad, 1937. 384 p. (In Russ.).

6. Gurova T.I., Antonova T.F., Kondrina K.S. *Rol litogeneza v formirovanii i sokhranении zalezhey nefiti i gaza* [Role of lithogenesis in formation and retention of oil



and gas accumulations]. Moscow, Nedra Publ., 1974. 136 p. (In Russ.).

7. Shemin G.G., Vernikovskiy V.A., Pervukhina N.V., et al. [Common factors of porosity and permeability variations in regional reservoirs depending on depth of their occurrence in the Jurassic Series of the Arctic regions of West Siberian and Khatanga-Vilyuisky petroleum provinces]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2019, no. 5, pp. 51–61. (In Russ.).

8. Kosygin Yu.A. *Osnovy tektoniki neftegazonosnykh oblastey* [Principles of the tectonics of petroliferous Regions]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1952. 510 p. (In Russ.).

9. Levorsen A. *Geologiya nefti i gaza* [Geology of petroleum]. Moscow, Mir Publ., 1970. 639 p. (In Russ.).

10. Alenin V.V., Baturin Yu.N., Belonin M.G., et al. *Metodicheskoye rukovodstvo po kolichestvennoy i ekonomicheskoy otsenke resursov nefti, gaza i kondensata* [Methodological guidance on the quantitative and economic evaluation of oil resources, gas and condensate in Russia]. Moscow, VNIGNI Publ., 2000. 189 p. (In Russ.).

11. Shemin G.G., Vernikovskiy V.A., Pervukhina N.V., et al. [Deep-seated regional reservoirs of the Lower Jurassic Formations in the Yenisei-Khatanga and eastern parts of the Gydan oil and gas bearing areas: structural models and formation settings]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2020, no. 2, pp. 59–85. (In Russ.).

12. Kontorovich A.E., Grebenyuk V.V., Kuznetsov L.A., et al. *Neftegazonosnyye basseyny i regiony*

Sibiri. Vyp. 3. Yenisei-Khatangskiy basseyn [Siberian petroleum basins and regions. Vol. 3. Yenisei-Khatanga basin]. Novosibirsk, OIGGM SO RAN Publ., 1994. 71 p. (In Russ.).

13. Sakhibgareev R.S. *Mineralogiya glin produktivnykh otlozheniy Surgutskogo neftegazonosnogo rayona (Zapadnoy Sibiri) Avtoref. kand. dis.* [Mineralogy of clays in producing strata of the Surgut petroleum region (West Siberia). Author's abstract of PhD thesis]. Moscow, 1968. 25 p. (In Russ.).

14. Afanasenkov A. P., Yermolova T.E., Mushin I.A., Frolov B.K. [Sedimentation-capacitive model for Jurassic deposits of Gydan and Yenisey-Khatanga (western part) oil-gas-bearing regions]. *Vesti gazovoy nauki*, 2017, no. 3, pp. 59–78. (In Russ.).

15. Fomin M. A. [Analysis of tectonic structure of Mesozoic and Cainozoic sedimentary cover of the Yenisei-Khatanga regional trough and tectonic criteria of its oil-and-gas content]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy – Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, 2011, no. 9, pp. 4–20. (In Russ.).

16. Khain V.E. *Geotektonicheskiye osnovy poiskov nefti* [Geotectonic basis of oil search]. Baku, Aznefteizdat Publ., 1954. 690 p. (In Russ.).

17. Shemin G.G. *Regionalnyye rezervuary nefti i gaza yurskikh otlozheniy severa Zapadno-Sibirskoy provintsii* [Regional oil and gas reservoirs in the Jurassic formations of the northern West Siberian province]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2014. 362 p. (In Russ.).

© Г. Г. Шемин, П. А. Глазырин, А. Г. Вахромеев, О. И. Бостриков, Е. В. Деев, М. Ю. Смирнов, В. В. Сапьяник, В. И. Москвин, 2021



ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДОЮРСКОГО ОСНОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА В СВЕТЕ НОВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Д. А. Сидоров¹, Л. В. Лапина¹, Н. В. Холманских¹, Д. В. Емельянов², Л. П. Мельников², Д. А. Федоров²

¹Тюменский нефтяной научный центр, Тюмень, Россия; ²АО «РН-Няганьнефтегаз», Нягань, Россия

Рассматриваются особенности геологического строения доюрского основания Красноленинского свода, расположенного на западном борту Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Приводятся новые геолого-геофизические материалы, позволяющие существенно уточнить схему взаимоотношений докембрийских, палеозойских и триасовых формационных комплексов. Стратификация доюрского разреза основана на известных ранее возрастных определениях и на датировках, сделанных в последние годы высокоточными методами. Анализ условий залегания доюрских породных комплексов выполнен на основе интерпретации сейсмических материалов и гравимагнитных данных. В предлагаемой модели доюрского основания Красноленинского свода значительно сокращен объем докембрийских образований за счет расширения площади распространения палеозойских комплексов, выделены локальные палеозойские депрессии в основании Ем-Еговской и Каменной вершин и линейные зоны развития триасовых терригенно-вулканогенных пород на Талинской террасе и в Пальяновском прогибе. Сделан вывод о длительной и сложной истории формирования структуры фундамента в зоне коллизионного сочленения разнонаправленных Уральской и Центрально-Западно-Сибирской складчатых систем.

Ключевые слова: Красноленинский свод, фундамент, доюрское основание, палеозой, триас, геологическое строение, стратификация, формационные комплексы.

GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE PRE-JURASSIC BASEMENT OF THE CENTRAL PART OF THE KRASNOLENINSKY SWELL IN THE LIGHT OF NEW GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA

D. A. Sidorov¹, L. V. Lapina¹, N. V. Kholmanskikh¹, D. V. Emelyanov², L. P. Melnikov², D. A. Fedorov²

¹Tyumen Petroleum Research Centre LLC, Tyumen, Russia; ²RN-Nyaganneftegaz JSC, Nyagan, Russia

The article reviews features of the pre-Jurassic geological structure of the Krasnoleninsky Swell, located on the western edge of the West Siberian petroleum basin. New geological and geophysical materials are presented enabling significant clarification of the relationships pattern between Precambrian, Paleozoic and Triassic formation complexes. The stratification of the pre-Jurassic section is based on previously known age determinations and datings made in recent years by high-precision methods. The analysis of mode of occurrence of Pre-Jurassic rock complexes is based on the interpretation of seismic materials and gravity and magnetic data. The proposed model of the Krasnoleninsky Swell pre-Jurassic basement is characterized by the significantly reduced volume of pre-Cambrian formations due to the expansion of the Paleozoic complexes area, local Paleozoic depressions at the base of the Yem-Yegovskaya and Kamennaya peaks and linear zones of development of Triassic terrigenous-volcanogenic rocks on the Talinskaya Terrace and in the Palyanovsky trough have been identified. The conclusion is made about the long and complex history of the basement structure formation in the zone of collision junction of divergent Ural and Central-West Siberian folded systems.

Keywords: Krasnoleninsky Swell, base, pre-Jurassic basement, Paleozoic, Triassic, geological structure, stratification, formation complexes.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-58-69

Красноленинский свод – крупная региональная структура, осложняющая западный борт Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна в районе отрезка р. Обь между городами Ханты-Мансийск и Нягань (рис. 1). К центральной и западной частям свода приурочено уникальное по запасам Красноленинское месторождение.

Интерес к изучению доюрского основания в этом районе обусловлен несколькими причинами. Во-первых, тектоническое строение фундамента и промежуточного структурного этажа

во многом предопределило развитие структур осадочного чехла. Во-вторых, состав и морфология поверхности доюрских образований оказали существенное влияние на качество юрских коллекторов, содержащих основную часть запасов углеводородов Красноленинского месторождения. В-третьих, здесь уже доказана нефтегазоносность доюрских пород. И хотя в настоящее время извлекаемые запасы в доюрском комплексе (ДЮК) составляют чуть более 1 % суммарных запасов месторождения, их наличие повышает интерес к до-

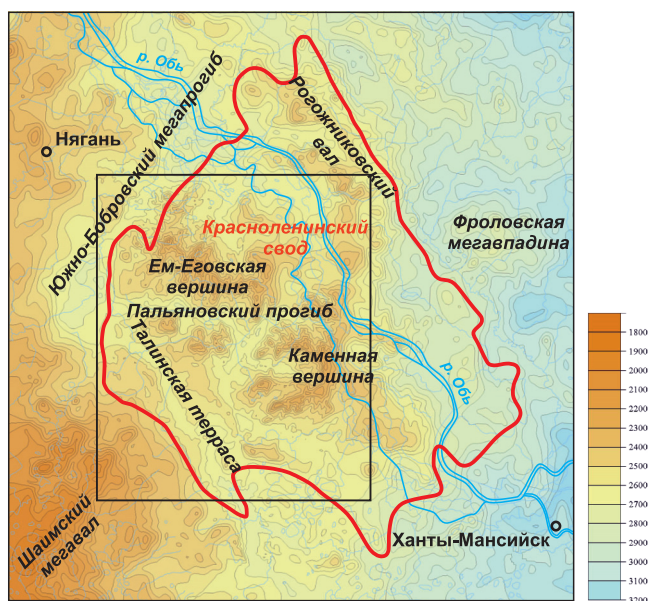


Рис. 1. Структурная поверхность доюрских образований Красноленнинского свода и прилегающей территории

юрскому интервалу как к перспективному объекту разведки и добычи нефти.

За полувековую историю геолого-разведочных работ на Красноленнинском месторождении получен большой объем информации о составе и строении доюрского комплекса, особенно его приповерхностной части, вскрытой с отбором керна более чем в 500 скважинах. Эта информация послужила базой для многочисленных исследований специалистов различных научных и производственных геологических организаций. Важную роль в изучении геологии доюрского основания Красноленнинского свода сыграли работы В. С. Бочкарева, В. Г. Криночкина, Л. В. Смирнова, В. С. Суркова и многих других исследователей.

На тектонической карте фундамента Западно-Сибирской плиты [17] Красноленнинский свод относится к области байкальской складчатости, в значительной степени переработанной герцинидами. В качестве основного структурно-тектонического элемента выступает Уват-Ханты-Мансийский срединный массив, отделяющий Уральские герциниды от Центрально-Западно-Сибирских. На более поздних версиях тектонических построений геологов СНИИГГИМС, и опубликованных, и выполненных в рамках научно-исследовательских работ (2000, 2004 и 2008 гг.), Уват-Ханты-Мансийская зона отнесена к области развития каледонид или показана как «древний массив», разделяющий Уральскую и Центрально-Западно-Сибирскую складчатые системы.

Отличную от новосибирских геологов точку зрения развивает В. С. Бочкарев, обосновывающий завершение формирования фундамента западных и центральных районов Западной Сибири в условиях уральской складчатости, максимум активности которой соответствует примерно границе пермского и триасового периодов. На его тектонической карте

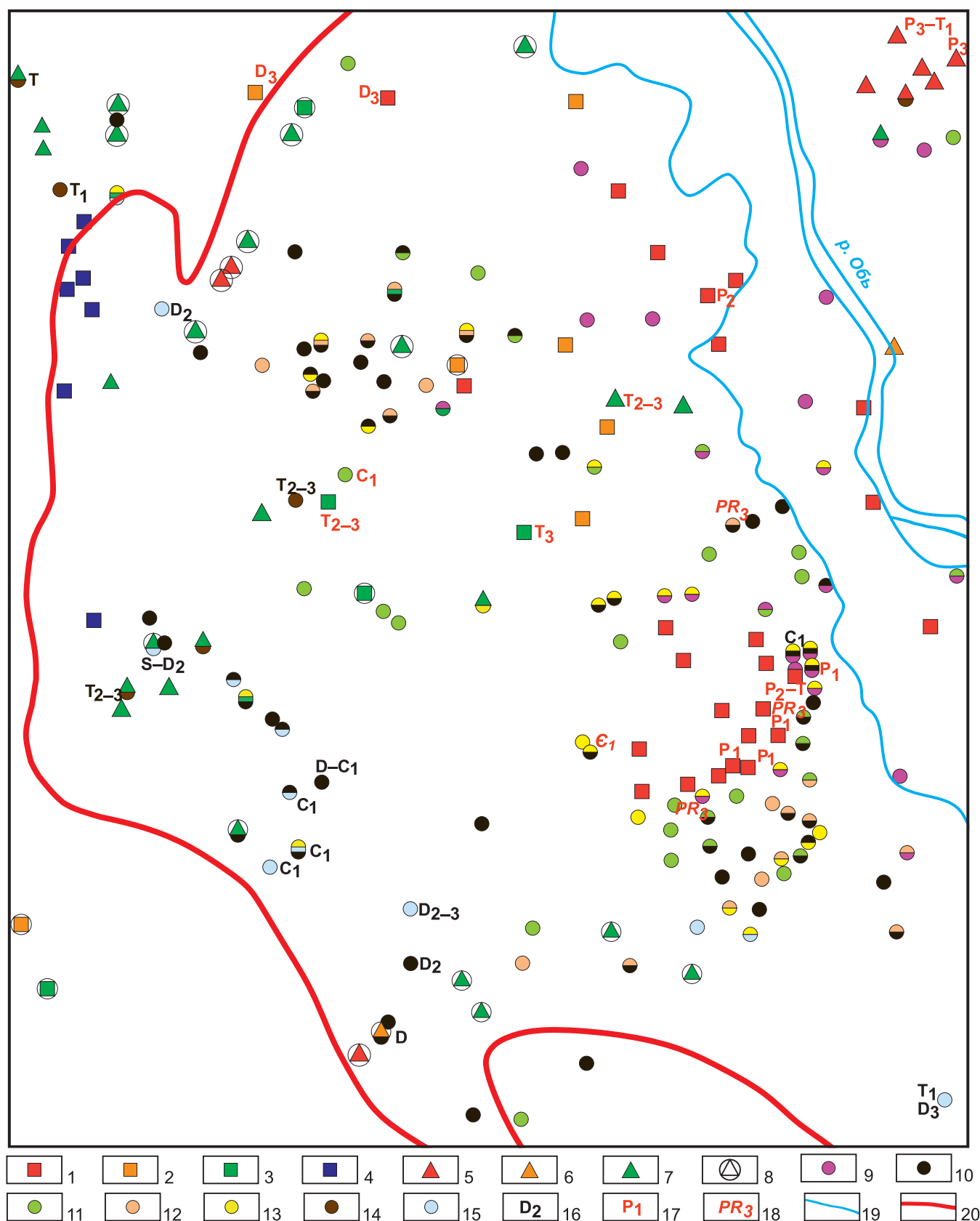
2015 г. [4] район Красноленнинского свода полностью отнесен к территории развития уралид.

Значительные расхождения тектонических концепций доюрского основания в районе Красноленнинского свода (при его сравнительно хорошей разбуренности) объясняются дефицитом сведений о возрасте и условиях залегания формационных комплексов.

Используемая по настоящее время схема его стратификации, принятая Межведомственным стратиграфическим комитетом в 1999 г. [12], основана преимущественно на изучении разрезов скважин, находящихся за пределами свода на Яхлинской, Ловинской, Ханты-Мансийской и других площадях. Имевшиеся до недавнего времени единичные определения относительного геологического возраста пород ДЮК характеризовали главным образом периферийную часть свода. Абсолютные возрастные датировки магматических пород были получены методом сравнительной дисперсии двупреломления и не вызывали доверия. В границах свода массовые определения возраста современными методами изотопного датирования выполнены лишь на Рогожниковской площади. На остальной части рассматриваемой территории возрастные определения доюрских образований были немногочисленны.

Представления о структуре и взаимоотношении блоков фундамента и промежуточного структурного этажа формировались преимущественно на основе региональной интерпретации гравимагнитных данных и описаний кернового материала, многие из которых, выполненные в полевых условиях, не позволяли даже классифицировать горные породы. Перечисленные данные использовались В. Г. Криночкиным при построении самой детальной до настоящего времени геологической карты ДЮК рассматриваемого района, которая используется как в региональных построениях [6, 7, 9 и др.], так и при детальных работах.

В последние два десятилетия в результате геолого-разведочных работ, проводимых на лицензионных участках АО «РН-Няганьнефтегаз» в центре и на западе Красноленнинского свода, получены качественно новые результаты, дающие возможность существенно уточнить геологию доюрских образований. Большой объем лабораторных исследований керна, выполненных в ООО «ТННЦ» (подробное описание керна, петрографическое описание шлифов, изучение петрохимического состава, вторичных изменений и структуры пустотного пространства пород методами РФА, РСА, РЭМ), позволил получить детальную характеристику структурно-вещественных комплексов доюрского основания. По результатам биостратиграфических определений, выполненных во ВНИГРИ, и изотопных исследований, проведенных в ИГГ УрО РАН (K-Ar, Sm-Nd и U-Pb методы) и ГЦ СПбГУ (U-Pb метод), получены новые данные о возрасте пород. Комплексная интерпретация данных грави-, магнито- и сейсморазведки



2D и 3D современного уровня позволила изучить внутреннее строение и характер взаимоотношения структурно-тектонических элементов ДЮК.

По результатам керновых исследований на рассматриваемой территории установлены породы разнообразного состава и формационной принадлежности (рис. 2).

Интрузивные породы включают весь ряд магматических образований от кислых до ультраосновных.

Кислые интрузивы представлены нормальными гранитами, биотитовыми, биотит-роговообманковыми гранитами, гранодиоритами, гранофирами. Они вскрыты преимущественно в основании

Рис. 2. Состав и геологический возраст доюрских пород центральной части Красноленинского свода по результатам керновых исследований

1–4 – интрузивные породы: 1 – кислые (граниты, гранодиориты, аляскиты), 2 – средние (диориты, монцитониты), 3 – основные (габбро, долериты, пироксениты), 4 – ультраосновные (серпентиниты апотеридотитовые, апогарцбургитовые); 5–7 – эффузивные породы: 5 – кислые (риолиты, трахириолиты, трахидациты), 6 – средние (андезиты, андезито-базальты), 7 – основные (базальты); 8 – измененные магматические породы; 9–12 – метаморфические породы: 9 – кристаллические сланцы, гнейсы, 10 – глинисто-углеродистые «черные» сланцы, 11 – глинисто-хлоритовые апо-вулканогенные сланцы, 12 – глинисто-кремнистые, глинисто-слюдистые апотерригенные сланцы; 13–15 – осадочные, метаосадочные породы: 13 – метапесчаники, кварциты, 14 – известняки, глинистые известняки, доломиты, 15 – алевролиты, алевропесчаники, алевроаргиллиты; 16–18 – определения возраста: 16 – биостратиграфические, 17 – изотопные по интрузивам, 18 – изотопные по детритовым цирконам; 19 – реки; 20 – граница Красноленинского свода

Каменной вершины и севернее (на Северо-Каменной и Лебяжьей площадях), где образуют батолиты с площадью эрозионной поверхности несколько сотен км². На востоке Ем-Еговской вершины тоже обнаружены разобщенные локальные тела гранитоидов, вскрываемые единичными скважинами. Интрузивные породы среднего состава также отмечены в основании Каменной вершины и восточной части Ем-Еговской, но значительно реже.

Основные интрузивы широко распространены в основании Талинской террасы и Пальяновского прогиба и в большинстве случаев представляют собой дайки долеритов достаточно «свежего», кайнотипного облика. Они установлены также на Ем-Еговской вершине и в отдельных скважинах центральной части Талинской террасы, где отличаются значительной степенью измененности и существенно метаморфизованы.

Ультраосновные породы вскрыты в самой западной части свода на северо-западе Талинской террасы; это апогарцбургитовые, реже аподунитовые серпентиниты, слагающие узкие тела меридионального и северо-западного простирания.

Эффузивные породы, как правило, сильно изменены процессами метаморфизма и метасоматоза. В некоторых случаях эти изменения настолько значительны, что не позволяют определить состав и классификационную принадлежность исходной породы. В тех породах, состав которых определен более или менее уверенно, можно наблюдать резкое преобладание кислых эффузивов по периферии массивов гранитоидов на северо-востоке в районе Рогожниковского вала и широкое распространение преимущественно основных эффузивов на севере Талинской террасы и в Пальяновском прогибе. На Ем-Еговской вершине и по южной периферии свода отмечаются эффузивы пестрого состава, представленные кислыми, средними и основными разновидностями.

Метаморфические породы в пределах центральной и западной части Красноленинского свода встречаются почти повсеместно. Однако в их составе и степени метаморфизма наблюдается определенная зональность. На юге Ем-Еговской и Каменной вершин и в южной части Талинской террасы распространены апотерригенные глинистые и глинисто-кремнистые сланцы и метапесчаники начальных стадий метаморфизма, которые уместно называть

метаосадочными породами. В центре и на севере Талинской террасы и Ем-Еговской вершины, а также частично в Пальяновском прогибе наряду с апотерригенными породами широко распространены апо-вулканогенные глинисто-хлоритовые сланцы с подчиненной долей глинистых и глинисто-кремнистых, которые, судя по минеральным ассоциациям, также не вышли за пределы зеленосланцевой фации метаморфизма. В основании Каменной вершины вскрыты слюдяные и кварцево-слюдяные сланцы (парасланцы) более высокой степени метаморфизма, вблизи контакта с интрузиями переходящие в роговики. Также в единичных скважинах встречаются кварциты, гнейсы и амфиболиты.

Осадочные терригенные породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты), иногда углистые, в ассоциации с базальтами и их туфами присутствуют на северо-западе Талинской террасы.

Карбонатные породы в доюрском основании рассматриваемой территории редки и представлены главным образом известняками, часто глинистыми. Они отмечены в единичных скважинах вдоль южной, юго-западной и западной периферии свода в ассоциации с глинистыми и глинисто-кремнистыми сланцами и метапесчаниками.

В 2017–2019 гг. для пород доюрского комплекса Красноленинского свода выполнены изотопные датировки U-Pb методом (Геолцентр СПбГУ) и биостратиграфические определения возраста пород (ВНИГРИ).

Все стратифицированные осадочно-метаморфические образования доюрского основания Красноленинского свода имеют среднепалеозойский или триасовый возраст [2, 3, 6, 15, 16].

Девонский и раннекаменноугольный возраст установлен по микрофауне, обнаруженной в известняках, чередующихся с глинистыми сланцами, реже – с метапесчаниками и глинисто-хлоритовыми сланцами, вскрытыми в скважинах в пределах Талинской террасы. Эти датировки позволяют коррелировать породы с яхлинской, ем-еговской и ловинской толщами соседнего Шеркалинского структурно-фациального района (СФР). Особенностью среднепалеозойских образований на рассматриваемой территории является существенное преобладание первично терригенных и в меньшей мере терригенно-вулканогенных пород при резко подчиненной доле карбонатов.

Большой интерес представляет находка А. В. Журавлевым (ВНИГРИ) в глинисто-кремнистом сланце из скв. 4871 Каменной площади конодонтового элемента, предположительно отнесенного к роду *Gnathodus*. Само по себе его обнаружение в домезозойской породе может говорить о ее палеозойском возрасте, а диагностика на родовом уровне дает основание сузить предполагаемый интервал датировки до раннего карбона.

Широкое распространение на Каменной вершине палеозойских комплексов, а не докембрийских, как это показывалось на всех предшествующих картах, косвенно подтверждается результатами выполненного в ГЦ СПбГУ U-Pb датирования обломочных цирконов из кристаллических сланцев, прилегающих к краям гранитного массива (см. таблицу). Полученные значения возраста цирконов образуют несколько кластеров, из которых наиболее молодой соответствует инт. 540–560 млн лет. Таким образом, первичная терригенная порода, из которой сформировались изученные парасланцы и метапесчаники, накапливалась не ранее позднего венда – раннего кембрия.

Однако нельзя отрицать существование реликтов докембрийских породных комплексов в центральной части Красноленинского свода. Более того, оно вполне вероятно, судя по большому числу установленных протерозойских и даже позднеар-

хейских возрастов цирконов, а также по гнейсовидному облику некоторых кристаллических сланцев. Но их объем, по нашему мнению, уступает объему палеозойских комплексов.

Триасовые породы ранее были известны в северной и западной частях Талинской площади, которые относятся к Южно-Бобровскому мегапрогибу, наследующему северо-восточную часть Даниловского грабена. В последние годы получены новые определения геологического возраста, доказывающие распространение триасовых эффузивно-осадочных комплексов на Красноленинском своде в узких депрессиях в пределах Талинской террасы и Пальяновского прогиба.

Для гранитоидов, вскрытых на Каменной площади U-Pb методом по цирконам, установлены значения возраста, соответствующие ранней и средней перми. По данным К. С. Иванова и др., в этот же интервал попадают значения возраста гранитов из скважин Каменная 68 [8] и Северо-Каменная 204 [11]. В то же время на Рогожниковской площади многочисленные определения возраста кислых эффузивов группируются в интервале поздней перми, частично захватывая среднюю пермь и триас. Все эти данные говорят о достаточно продолжительном этапе кислого магматизма на протяжении всего пермского периода со смещением активности в северо-восточном направлении.

Результаты определения абсолютного возраста доюрских пород центральной и западной частей Красноленинского свода

Площадь	Скважина	Горная порода	Абсолютный возраст, млн лет	Геологический возраст	Метод определения	Источник данных
Ем-Еговская	30026	Диорит	377,9±1,9	D ₃	U-Pb	Отчет ГЦ СПбГУ
«	30038	Гранодиорит	362,3±4,7 368,4±1,2	D ₃ –C ₁ D ₃	« «	«
Каменная	68	«	291,8±2,1	P ₁	Rb-Sr	[7, 10]
«	1159	Гранит	282±1,6	P ₁	U-Pb	Отчет ГЦ СПбГУ
«	1191	«	261,5±1,5 266,1±3,6	P _{2–3} P ₂	« «	«
«	1195	Метапесчаник	560	Не древнее PR ₃	U-Pb	«
«	5090	Гранит	213±7 244±8 250±8 261±8 270±9	P ₂ –T	K-Ar « « « «	Архив ТННЦ
«	40001	Гранит	289±4		U-Pb	Отчет ГЦ СПбГУ
«	40004	Метапесчаник	540	Не древнее E ₁	«	«
«	40026	«	560	Не древнее PR ₃	«	«
Пальяновская	47	Долерит	206	T ₃	K-Ar	[7]
«	51	Сланец глинисто-хлоритовый повулканогенный	328	C ₁	«	«
Северо-Каменная	204	Гранит	272±2	P _{1–2}	Rb-Sr	[11]
Талинская	20097	Долерит	232±16 215±14	T _{2–3} T ₃	K-Ar K-Ar	Архив ТННЦ

Эра, подэра	Система	Отдел	Серия (РСС, 1999)	Толща (РСС, 1999)	Литология	Магматизм ■ кисл. ■ средн. ■ осн.	Описание пород формационных комплексов	Скважины с возрастными определениями ■ радиол. ■ биостратигр.
MZ	J	T	Турийская				Переслаивание песчаников, алевролитов и глин с прослоями углей. В основании - базальные горизонты обломочных пород разной размерности, коры выветривания	Талинская 4, 6, 84, 111, 20081 Пальяновская 47 Талинская 20097 Каменная 1191, С.-Каменная 204 Каменная 68, 1159, 40001
							Базальты, андезит-базальты, трахибазальты, базальтовые порфириды, туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, гравелиты, песчаники, алевроаргиллиты, прослоями углистые, с дайками долеритов	
							Метапесчаники, сланцы глинистые, глинисто-кремнистые, глинисто-углеродистые, глинисто-слюдистые, известняки песчаные, глинистые, метаалевролиты, метаэффузивы кислого, среднего и основного состава, прорванные дайками долеритов	
							Сланцы глинистые, глинисто-углеродистые, глинисто-кремнистые, глинисто-слюдистые, известняки глинистые, метапесчаники кварцитовидные, метаалевролиты, метаэффузивы кислого и среднего состава	
							Сланцы глинистые, глинисто-кремнистые, глинисто-серицитовые, хлоритовые, глинисто-углеродистые, метапесчаники кварцитовидные, метаалевролиты, метаэффузивы основного и среднего состава.	
							Метаэффузивы основного состава зеленокаменные, сланцы глинистые, глинисто-кремнистые, глинисто-серицитовые, хлоритовые, глинисто-углеродистые, метаалевролиты	
							Сланцы кристаллические кварц-альбит-биотитовые, кварц-биотит-хлоритовые, кварциты, гнейсы	
PZ ₃	P	C ₂	C ₁	C ₁	Яхлинская			Ем-Еговская 179, 189 Каменная 4871 Талинская 958 Пальяновская 51
PZ ₂	D	D ₃	D ₂	D ₁	Ем-Еговская			Ем-Еговская 30026, 30038 Ем-Еговская 852, 853 Талинская 67
PZ ₁	S	S ₂	S ₁	S ₁	Ловинская			Юж.-Талинская 9285 Талинская 802
AR-PR	O	C	C ₁	C ₁	Ловинская			

Рис. 3. Стратиграфическая схема доюрских образований центральной части Красноленинского свода

На основе датировок U-Pb методом, выполненных в ГЦ СПбГУ по образцам керна скважин Ем-Еговской площади, установлен позднедевонский возраст вскрытых здесь биотит-роговообманковых гранитов и гранодиоритов, что позволяет отнести их к образованиям более раннего этапа кислого магматизма.

Результаты изучения состава и определений возраста горных пород доюрского основания Красноленинского свода легли в основу обновленной стратиграфической схемы доюрских образований (рис. 3). Она не имеет принципиальных противоречий с утвержденной схемой палеозоя [12], но более

обоснована новыми керновыми данными и увязана на базе их комплексирования с сейсмическими материалами.

Согласно утвержденной схеме в Красноленинском СФР в среднем и верхнем девоне показаны известняки и лишь в фамене появляются песчаники и гравелиты. В то же время по результатам исследований ВНИГРИ в Южно-Талинской скв. 9285 из глинистых сланцев выделена ассоциация радиолярий, свидетельствующая о девонском, возможно, средне-позднедевонском возрасте вмещающей породы. В скв. 179, 189, 853 Ем-Еговской (Талинской) площади, в которых керн представлен глинистыми

сланцами и метавулканитами, установлен средне-девонский и позднедевонско-раннекаменноугольный возраст [1, 5, 9]. Это может свидетельствовать о более пестром составе девонских пород, что, в свою очередь, дает основание объединить их с раннекаменноугольными в единый формационный комплекс.

Расчленение палеозойских образований на уровне толщ и литостратиграфических подразделений без указания ранга, приведенное в утвержденной стратиграфической схеме 1999 г., для Красноленинского свода вряд ли можно считать обоснованным. Границы стратонов в разрезах не зафиксированы, полные разрезы не описаны, а их литологическое описание неоднозначное. Поэтому в предлагаемой нами схеме, наряду с формальным сохранением положения стратонов указанной схемы, представлены коррелятивные им разрезы Красноленинского свода.

С целью последующего геологического картирования изученный доюрский разрез разделен на формационные комплексы, ограниченные региональными несогласиями. Выделены докембрийский комплекс регионально метаморфизованных кристаллических орто- и парасланцев, ранне-среднепалеозойский (условно досреднедевонский) комплекс хлоритовых и глинисто-кремнисто-хлоритовых сланцев, девонско-раннекаменноугольный

комплекс глинисто-углеродистых сланцев, терригенно-карбонатных и вулканогенных пород. В триасе показана туринская серия, сложенная главным образом основными эффузивами с подчиненной долей терригенных и пирокластических пород. На крайнем северо-востоке рассматриваемой территории также выделяется рогожниковская толща преимущественно кислых эффузивов, частично захватывающая позднюю пермь.

Картирование выделенных и условно стратифицированных формационных комплексов выполнялось на основе геолого-геофизической интерпретации с использованием широкого набора данных, включающих результаты анализа волновой картины на сейсмических разрезах, материалы гравиметрических и магнитных съемок, весь объем полученных к настоящему времени результатов керновых исследований.

Магматические породы весьма контрастно дифференцируются по значениям плотности и магнитной восприимчивости [13]. Поэтому карты локальных гравитационных и магнитных аномалий широко использовались для картирования интрузий различного состава и разрывных нарушений (рис. 4).

В гравитационном поле наилучшим образом выражены интрузии гранитоидов, которым соответствуют интенсивные отрицательные локальные

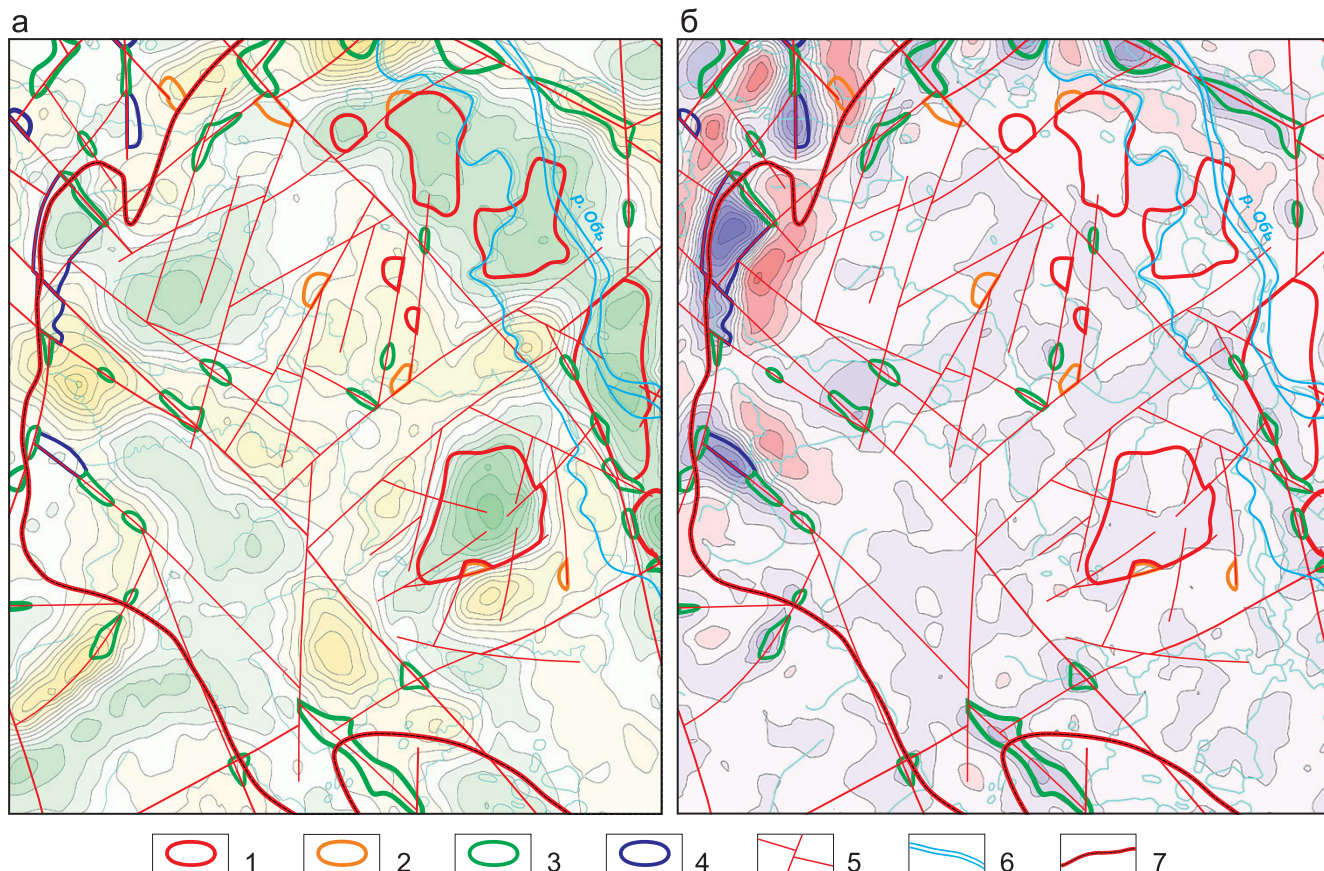


Рис. 4. Выделение интрузий и разломов на картах локальных аномалий гравитационного (а) и магнитного (б) полей 1–4 – контуры интрузий кислого (1), среднего (2), основного (3) и ультраосновного (4) состава; 5 – разрывные нарушения; 6 – реки; 7 – граница Красноленинского свода

аномалии силы тяжести, объединяемые в расположенную на северо-востоке зону регионально пониженных значений поля (см. рис. 4, а). Базиты и гипербазиты приурочены к региональной зоне повышенных значений поля силы тяжести, хотя в его локальной составляющей им чаще соответствуют отрицательные локальные аномалии, что может быть связано с разуплотнением пород вследствие растрескивания при остывании.

В магнитном поле хорошо отображаются интрузии пород основного и ультраосновного состава, которым соответствуют интенсивные линейные положительные аномалии (см. рис. 4, б). Эти интрузии встречаются на всей территории, концентрируясь в тектонически активных зонах с пересечением разломов преимущественно северного и северо-западного направления. На северо-западе также выделяется субмеридиональная зона регионально повышенных значений магнитного поля, которая в локальной составляющей трансформирована в контрастное сочетание максимумов и минимумов, связанная с развитием триасовых базальтовых покровов и подводящих магматических каналов.

Наиболее крупные тектонические нарушения, контролирующие складчато-блоковую структуру доюрского основания, в магнитном поле приурочены к протяженным цепочкам линейных аномалий, связанных с интрузиями базитов, которые благодаря своей подвижности внедрялись по плоскостям разломов. В гравитационном поле они прослеживаются

вдоль градиентных зон, которые соответствуют с границами блоков фундамента, сложенных формационными комплексами различной плотности.

При удовлетворительном качестве сейсмических данных (рис. 5, 6) анализ волновой картины на временных разрезах позволил оценить элементы залегания доюрских формационных комплексов, установить их границы, как правило несогласные или тектонические, и определить контуры их площадного распространения. По сейсмическим данным в отдельных случаях также удается выстроить в последовательном порядке фрагменты разрезов, изученные по керну скважин, попадающих на линию профиля, что дает возможность составить формационную характеристику достаточно больших по мощности интервалов.

По результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации построена новая схематическая геологическая карта поверхности доюрского основания Красноленинского свода (рис. 7).

Тектоническая позиция свода в зоне сочленения главных складчатых систем доюрского основания Западно-Сибирской плиты (Уральской и Центрально-Западно-Сибирской) предопределила сложное и разнонаправленное развитие структурных элементов и дизъюнктивных нарушений.

Ядра антиклиналей в доюрском основании Каменной вершины образованы гранитоидными батолитами, к которым примыкают наиболее древние регионально метаморфизованные кристаллические

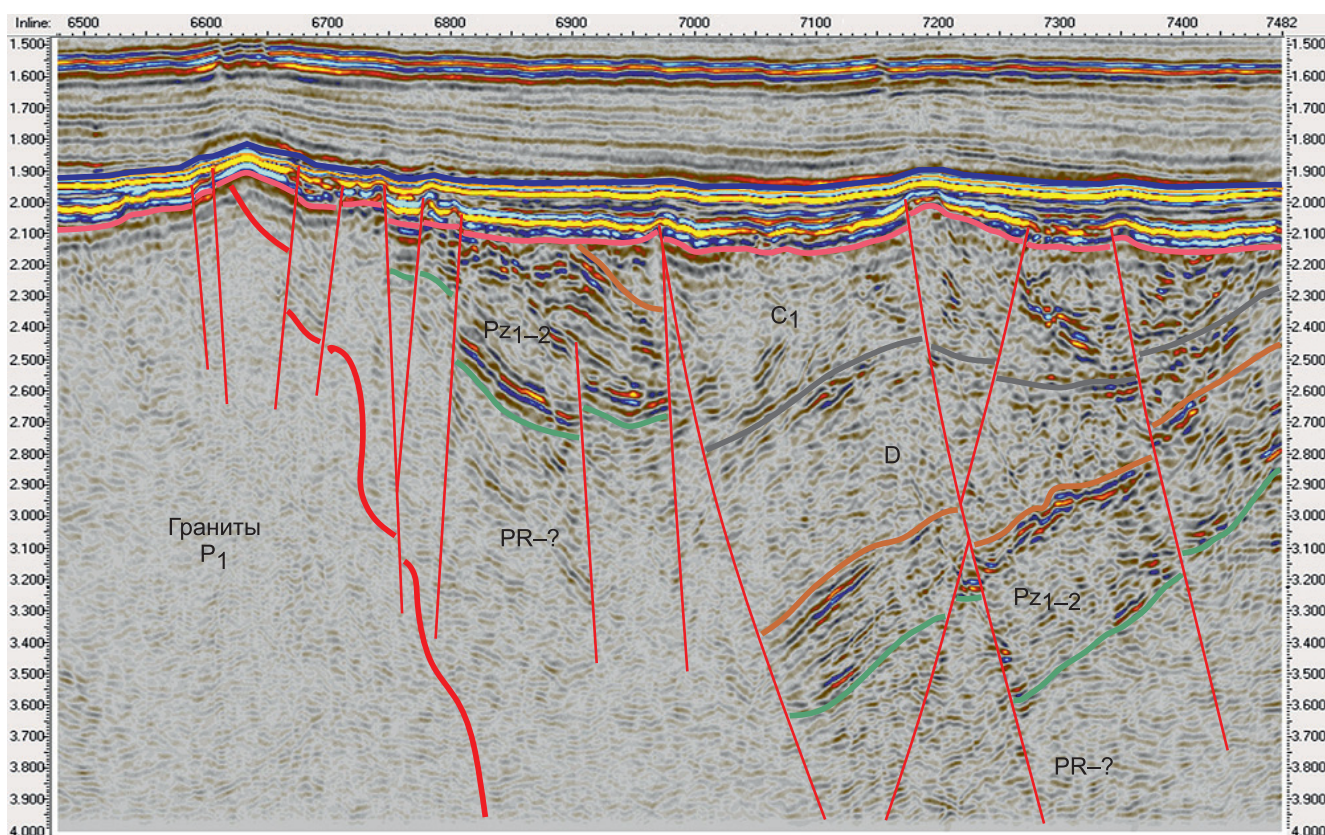


Рис. 5. Фрагмент сейсмического разреза доюрского интервала по линии 1–1 на севере Каменной площади. Положение линии разреза показано на рис. 7

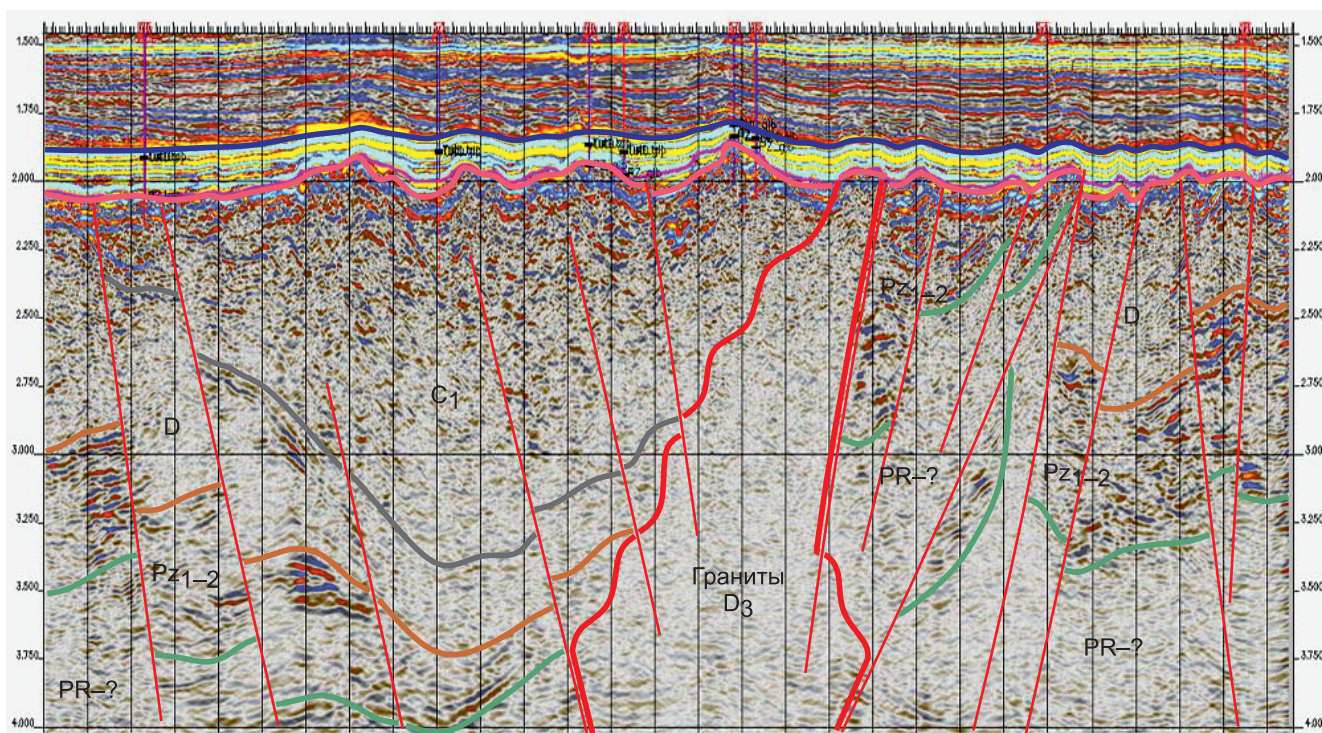


Рис. 6. Фрагмент сейсмического разреза доюрского интервала по линии 2–2 на Ем-Еговской площади. Положение линии разреза показано на рис. 7

сланцы и парагнейсы позднего венда – раннего палеозоя. На них, в свою очередь, налегают менее метаморфизованные апотерригенные и аповулканогенные сланцы раннего (?) – среднего палеозоя. В синклинальных прогибах между гранитными массивами сохранились фрагменты среднепалеозойских образований, представленных преимущественно глинистыми и глинисто-кремнистыми сланцами и метапесчаниками.

В основании Ем-Еговской вершины, Талинской террасы и Елизаровского склона наиболее часто встречаются среднепалеозойские апотерригенные сланцы и метапесчаники с подчиненной долей метаэффузивов и карбонатных пород. В меньшем объеме представлены аповулканогенные с подчиненной долей терригенной составляющей сланцы раннего (?) – среднего палеозоя. На юге Красноленинского свода среднепалеозойские породные комплексы имеют площадное распространение. Эти образования смяты в линейные складки преимущественно северо-западного и северо-восточного направлений, нарушенные дизъюнктивами, которые значительно изменили линейные структурные тренды.

На западе рассматриваемого района и локально в его центральной части на складчато-блоковую структуру палеозойского геосинклинального основания наложены триасовые тафрогенные впадины, которые являются восточными ответвлениями Даниловского грабена. Они выполнены эффузивно-терригенными породами туринской серии триаса. Осевые части и борта этих впадин подчеркнуты разломами и внедрившимися по ним узкими вытянутыми в плане интрузиями базитов. Вулканический материал, заполняющий впадины, также имеет основной состав.

Расположенная на северо-востоке свода Рожниковская депрессия, впоследствии инвертированная в вал, начала формироваться еще на орогенной стадии в позднепермское время и развивалась в раннем триасе как межгорная впадина. Она заполнялась кислыми продуктами извержения магматических очагов, связанных с батолитами в доюрском основании Каменной, Северо-Каменной и Лебяжьей площадей, а также за пределами свода. Иными словами, эта депрессия отличается от триасовых впадин западной части свода по составу заполняющих пород, по возрасту и по тектонической природе.

Подводя итог представленному обзору геологии доюрского основания Красноленинского свода, можно отметить следующее:

- анализ новых данных о составе и возрасте доюрских пород позволил уточнить стратиграфическую схему ДЮК западной и центральной частей свода (см. рис. 3);
- на основе комплексирования большого объема геологической и геолого-геофизической информации выполнена детализация ранее существовавших моделей геологического строения доюрского основания свода [4, 6, 7, 9, 16 и др.].

Основными отличиями представленной модели (см. рис. 7) являются:

- значительное сокращение объема докембрийских образований за счет расширения площадей распространения палеозойских комплексов;
- наличие локальных палеозойских депрессий в основании Ем-Еговской и Каменной вершин;
- ограниченное развитие триасовых терригенно-вулканогенных пород на Талинской террасе и в Пальяновском прогибе.

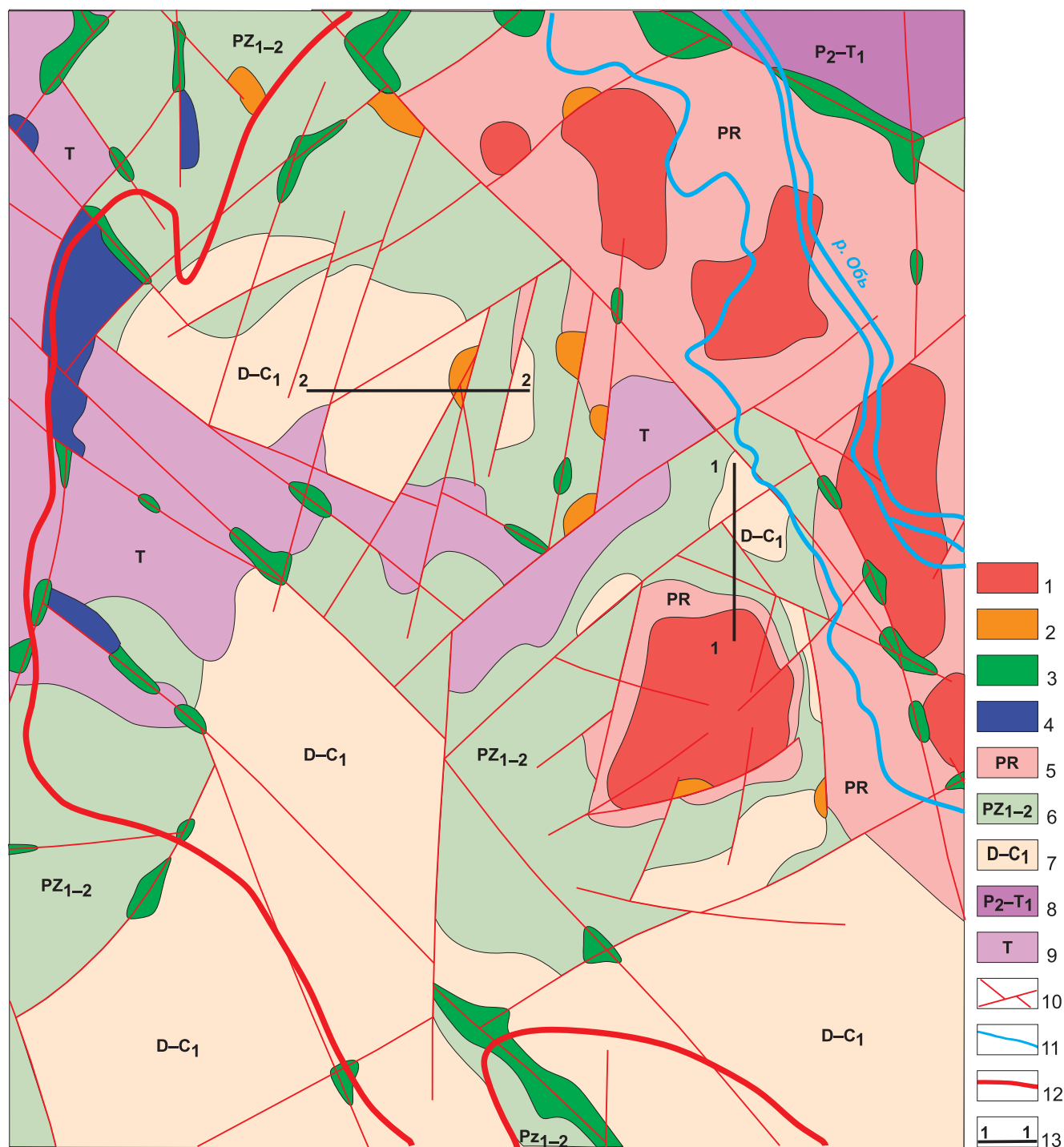


Рис. 7. Схематическая геологическая карта поверхности доюрского основания Красноленинского свода

1–4 – интрузивные комплексы: 1 – кислые (граниты, гранодиориты, аляскиты), 2 – средние (диориты, монцониты), 3 – основные (габбро, долериты, пироксениты), 4 – ультраосновные (серпентиниты апоперидотитовые, апогарцбургитовые); 5–9 – осадочно-вулканогенно-метаморфические формационные комплексы: 5 – протерозойские (сланцы кристаллические, кварц-альбит-серицитовые, серицит-хлоритовые, двуслюдяные, кварцево-слюдистые, гнейсы, кварциты), 6 – ранне-среднепалеозойские (сланцы глинисто-слюдистые, глинисто-углеродистые, глинисто-хлоритовые, метапесчаники, metabазальты, метаандезиты, метатUFFиты основного и среднего состава), 7 – девонско-раннекаменноугольные (метапесчаники, сланцы глинистые, глинисто-углеродистые, глинисто-кремнистые, глинисто-слюдистые, известняки, андезитобазальты, риолиты и их туфы), 8 – позднепермско-раннетриасовые (эффузивы кислого состава), 9 – триасовые (базальты, андезитобазальты, и их туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, гравелиты, песчаники, алевроаргиллиты углистые); 10 – разломы, 11 – речная сеть; 12 – граница Красноленинского свода, 13 – положение разрезов, показанных на рис. 5, 6

Слабая выраженность линейных структур и отсутствие единой ориентировки рассматривается как результат скупивания блоков фундамента в зоне

коллизии сочленения разнонаправленных Уральской и Центрально-Западно-Сибирской складчатых систем. Эти процессы происходили на ранне-

герцинском, позднегерцинском и, возможно, более молодом уральском этапах тектогенеза. Образование в триасе тафrogenных впадин, заполненных основными эффузивами и осадочно-пирокластическими породами, завершило формирование тектонической структуры доюрского основания Красноярского свода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейников Е. В., Лукомская К. Г. К характеристике девона Западной Сибири // Горные ведомости. – 2013. – № 5. – С. 38–50.
2. Богущ О. И. Фораминиферы и стратиграфия нижнего карбона Западно-Сибирской плиты. Биостратиграфия палеозоя Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 49–68.
3. Богущ О. И., Бочкарев В. С., Юферов О. В. Палеозой юга Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1975. – 44 с.
4. Бочкарев В. С., Брехунцов А. М. Схема тектоники Урало-Сибирского региона // Горные ведомости. – 2015. – № 10. – С. 6–39.
5. Бочкарев В. С., Брехунцов А. М., Дещеня Н. П. Палеозой и триас Западной Сибири (комплексные исследования) // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, № 1–2. – С. 120–143.
6. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности доюрских отложений центральной части Западно-Сибирской плиты / А. В. Тугарева, Г. А. Чернова, Н. П. Яковлева и др. // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Т. 1 / под ред. А. В. Шпильмана, В. А. Волкова. – Ханты-Мансийск, 2017. – С. 105–124.
7. Геолого-формационная модель доюрского основания ХМАО-Югры / Л. В. Смирнов, А. И. Недоспасов, В. С. Сурков и др. // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Т. 1. / под ред. А. В. Шпильмана, В. А. Волкова. – Ханты-Мансийск, 2017. – С. 78–87.
8. Геохронологические исследования Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна: итоги 50 лет изучения / К. С. Иванов, Ю. Н. Федоров, Ю. Л. Ронкин и др. // Литосфера. – 2005. – № 3. – С. 117–135.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Р-42 – Ханты-Мансийск / В. А. Денисов, Л. И. Зылева, Е. К. Ковригина и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 343 с. + 12 вкл.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Р-41 – Ивдель. Объяснительная записка / Ю. В. Брадучан, Е. А. Волобуев, А. С. Воронин и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 318 с. + 17 вкл.
11. История геологического развития и строение фундамента западной части Западно-Сибирско-

го нефтегазоносного мегабассейна / К. С. Иванов, В. А. Коротеев, М. Ф. Печеркин и др. // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 4. – С. 484–501.

12. Решения совещания по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины / под ред. В. И. Краснова. – Новосибирск, 1999. – 80 с., прил. на 12 л.

13. Сидоров Д. А. Петромагнитная характеристика пород доюрского основания центральных и южных районов Западной Сибири // Горные ведомости. – 2018. – № 3. – С. 52–63.

14. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Палеозой Западной Сибири / Е. А. Елкин, В. И. Краснов, Н. К. Бахарев и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 163 с.

15. Стратиграфия палеозоя юго-восточной части Западно-Сибирской плиты. Биостратиграфия палеозоя Западной Сибири / В. Н. Дубатов, В. И. Краснов, О. И. Богущ и др. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 4–49.

16. Сурков В. С., Смирнов Л. В. Консолидированные блоки земной коры в фундаменте Западно-Сибирской плиты // Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности: матер. Всерос. науч. конф. – Тюмень; Новосибирск, 2008. – С. 207–210.

17. Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской плиты / ред. В. С. Сурков // Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты (прил.). – М.: Недра, 1981. – 143 с.

REFERENCES

1. Aleinikov E. V., Lukomskaia K. G. [To the Devonian characteristics of West Siberia]. *Gornyye vedomosti*, 2013, no. 5, pp. 38–50. (In Russ.).
2. Bogush O. I. [Foraminifera and stratigraphy of the Lower Carboniferous of West Siberian Plate]. *Biostratigrafiya paleozoya Zapadnoy Sibiri* [Biostratigraphy of the Paleozoic of West Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, pp. 49–68. (In Russ.).
3. Bogush O. I., Bochkarev V. S., Yuferev O. V. *Paleozoy yuga Zapadno-Sibirskoy ravniny* [The Paleozoic of the southern West Siberian Plain]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975. 44 p. (In Russ.).
4. Bochkarev V. S., Brekhuntsov A. M. [Scheme of Urals-Siberian tectonics]. *Gornyye vedomosti*, 2015, no. 10, pp. 6–39. (In Russ.).
5. Bochkarev V. S., Brekhuntsov A. M., Deshchenya N. P. [The Paleozoic and Triassic evolution of West Siberia (Data of comprehensive studies)]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2003, vol. 44, no. 1–2, pp. 120–143. (In Russ.).
6. Tugareva A. V., Chernova G. A., Yakovleva N. P., et al. [Geological structure and oil and gas potential of the pre-Jurassic deposits of the central part of the West Siberian Plate]. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudno-*

go potentsiala Khanty-Mansiyskogo avtonovnogogo okruga – Yugry. T.1. [Ways of realization of oil and gas and ore capacity of Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Vol. 1]. Khanty-Mansiisk, 2017, pp. 105–124. (In Russ.).

7. Smirnov L.V., Nedopasov A.I., Surkov V.S., et al. [Geological and formation model of the pre-Jurassic basement of the KhMAO – Yugra]. *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala Khanty-Mansiyskogo avtonovnogogo okruga – Yugry. T. 1.* [Ways of realization of oil and gas and ore capacity of Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Vol. 1]. Khanty-Mansiisk, 2017, pp. 78–87. (In Russ.).

8. Ivanov K.S., Fedorov Yu. N., Ronkin Yu. L., et al. [Geochronological researches of the West-Siberian oil-and-gas bearing megabasin's basement; results of 50-year studying]. *Litosfera – Lithosphere (Russia)*, 2005, no. 3, pp. 117–135. (In Russ.).

9. Denisov V.A., Zyleva L.I., Kovrigina E.K., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Zapadno-Sibirskaya. List P-42 – Khanty-Mansiysk.* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1.000.000 (third generation). West-Siberian Series. Sheet P-42 – Khanty-Mansiisk. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2011. 343 p. (In Russ.).

10. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Uralskaya. List P-41 – Ivdel. Obyasnitelnaya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Uralian Series. Sheet P-41 – Ivdel. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2007. 318 p. (In Russ.).

11. Ivanov K.S., Koroteev V.A., Pecherkin M.F., et al. [The western part of the West Siberian petroleum Megabasin: geological history and structure of the basement]. *Russian Geology and Geophysics*, 2009, vol. 50, no. 4, pp. 365–379.

12. Krasnov V. I., ed. *Resheniya soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu regionalnoy stratigra-*

ficheskoy skhemy paleozoyskikh obrazovaniy Zapadno-Sibirskoy ravniny [Resolutions of the Interdepartmental Conference on the Review and Adoption of a Revised Regional Stratigraphic Scheme of Paleozoic of West Siberian Plain]. Novosibirsk, 1999. 80 p. (In Russ.).

13. Sidorov D.A. [Petro-magnetic characteristics of the pre-Jurassic basement rocks of the central and southern districts of Siberia]. *Gornyye vedomosti*, 2018, no. 3, pp. 52–63. (In Russ.).

14. Yolkin E.A., Krasnov V.I., Bakharev N.K., et al. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Paleozoy Zapadnoy Sibiri* [Stratigraphy of the oil and gas basins of Siberia. Paleozoic Western Siberia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2001. 163 p. (In Russ.).

15. Dubatolov V.N., Krasnov V.I., Bogush O.I., et al. [Paleozoic stratigraphy of the southeastern part of the West Siberian Plate]. *Biostratigrafiya paleozoya Zapadnoy Sibiri* [Biostratigraphy of the Paleozoic of West Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, pp. 4–49. (In Russ.).

16. Surkov V.S., Smirnov L.V. [Consolidated crustal blocks in the basement of the West Siberian Plate]. *Fundament, struktury obramleniya Zapadno-Sibirskogo mezozoysko-kaynozoyeskogo osadochnogo basseyna, ikh geodinamicheskaya evolyutsiya i problemy neftegazonosnosti. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Basement, framing structure of the West Siberian sedimentary basin, geodynamic evolution and problems of oil and gas potential. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference]. Tyumen, Novosibirsk, SibSAC Publ., 1986, pp. 207–210. (In Russ.).

17. Surkov V.S. ed. [Tectonic map of the West-Siberian Plate basement]. *Prilozheniye 3 k knige "Fundament i razvitiye platformennogo chekhla Zapadno-Sibirskoy plity"* [Append. 3 to the "Basement and Evolution of the Platform Cover of the West Siberian Plate"]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 143 p. (In Russ.).

© Д. А. Сидоров, Л. В. Лапина, Н. В. Холманских, Д. В. Емельянов, Л. П. Мельников, Д. А. Федоров, 2021



НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К ЭКСПРЕСС-МОДЕЛИРОВАНИЮ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА В РЕАЛИСТИЧНЫХ МОДЕЛЯХ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А. М. Петров^{1,2}, К. Н. Даниловский^{1,2}, К. В. Сухорукова^{1,2}, А. Р. Леоненко^{1,3},
А. А. Лапковская^{1,3}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; ³Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Предлагается новый алгоритмический подход к моделированию сигналов электрокаротажа на основе сверточных нейронных сетей, позволяющий конструировать алгоритмы решения прямых задач для конкретных геофизических приборов в детальных моделях прискважинного пространства с малыми толщинами пластов, учетом радиального изменения удельного электрического сопротивления, неровностей стенки скважины и вытеснения бурового раствора корпусом каротажного прибора. На основе предлагаемого подхода программно реализованы опытные алгоритмы экспресс-моделирования сигналов трех распространенных в России методов электрокаротажа с гальваническим и индукционным возбуждением в двумерных моделях прискважинного пространства. Разработанные нейросетевые алгоритмы характеризуются многократным увеличением быстродействия по сравнению с численными решателями. Предложенные решения открывают возможности для усложнения базовых геоэлектрических моделей прискважинного пространства. Использование моделей среды, адекватных по сложности актуальным целевым геологическим объектам, позволит повысить достоверность результатов интерпретации данных электрокаротажа, измеренных в сложных геологических условиях.

Ключевые слова: терригенные нефтяные коллекторы, боковое каротажное зондирование, фокусированный боковой каротаж, низкочастотный индукционный каротаж, детальные геоэлектрические модели, экспресс-моделирование, сверточные нейронные сети.

NEURAL NETWORK-BASED APPROACH TO RESISTIVITY LOGS EXPRESS SIMULATION IN REALISTIC MODELS OF COMPLEX TERRIGENOUS SEDIMENTS

A. M. Petrov^{1,2}, K. N. Danilovskiy^{1,2}, K. V. Sukhorukova^{1,2}, A. R. Leonenko^{1,3}, A. A. Lapkovskaya^{1,3}

¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ³Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The article proposes a new algorithmic approach to resistivity logs simulation based on convolutional neural networks which allows constructing algorithms for solving forward problems for specific logging tools in detailed models of near-wellbore space with thin layers, accounting for radial resistivity changes, borehole wall irregularities and drilling fluid displacement by the logging tool. Experimental algorithms for express-modeling for three common Russian galvanic and induction logging methods in two-dimensional models of the near-wellbore space have been implemented based on the proposed approach. Logs simulation using the developed neural network algorithms is multiple times faster than using numerical solvers. The proposed solutions open up possibilities to use more sophisticated basic geoelectric models of the near-wellbore space. The use of models adequate in complexity to the actual target geological objects will increase the reliability of interpretation results of resistivity logs measured in complex geological conditions.

Keywords: terrigenous oil reservoirs, unfocused lateral logging sounding, focused lateral logging, low-frequency induction logging, detailed geoelectric models, express-modeling, convolutional neural networks.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-70-78

Нефтепродуктивные отложения обычно залегают на большой глубине и могут характеризоваться высокой изменчивостью. Детальное исследование таких объектов невозможно без бурения, а для лабораторного изучения доступна лишь малая часть породы в виде керна, поэтому одним из важнейших источников информации об их свойствах являются данные геофизических исследований скважин (ГИС).

Для горных пород характерна высокая степень дифференциации по электрофизическим свойствам. Это обуславливает эффективность использования электрофизических параметров в качестве диагно-

стических признаков при определении типов пород, а также для оценки их петрофизических свойств. Поэтому среди всех методов ГИС особое место занимают методы электрокаротажа, направленные на определение электрофизических характеристик отложений, прежде всего удельного электрического сопротивления (УЭС). В то же время интегральный характер отклика породы на возбуждаемое прибором поле приводит к тому, что на измерение напротив целевого пласта влияют вмещающие отложения, скважина, заполненная буровым раствором, фильтрация раствора в пласт и другие особенности среды и условий измерений.

Количественная интерпретация данных электрокаротажа, измеренных в вертикальных и слабонаклонных скважинах, основывается на итерационном подборе параметров модели среды с минимизацией невязки между измеренными и рассчитанными данными. В продвинутой методике интерпретации в качестве базовой используется двумерная осесимметричная модель среды, что обеспечивает естественный учет влияния на измерения перечисленных факторов на каждое измерение [4, 6].

Однако расчет сигналов в детальной двумерной модели среды – весьма ресурсоемкая вычислительная процедура. При этом для инверсии сигналов, измеренных в сложном разрезе, может потребоваться решение десятков тысяч прямых задач. В настоящее время именно скорость моделирования является фактором, ограничивающим возможности исследования сложнопостроенных отложений. На практике из-за недостаточной производительности вычислительных устройств используются упрощенные подходы к интерпретации, полноценно не учитывающие влияние на измерения вмещающих пород, анизотропии электрофизических свойств, неровностей стенки скважины, вытеснения непроводящим корпусом прибора бурового раствора и т. д. В сложных геологических разрезах это приводит к большим ошибкам в определении коэффициента нефтенасыщенности целевых пластов.

В последние годы в самых различных областях науки и техники наблюдается активное внедрение технологий машинного обучения. Известны исследования по моделированию сигналов электрокаротажных приборов в одномерных моделях среды с применением искусственных нейронных сетей (ИНС) [1, 5], однако отсутствие учета вертикальной неоднородности модели делает невозможным их применение при интерпретации данных, полученных в сложных разрезах. Для расчета каротажных сигналов при профилировании вдоль ствола скважины в таких условиях можно применить алгоритмы на основе сверточных ИНС, которые успешно применяются в задачах обработки каротажных данных [2, 7].

В статье предлагается подход к экспресс-моделированию сигналов гальванического и индукционного каротажа на основе сверточных нейронных сетей, позволяющий конструировать алгоритмы решения прямых задач для конкретных геофизических приборов в детальных двумерных моделях присважинного пространства.

Описание подхода

В основе предлагаемого подхода к экспресс-моделированию сигналов электрокаротажа лежит использование ИНС с полносверточной архитектурой [12]. ИНС состоит из входного слоя, принимающего параметры геоэлектрической модели среды, скрытых слоев, выделяющих значимые для формирования каротажного сигнала признаки, и выходного слоя, на котором окончательно формируется моделируемый сигнал. Конкретный дизайн ИНС (количество слоев, размер и количество сверточных фильтров) подбирается индивидуально для каждого каротажного метода. Это позволяет учитывать наиболее значимые факторы, влияющие на формирование сигналов, а также эффективно использовать вычислительные ресурсы при расчете протяженных профилей измерений.

В качестве базовой модели среды используется двумерная осесимметричная геоэлектрическая модель с блочным кусочно-постоянным распределением электрофизических свойств. Учет области формирования сигнала обеспечивается за счет параметризации модели специальным образом. Исходная двумерная блочная модель разбивается на тонкие прослои постоянной толщины. Свойства каждого прослоя описываются вектором значений фиксированного размера. Каждый элемент вектора соответствует определенному электрофизическому или геометрическому свойству блока среды. Таким образом, модель представляется в виде прямоугольной матрицы с фиксированным количеством столбцов и произвольным количеством строк, зависящим от ее протяженности по глубине (рис. 1).

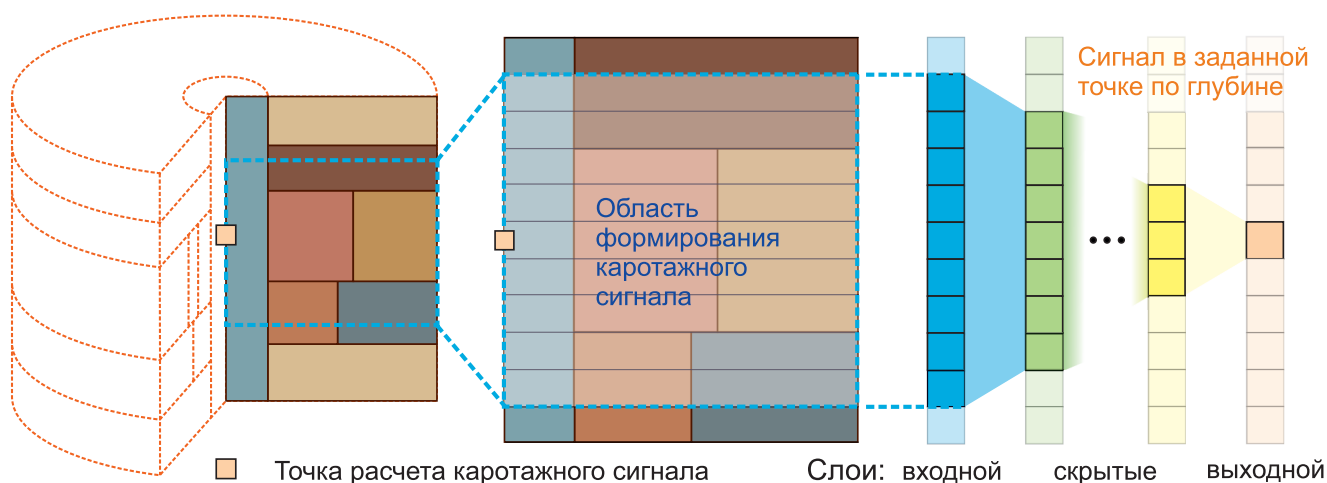


Рис. 1. Обобщенная схема подхода к экспресс-моделированию каротажных сигналов с применением сверточной ИНС

Заданная параметризация среды в сочетании со свойствами сверточных ИНС позволяет учитывать влияние свойств всех блоков среды, попадающих в область формирования сигнала для каждой точки измерения. При этом наибольший вклад в рассчитываемый ИНС сигнал вносят свойства блоков среды, находящихся наиболее близко по глубине к точке расчета. Это обеспечивает соответствие работы алгоритма физическим принципам каротажных измерений, за счет чего достигается полноценный учет влияния вмещающих пород, зоны фильтрации бурового раствора в пласты-коллекторы и скважинных условий.

Благодаря тому что вертикальное распределение свойств модели выражается через строки матрицы, а свертка входных данных с фильтрами ИНС производится по глубине, становится возможным моделирование профиля измерений произвольной протяженности за один вызов расчетного алгоритма. Отсутствие необходимости в многократном вызове позволяет достичь высокой эффективности параллельных вычислений.

Описанные особенности позволяют достичь высокой производительности в задачах расчета сигналов отдельно взятых каротажных зондов. Однако наиболее важными для практического применения являются зондирующие установки, состоящие из набора каротажных зондов различной глубинности. Предлагается использовать единую ИНС для моделирования всех однотипных зондов в составе установки. Общие физические принципы измерений позволяют использовать одни и те же сверточные фильтры на первых слоях ИНС, выделяя во входных данных общие для всех зондов признаки [13], с последующим разделением ИНС на отдельные ветви, формирующие сигналы каждого зонда. Это дает возможность не только увеличить производительность моделирования, но и сократить время обучения ИНС, а также количество требуемых для него данных.

Обучение ИНС проводится на составленных специальным образом выборках, состоящих из пар «модель среды – сигнал прибора». Формирующие обучающую выборку сигналы рассчитываются с применением конечноэлементных алгоритмов моделирования комплекса AlondraWL [3], что обеспечивает высокую точность расчета сигналов в моделях со сложной геометрической неоднородностью.

Для достижения высокой точности аппроксимации сигналов с помощью ИНС предлагается использовать три типа геоэлектрических моделей среды – «пластовые», «поточечные» и «с периодическим переслаиванием».

Традиционные для задач электрокаротажа «пластовые» модели представляют собой набор слоев произвольной мощности с постоянными по вертикали свойствами. Такие модели составляют базу обучающей выборки.

«Поточечные» модели состоят из пачек однотипных пропластков, сравнимых по толщине с ша-

гом дискретизации каротажных данных (обычно 0,1–0,2 м). Свойства в пределах каждой пачки изменяются по определенному закону, связывающему параметры соседних пропластков. Такие модели соответствуют условно непрерывному распределению свойств по вертикали, что в большей степени соответствует реальным геологическим разрезам. Добавление их в обучающую выборку обеспечивает более высокую точность расчета сигналов в детальных моделях среды, а также в моделях с плавным изменением свойств.

Модели «с периодическим переслаиванием» содержат интервалы чередующихся контрастных по свойствам пропластков, разделенные мощными однородными пластами. Известна связь электрофизических свойств пачки периодически переслаивающихся пропластков и эквивалентной ей анизотропной толщи [9]. Добавление в обучающую выборку моделей «с периодическим переслаиванием» устанавливает эту связь для нейросетевого алгоритма, расширяя область его применимости и повышая точность моделирования сигналов в интервалах, сложенных набором тонких контрастных по свойствам пластов.

Значительное влияние на электрокаротажные сигналы могут оказывать скважинные условия измерения. Во всех моделях, используемых для обучения ИНС, скважина, наравне с другими элементами модели, представляется набором геометрических зон с заданными электрофизическими параметрами, напрямую влияющими на результаты моделирования. Для учета влияния скважины на рассчитываемый каротажный сигнал предлагается использовать в обучающей выборке наборы моделей с УЭС скважины, изменяющимся по глубине в пределах, характерных для условий эксплуатации конкретного каротажного прибора. В части моделей диаметры скважин задаются постоянными в соответствии с типовыми диаметрами буровых долот. Помимо этого, для учета возможного кавернообразования при бурении слабосцементированных и глинистых пород на разных буровых растворах в выборку добавляются модели с изменяющимся диаметром скважины.

Как электрофизические характеристики горных пород, так и регистрируемые электрокаротажные сигналы характеризуются широкими динамическими диапазонами значений. При этом часто более важной информацией является относительное изменение характеристики, а не ее абсолютное значение. Предлагается использовать преобразование обучающих данных, деформирующее пространство параметров для учета особенностей измерений конкретным каротажным методом и сужающее диапазон их значений для более эффективного обучения ИНС.

Весовые коэффициенты используемых в слоях ИНС сверточных фильтров изначально не известны. Определение их оптимальных значений в данном случае является задачей обучения с «учителем»,

которая традиционно решается с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. При разработке алгоритмов моделирования сигналов рассматриваемых в работе каротажных методов наилучших результатов удалось достичь с использованием методов оптимизации, основанных на адаптивной оценке импульса, такие как Adam [11] и Nadam [8]. Для повышения эффективности обучения применяются различные приемы: изменение скорости обучения в зависимости от номера итерации, аугментация данных и применение специальных функций потерь, игнорирующих в процессе обучения значения, некорректно прогнозируемые ИНС на краях моделируемого профиля измерений.

Практическая реализация алгоритмов

Работоспособность и преимущества подхода демонстрируются на примере опытных реализаций алгоритмов моделирования сигналов электрометрических методов каротажного комплекса К1А-723-М (производство НПФ «Геофизика», Уфа). Алгоритмы программно реализованы на языке Python с использованием библиотеки глубокого обучения Tensorflow.

Каротажный комплекс К1А-723-М включает приборы методов с гальваническим возбуждением – боковое каротажное зондирование (БКЗ) и фокусированный боковой каротаж (БК), а также с индукционным – низкочастотный индукционный каротаж (ИК). Отсутствие фокусировки тока в градиент-зондах метода БКЗ приводит к большому размеру области формирования сигналов, их сложной форме при пересечении пачки контрастных по УЭС пластов, и обеспечивает чувствительность не только к горизонтальному, но и к вертикальному УЭС отложений. Применяемая в методе БК фокусировка тока обеспечивает чувствительность измеряемого сигнала к УЭС среды в широком диапазоне значений и высокую вертикальную разрешающую способность, что в контрастном разрезе приводит к быстрому изменению сигнала вдоль ствола скважины. Чувствительность сигналов БК к анизотропии УЭС слабая, но не нулевая. Низкая частота генерируемого поля в методе ИК обеспечивает большую глубину измерений при низкой разрешающей способности, при этом сигналы нечувствительны к вертикальному УЭС отложений при нормальном пересечении напластования. Перечисленные особенности методов определяют принципы формирования обучающих выборок и дизайн применяемых ИНС.

Обучающие выборки. Каждая геоэлектрическая модель в обучающей выборке представлена пачкой проницаемых и непроницаемых пластов, пересеченных скважиной под прямым углом к поверхности напластования. Непроницаемые пласты в общем случае трансверсально-изотропны. Проницаемые пласты изотропны и состоят из двух блоков: зоны проникновения и неизменной части пласта (рис. 2).

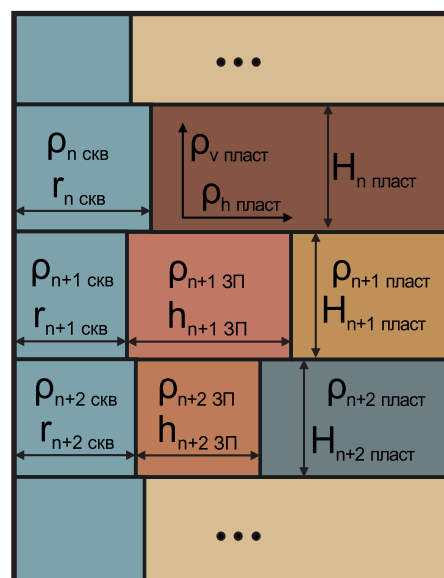


Рис. 2. Используемая параметризация геоэлектрической модели среды: ρ – УЭС изотропного блока среды, ρ_h и ρ_v – вертикальное и горизонтальное УЭС анизотропных непроницаемых пластов

Диапазоны параметров моделей, используемых в обучении ИНС (табл. 1), подобраны с учетом особенностей каждого каротажного метода и покрывают геоэлектрические характеристики терригенного разреза широкого круга месторождений: УЭС отложений с учетом их радиального изменения при бурении на глинистых, глинисто-полимерных и карбонатно-полимерных растворах. Суммарная мощность геоэлектрических моделей, формирующих обучающую выборку для алгоритма моделирования сигналов БКЗ, составляет 750 км, БК – 550 км, ИК – 150 км.

Модели для обучающих выборок генерируются алгоритмом, случайным образом выбирающим параметры каждого пласта по заданным распределениям. На рис. 3 приведен пример распределений параметров модели, составленной из набора проницаемых пластов. Модель используется в обучающей выборке алгоритма моделирования сигналов БК.

Многообразие форм каротажных сигналов при пересечении пачки тонких пластов значительно больше, чем при пересечении нескольких мощных. Также большая часть петрофизической информации в терригенном разрезе содержится в диапазоне относительно низких значений УЭС. Специально подобранные распределения позволяют существенно сократить объем обучающих выборок, необходимый для достижения высокой точности аппроксимации в наиболее важном диапазоне параметров, сохранив возможность расчета в моделях, содержащих мощные и высокоомные пласты.

Дизайн ИНС. ИНС состоит из сверточных слоев и слоев пакетной нормализации, использующейся для более быстрого обучения ИНС [10]. Кроме того, для согласования шага дискретизации моделируемых

Таблица 1

Диапазоны параметров геоэлектрических моделей в обучающих выборках

Область модели	БКЗ		БК		ИК	
Скважина	$0,1 < \rho_{\text{СКВ}} < 5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,07 < r_{\text{СКВ}} < 0,16 \text{ м}$		$0,1 < \rho_{\text{СКВ}} < 5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,07 < r_{\text{СКВ}} < 0,25 \text{ м}$		$0,1 < \rho_{\text{СКВ}} < 5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,07 < r_{\text{СКВ}} < 0,16 \text{ м}$	
Непроницаемые пласты	$0,1 < \rho_h < 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,8 < \rho_v/\rho_h < 16$		$0,2 < \rho_h < 2000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,64 < \rho_v/\rho_h < 12$		$0,5 < \rho < 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	
Проницаемые пласты	ЗП	Пласт	ЗП	Пласт	ЗП	Пласт
	$0,95 < \rho < 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,01 < h < 1,5 \text{ м}$	$0,5 < \rho < 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$0,95 < \rho < 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,01 < h < 1,5 \text{ м}$	$0,1 < \rho < 1200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$0,1 < \rho < 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ $0,01 < h < 1,5 \text{ м}$	$0,5 < \rho < 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

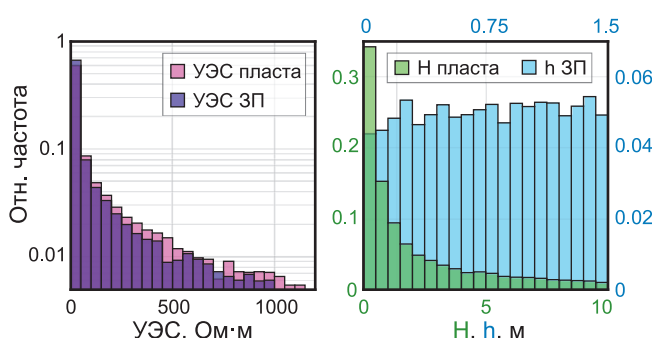


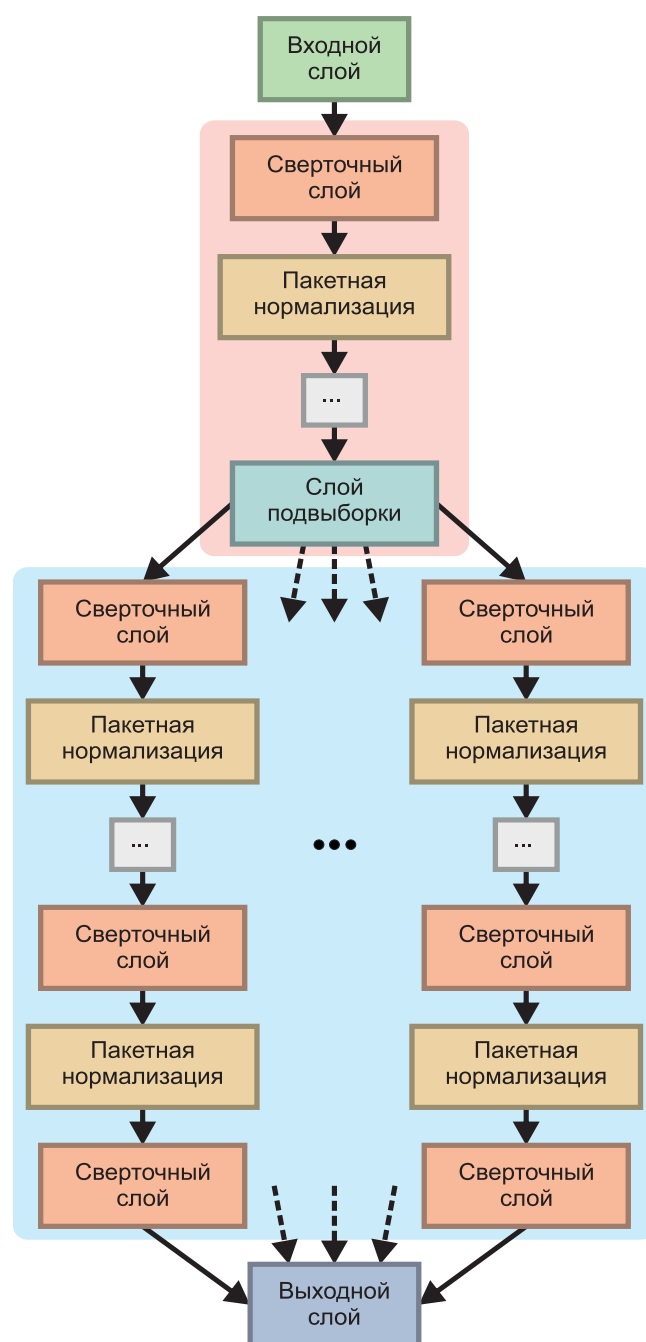
Рис. 3. Распределения параметров геоэлектрической модели из обучающей выборки алгоритма моделирования сигналов БК

каротажных сигналов и реальных скважинных измерений в архитектуре ИНС используется слой подвыборки.

На рис. 4 приведена обобщенная схема используемых ИНС. На первых слоях (розовый блок) ИНС выделяет во входных данных признаки, значимые для всех моделируемых каротажных сигналов. Затем ИНС разделяется на несколько ветвей, каждая из которых соответствует конкретному зонду установки (голубой блок). На этих слоях выделяются более сложные и индивидуальные признаки, а также формируются итоговые каротажные сигналы.

Точность моделирования сигналов. В процессе обучения точность оценивалась на репрезентативном наборе данных, не задействованных в обучении (валидационной выборке). Для обученных ИНС средняя относительная поточечная невязка сигналов, рассчитанных ИНС и численно (далее – δ), составила 5,7 % для зондов метода БКЗ, 3,5 % – для БК и 2,8 % – для ИК (суммарная протяженность валидационных данных 150, 75 и 22,5 км соответственно). Относительно большая средняя погрешность для зондов метода БКЗ объясняется необходимостью учета свойств среды на большом удалении от точки

Рис. 4. Обобщенная архитектура ИНС для моделирования сигналов электрокаротажа



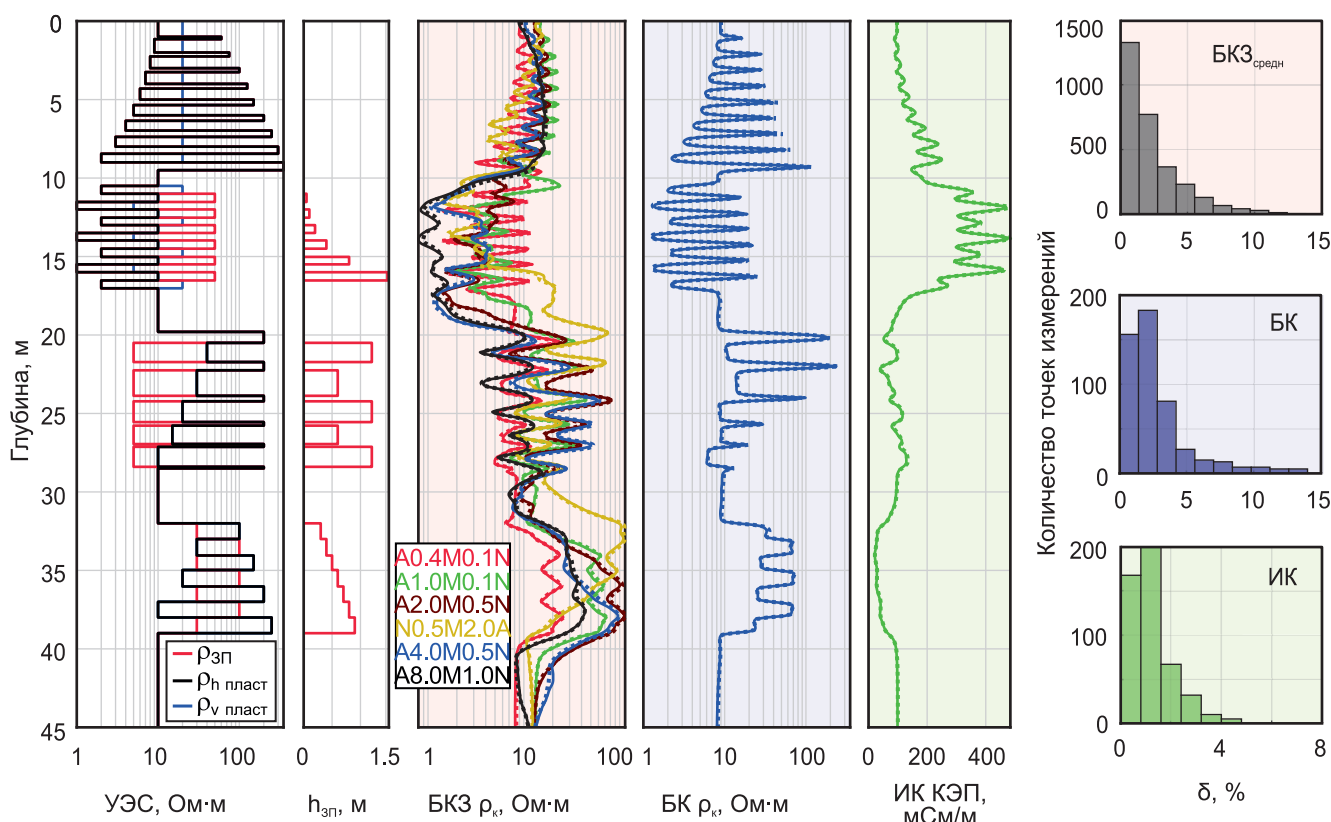


Рис. 5. Тестовая геоэлектрическая модель с высоким контрастом УЭС, рассчитанные в ней сигналы электрокаротажа численными (пунктир) и нейросетевыми (сплошные линии) алгоритмами, распределения поточечных невязок сигналов δ

расчета для корректного моделирования сигналов длинных зондов при высоком контрасте УЭС и значительной геометрической сложности используемых моделей.

Итоговые версии алгоритмов тестируются на специально созданных моделях, имитирующих практически значимые и сложные с точки зрения моделирования сигналов геоэлектрические условия, а также на реалистичных моделях терригенных отложений, полученных инверсией практических данных электрокаротажа.

На рис. 5 приведено сравнение сигналов, рассчитанных с использованием численных и нейросетевых алгоритмов в одной из тестовых моделей (профиль 45 м с шагом по глубине 0,1 м, $r_{св} = 0,108$ м, $\rho_{св} = 1$ Ом·м). Модель составлена для тестирования алгоритмов в сложных для расчета геоэлектрических условиях: при высоком контрасте УЭС и малой толщине пластов. Модель не имеет четкой геологической привязки, однако высокоомные непроницаемые пласты могут соответствовать, например, уплотненным карбонизированным отложениям, низкоомные – глинистым отложениям, а проницаемые – породам-коллекторам разного насыщения.

Результаты сравнения демонстрируют применимость разработанных алгоритмов даже в весьма сложных геоэлектрических условиях. Невязка сигналов ИК не превышает погрешность измерения реального каротажного прибора. Для значительно

более разрешенных по глубине сигналов БКЗ и БК невязка δ лишь в отдельных точках превышает 10 %. При этом значимые отклонения по большей части не случайны: при быстром изменении каротажных сигналов даже небольшая ошибка позиционирования измерения по глубине приводит к резкому увеличению значений поточечной невязки. Это не накладывает существенных ограничений на практическое применение алгоритмов, так как увеличение невязки соответствует малому изменению модели среды – небольшому смещению горизонтальной границы между пластами.

Еще одним сложным для моделирования случаем является плавное изменение электрофизических параметров модели среды с глубиной. Такое распределение свойств более естественно для терригенных отложений, чем кусочно-постоянное. На рис. 6 приведена детальная модель среды, полученная двумерной инверсией практических данных, измеренных в скважине нефтяного месторождения Томской области. Используемая параметризация обеспечивает детальность описания геоэлектрических свойств разреза, а также позволяет полноценно учитывать данные кавернометрии в каждой точке по глубине. Однако в таком случае на сигнал каротажа в каждой точке профиля влияет множество параметров модели, что осложняет аппроксимацию связи между ними.

Как видно из приведенных на рис. 6 данных, несмотря на сложность модели, разработанные

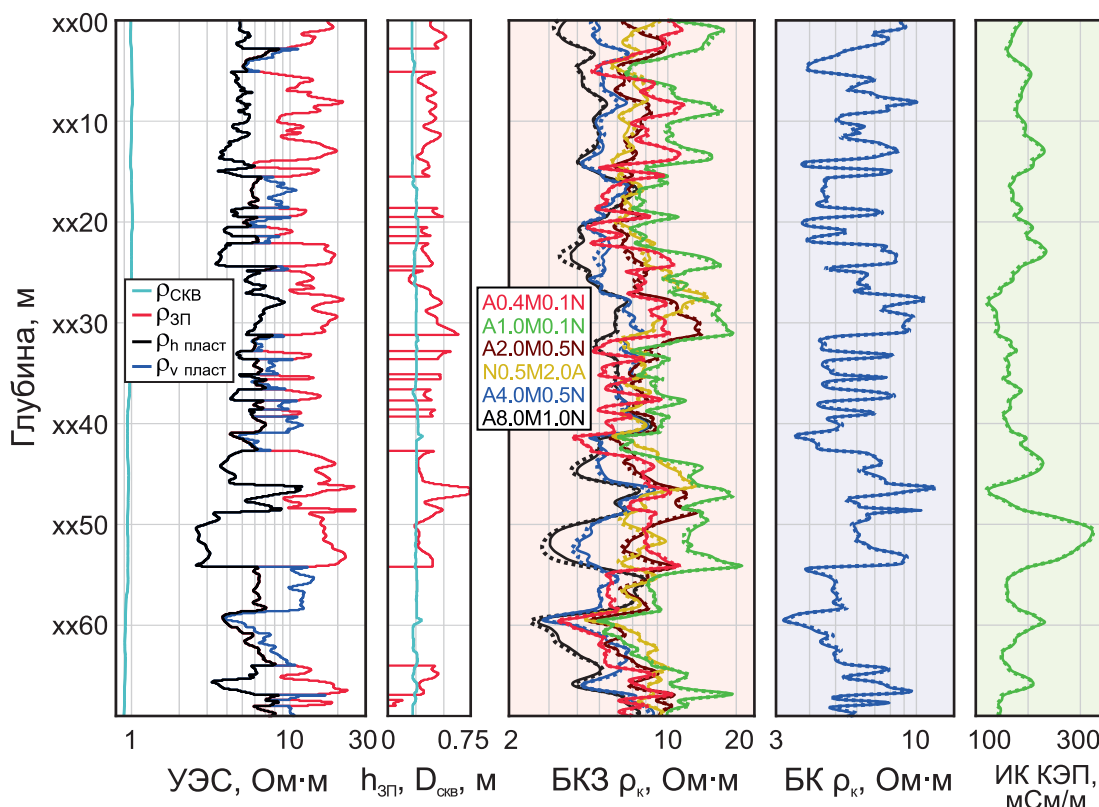


Рис. 6. Детальная геоэлектрическая модель отложений нефтяного месторождения Томской области и рассчитанные в ней сигналы электрокаротажа численными (пунктир) и нейросетевыми (сплошные линии) алгоритмами

нейросетевые алгоритмы позволяют рассчитывать сигналы электрокаротажа с точностью, достаточной для решения практических задач. Среднее значение δ для сигналов БКЗ составляет 2,5 %, для сигнала БК – 1,2 %, ИК – 1,6 %. Наибольшей средней невязкой (2,9 %) характеризуются сигналы длинных зондов БКЗ: A4.0M0.5N и A8.0M1.0N. Это связано с большой областью формирования их сигналов, требующей учета влияния параметров модели на большом удалении от точки расчета. Дополнительно повысить точность можно за счет усложнения ИНС, однако это негативно скажется на быстродействии. Предлагаемые алгоритмы ориентированы на решение практических задач, в которых чрезвычайно важна оперативность обработки данных, поэтому целевым критерием является производительность моделирования сигналов.

Быстродействие. Оценка производительности алгоритмов проводилась с использованием сгенерированной случайным образом модели-бенчмарке. Модель состоит из 500 проницаемых и 250 непроницаемых пластов мощностью от 0,1 до 5 м (суммарная мощность 1000 м). Диапазоны параметров модели соответствуют приведенным в табл. 1 для алгоритма моделирования сигналов ИК. В модели рассчитывались сигналы электрокаротажа с шагом по глубине 0,1 м (10001 точка для каждого зонда). Расчеты выполнялись с использованием параллельных вычислений на центральном процессоре (CPU) Intel i7-8700. Помимо CPU для расчета сигналов нейросетевыми алгоритмами

можно также использовать графические ускорители (GPU). Соответствующие тесты проводились с использованием ускорителя NVIDIA GeForce RTX 2080. Усредненное по 1000 запускам нейросетевых алгоритмов время расчета сигналов в сравнении со временем расчета численными решателями приведено в табл. 2. В результатах не учитывается время загрузки в оперативную память нейронной сети и необходимых программных библиотек. Эти операции выполняются один раз при запуске программы и в дальнейшем не оказывают влияния на скорость расчета сигналов.

Следует отметить, что на производительность численного моделирования значительно влияет геометрическая сложность модели среды. Показанные в табл. 2 результаты получены в модели с постоянным диаметром скважины. Для используемого способа построения расчетной сетки осложнение модели кавернозностью стенки скважины приводит к увеличению времени расчета сигналов в 2–4 раза в зависимости от каротажного метода. Объем оперативной памяти, используемый конечноэлементными алгоритмами, также зависит от детальности расчетной сетки и в сложных моделях может составлять несколько гигабайт. Предлагаемые нейросетевые алгоритмы лишены этих недостатков: они обеспечивают постоянный уровень производительности и требуют для работы существенно меньший объем оперативной памяти (от 250 до 400 Мб для рассматриваемых каротажных методов) вне зависимости от геометрической сложности модели.

Таблица 2

Время расчета сигналов БКЗ, БК и ИК в модели-бенчмарке численными и нейросетевыми алгоритмами

Каротажный метод	Численные алгоритмы (время, с)	Нейросетевые алгоритмы (время, с / ускорение, раз)	
	CPU	CPU	GPU
БКЗ (6 градиент-зондов)	45,5	0,077 / 591	0,036 / 1264
БК	853,0	0,059 / 14458	0,043 / 19837
ИК	498,4	0,065 / 7668	0,035 / 14240

Таким образом, разработанные нейросетевые алгоритмы характеризуются качественно более высоким быстродействием при меньшей ресурсоемкости, что в совокупности с достигнутой точностью моделирования обеспечивает возможность их использования для исследования сложнопостроенных нефтеперспективных отложений с построением их детальных двумерных геоэлектрических моделей.

Выводы

Предложен новый алгоритмический подход к моделированию сигналов электрокаротажа в реалистичных моделях прискважинного пространства на основе сверточных нейронных сетей. Подход позволяет разрабатывать алгоритмы решения прямых задач для конкретных методов скважинной электрометрии, характеризующиеся производительностью вычислений, в несколько тысяч раз большей по сравнению с численными алгоритмами при незначительном снижении точности моделирования сигналов.

На основе предлагаемого подхода программно реализованы опытные алгоритмы экспресс-моделирования сигналов трех распространенных в России методов электрокаротажа в двумерных анизотропных моделях прискважинного пространства с малыми толщинами пластов, радиальным изменением УЭС, учетом неровностей стенки скважины и вытеснения бурового раствора корпусом прибора. По результатам тестирования установлено, что разработанные алгоритмы позволяют моделировать каротажные сигналы с достаточной для практического использования точностью в моделях среды с широким диапазоном электрофизических параметров. Достигнутое быстродействие алгоритмов моделирования открывает возможности для усложнения базовых геоэлектрических моделей прискважинного пространства. Использование моделей среды, адекватных по сложности актуальным сегодня целевым геологическим объектам, позволит повысить достоверность результатов интерпретации данных электрокаротажа, измеренных в сложных геологических условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской об-

ласти в рамках научного проекта № 20-45-543003 «Методико-алгоритмическое обеспечение количественной интерпретации данных электрокаротажа нефтяных скважин на основе технологий машинного обучения». (Acknowledgments: The research was funded by RFBR and Novosibirsk region, project No. 20-45-543003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Агбаш И. А., Соболев А. Ю.** Построение быстрых аналогов прямых и обратных задач бокового электрического зондирования скважин с использованием технологии нейронных сетей // XII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2016». Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.: сб. матер. Т. 1. – Новосибирск, 2016. – С. 196–200.
2. **Логинов Г. Н., Петров А. М.** Автоматическое выделение геоэлектрических границ по данным бокового каротажного зондирования с помощью глубокой сверточной нейронной сети // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60, № 11. – С. 1650–1657.
3. **Петров А. М., Нечаев О. В., Сухорукова К. В.** Быстрая совместная двумерная инверсия данных электромагнитных и гальванических каротажных зондирований с определением вертикального сопротивления // XIV Междунар. науч. конгр. «ГЕОСибирь-2018». Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.: сб. матер. Т. 4. – Новосибирск, 2018. – С. 90–98.
4. **Петров А. М., Сухорукова К. В., Нечаев О. В.** Совместная двумерная инверсия данных электрического и электромагнитного каротажных зондирований в анизотропных моделях песчано-глинистых отложений // Каротажник. – 2019. – № 3 (297). – С. 85–103.
5. **Соболев А. Ю., Ельцов И. Н., Симонов К. В.** Нейросетевое моделирование сигналов ВИКИЗ // Каротажник. – 2006. – № 9. – С. 136–152.
6. **Сухорукова К. В., Петров А. М., Нечаев О. В.** Геоэлектрические модели меловых коллекторов Западной Сибири по результатам комплексной интерпретации данных электрокаротажа // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2020. – № 3 (41). – С. 77–86.
7. **Danilovskiy K., Loginov G., Nechaev O.** Automatic geoelectric boundaries detection on the resistivity images based on 3D numerical simulation and convolutional neural network // 9th Saint Petersburg International Conference and Exhibition, Saint Petersburg, 16–19 November 2020. – Saint Petersburg, 2020. – Paper 15. – URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202053015>.
8. **Dozat T.** Incorporating Nesterov momentum into Adam // 4th International Conference on Learning Representations, Caribe Hilton, San Juan, Puerto Rico, May 2–4, 2016. Workshop track proceedings. – San Juan, 2016. – Paper 107. – URL: https://cs229.stanford.edu/proj2015/054_report.pdf.
9. **Hagiwara T.** Macroscopic Anisotropy at Multiple Scales // SPWLA 54th Annual Logging Symposium,

New Orleans, USA, June 22–26, 2013. Transactions. – New Orleans, 2013. – Paper SPWLA-2013-CCCC. – 15 p.

10. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift // 32nd International Conference on International Conference on Machine Learning. Lille, France, 7–9 July, 2015. Proceedings. Vol. 37. – Lille, 2015. – P. 448–456.

11. Kingma D. P., Ba J. Adam: A method for stochastic optimization // 3rd International Conference for Learning Representations. San Diego, CA, USA, May 7–9, 2015. Proceedings. – San Diego, 2015. – Paper arXiv-1412.6980. – URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>.

12. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Boston, MA, USA, June 7–12, 2015. Proceedings. – Boston, 2015. – P. 3431–3440.

13. Zeiler M. D., Fergus R. Visualizing and Understanding Convolutional Networks // 13th European Conference on Computer Vision. Zürich, Switzerland, September 6–12, 2014. Proceedings. – Zürich, 2014. – P. 818–833.

REFERENCES

1. Agbash I.A., Sobolev A.Yu. [Construction of fast analogs of forward and inverse problems of lateral electric sounding of wells using neural network technology]. *XII Mezhdunarodnyy nauchnyy kongress GEO-Sibir-2016. Novosibirsk, 18–22 aprelya 2016 g.* [Interexpo Geo-Siberia-2016- Proceedings of the 12th International Scientific Congress GEO-Sibir -2016, Novosibirsk, April 18–22, 2016]. Novosibirsk, 2016, vol. 1, pp. 196–200. (In Russ.).

2. Loginov G.N., Petrov A.M. [Automatic detection of geoelectric boundaries according to lateral logging sounding data by applying a deep convolutional neural network]. *Russian Geology and Geophysics*, 2019, vol. 60, no. 11, pp. 1319–1325.

3. Petrov A.M., Nechaev O.V., Sukhorukova K.V. [Fast joint two-dimensional inversion of electromagnetic and galvanic soundings data with evaluation of vertical resistivity]. *XIV Mezhdunarodnyy nauchnyy kongress GEO-Sibir-2018* [Interexpo Geo-Siberia-2018. Proceedings of the 14th International Scientific Congress. Novosibirsk, April, 23–27, 2018]. Novosibirsk, 2018, vol. 4, pp. 90–98. (In Russ.).

4. Petrov A.M., Sukhorukova K.V., Nechaev O.V. [A combined two-dimension inversion of electric and electromagnetic sounding logs in models of anisotro-

pic sand-and-clay sediments]. *Karotazhnik*, 2019, no. 3 (297), pp. 85–103. (In Russ.).

5. Sobolev A.Yu., Yeltsov I.N., Simonov K.V. [Neuron-network modeling of high-frequency induction of log isoparametric sounding signals]. *Karotazhnik*, 2006, no. 9, pp. 136–152. (In Russ.).

6. Sukhorukova K.V., Petrov A.M., Nechaev O.V. [Geoelectric models of Cretaceous reservoirs of West Siberia by the results of integrated interpretation of electric log data]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2020, no. 3(41), pp. 77–86. (In Russ.).

7. Danilovskiy K., Loginov G., Nechaev O. Automatic geoelectric boundaries detection on the resistivity images based on 3D numerical simulation and convolutional neural network. *9th Saint Petersburg International Conference and Exhibition, Saint Petersburg, 16–19 November 2020*. Saint Petersburg, 2020, paper 15. – URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202053015>.

8. Dozat T. Incorporating Nesterov momentum into Adam. *4th International Conference on Learning Representations, Caribe Hilton, San Juan, Puerto Rico, May 2–4, 2016. Workshop track proceedings*. San Juan, 2016, paper 107. – URL: https://cs229.stanford.edu/proj2015/054_report.pdf.

9. Hagiwara T. Macroscopic Anisotropy at Multiple Scales. *SPWLA 54th Annual Logging Symposium, New Orleans, USA, June 22–26, 2013. Transactions*. New Orleans, 2013, paper SPWLA-2013-CCCC. – 15 p.

10. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *32nd International Conference on International Conference on Machine Learning. Lille, France, 7–9 July, 2015. Proceedings. Vol. 37*. Lille, 2015, pp. 448–456.

11. Kingma D.P., Ba J. Adam: A method for stochastic optimization. *3rd International Conference for Learning Representations. San Diego, CA, USA, May 7–9, 2015. Proceedings*. San Diego, 2015, paper arXiv-1412.6980. – URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>.

12. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Boston, MA, USA, June 7–12, 2015. Proceedings*. Boston, 2015, pp. 3431–3440.

13. Zeiler M.D., Fergus R. Visualizing and Understanding Convolutional Networks. *13th European Conference on Computer Vision. Zürich, Switzerland, September 6–12, 2014. Proceedings*. Zürich, 2014, pp. 818–833.

© А. М. Петров, К. Н. Даниловский, К. В. Сухорукова, А. Р. Леоненко, А. А. Лапковская, 2021

РУДНАЯ МАГМА». ЧТО ЭТО С ПОЗИЦИИ ГРАНИТНОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ?

В. Л. Хомичев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Понятие «рудная магма» остается темной гипотезой в рудообразовании. Рассмотрен процесс естественного перерастания тривиальной первичной базальтовой магмы в рудоносный гранитный расплав и далее в рудообразующую «рудную магму» по мере концентрирования летучих и рудных компонентов. «Темная сторона» проблемы заключается в том, что так называемая рудная магма в период рудообразования ликвирует на контрастные фазы и практически не оставляет (за редким исключением) следов о себе. С позиции рудно-магматических систем указанное понятие получило логичное научное обоснование.

Ключевые слова: эволюция базальтовой магмы к гранитному расплаву, концентрирование летучих и рудных элементов, «рудная магма» в составе рудно-магматической системы.

“ORE MAGMA”. WHAT IS IT FROM THE STANDPOINT OF THE GRANITE ORE-MAGMATIC SYSTEM?

V. L. Khomichev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The concept of “ore magma” remains an obscure hypothesis in ore formation. The article considers the process of natural overgrowth of trivial primary basaltic magma into an ore-bearing granite melting and further into the ore-forming “ore magma” as the concentration of volatile and ore components. The dark side of the problem lies in the fact that during the ore formation the “ore magma” liquates into contrasting phases and leaves practically no traces of itself (with rare exceptions). But the concept of the ore magma has received a logical scientific justification from the standpoint of ore-magmatic systems.

Keywords: evolution of basaltic magma to granite melting, concentration of volatile and ore elements, “ore magma” in the composition of ore-magmatic system.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-79-85

Вглядитесь глубоко¹ в природу,
и тогда вы лучше поймете всё.

А. Эйнштейн

Понятие «рудная магма» до настоящего времени остается самой темной и потому не воспринимаемой гипотезой в рудообразовании. Отдельно магма и руда – понятия очевидные, а в совокупности их сочетание в сознании не укладывается и вызывает или скептическое недоверие, или безразличное отношение. Тем не менее накопилось немало публикаций, в которых утверждается, что рудообразование происходило не по классической общепринятой схеме гидротермального процесса, а непосредственно из магматического расплава, т. е. из «рудной магмы». На заре геологической науки, почти 200 лет назад, предполагалось, что рудообразующий флюид представляет собой магматический расплав, обогащенный в результате дифференциации рудными элементами (рудная магма) [4, 10, 11]. Ч. Ф. Парк и Л. В. Мак-Дормид выразились буквально: «Магмы или магматические фракции, которые после затвердевания оказываются рудами, называются рудными магмами» [4, с. 31].

Основоположником представлений о формировании месторождений из расплава следует считать Д. Хиттона (1800). Его последователями были Д. Плейфер (1802), Ш. Фурье (1835), Т. Бельт (1861),

Дж. Сперр (1923), В. Линдгрэн (1933) и др., причем наибольший вклад внесла монография Дж. Сперра [10]. В СССР эти представления поддерживали Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Н. Заварицкий (1926), В. А. Обручев (1929), Ф. В. Чухров и др. Но это были лишь соображения по частным объектам, полно и глубоко проблему просто не рассматривали. Поэтому гипотеза рудной магмы так и осталась вне поля зрения как у нас, так и за рубежом. Напротив, всеобщее признание получила идея образования месторождений из рудного гидротермального раствора, который отделяется от глубинного гранитного очага или из уже закристаллизованного гранитного массива – его остаточного расплава или межзернового раствора. Во всех вариантах представлений основа рудообразующего субстрата (раствор, флюид, рапа) – вода. При этом не учитываются явные необъяснимые противоречия и возражения.

1. Растворимость в чистой воде рудных элементов и кремнезема (главного компонента «гидротермальных» руд) исключительно низкая (около-окларковая) и для образования месторождений

¹В моем понимании – на глубину. – В. Хомичев.

потребовался бы океан водных растворов, что допустить невозможно. К. Краускопф подсчитал, что для образования всего 1 т киновари потребуется 100 мировых океанов. Н. П. Ермаков указывал, что на шесть наиболее крупных жил в Каибском массиве Казахстана потребуется пропустить через вмещающие трещины весь объем Аральского моря. С. С. Смирнов подсчитал, что на образование одной кварцевой жилы с 5 % галенита необходим объем воды в четыре годовых стока р. Волга.

2. Если даже допустить возможность подобно-го гидротермального рудообразования, возникает вопрос, куда девается такая огромная масса воды после отложения рудного и жильного материала. На месторождениях следовало бы ожидать соизмеримые (совершенно невообразимые) объемы метасоматических изменений, а этого не наблюдается. Поперечный размер ареалов метасоматических пород на «гидротермальных» месторождениях не превышает 1–2 мощности рудных тел, а часто много меньше.

3. Многообразные флюидные включения в рудном кварце, которые представляют собой законсервированные реликты рудообразующего субстрата, при нагревании переходят в высококонцентрированный надкритический раствор (флюид), главными компонентами которого является CO_2 , CO , Cl , F и меньше H_2O [1, 3, 5–8].

4. На многих месторождениях (в особенности слабо эродированных) широко развиты колломорфные (волнисто-полосатые, слоистые, кружевные, глобулярные, обтекаемые) текстуры руд, что прямо указывает на высокоплотное гелеобразное, но отнюдь не жидкостное состояние рудообразующего субстрата [3, 7, 11, 17]. В рудных брекчиях обломки пород и руд находятся во взвешенном состоянии, не несут следов гравитационных перемещений опять-таки из-за высокой (не менее $2,52 \text{ г/см}^3$) плотности кремнистого цемента в период рудоотложения.

5. В ряде случаев, правда, очень редких, описаны постепенные переходы даек аплита в сульфидно-кварцевое жильное окончание (рис. 1), что говорит о переходе силикатного расплава непосредственно в сульфидно-кварцевый расплав, минуя стадию отщепления раствора [13]. К такому же явлению относятся и широко распространенные на золоторудных месторождениях жильные рудные тела кварц-серицит-хлоритового состава («табашки»), которые с глубиной постепенно сменяются слабо измененными и неизменными гранит-порфирами. Очевидно, «табашки», представляют собой автометасоматически измененные фронтальные части даек кислого состава. Иначе говоря, на фронте магматической колонны гранитный расплав в силу концентрации летучих и рудных компонентов превращается в «рудную магму» [16].

В Западной Туве на участках Сарык-Бель, Акчат, Шамуш-Даг некоторые (только некоторые) дайки гранит-порфира аналогично превращены в кварц-

серицитовые метасоматиты (и микрокварциты) с медно-молибденовым оруденением, а вмещающие породы практически не изменены (рис. 2). На глубине 200–300 м они переходят в безрудные порфиры, т. е. расплав дайки в связи с миграцией летучих и рудных компонентов в головную область пониженного давления постепенно переходит в рудонесущий высокофлюидизированный расплав («рудную магму»), изолированный в данном случае от боковых пород. Поскольку таких «рудных» даек среди преобладающих нормальных гранит-порфиров единицы, то они, очевидно, имеют особую природу, тесно связаны с рудообразующим процессом и входят в состав рудно-магматической системы. Забегая вперед, можно предположить, что дайки с рудным концом – это апофизы из остаточного рудоносного лейкогранитного очага в отличие от тривиальных даек, которые в большом количестве отщепляются от нормального, стандартного гранита вне рудно-магматических систем.

Несмотря на приведенные объективные свидетельства несостоятельности гипотезы гидротермального рудообразования, она все еще господствует, иногда с какими-то оговорками, а чаще даже без них. Таким образом, проблема рудной магмы в принципе не рассматривается. А между тем она непротиворечиво и логично решается с позиции петрологии рудно-магматических систем [13].

Проведенные в недавнее время исследования по геолого-геофизическому моделированию глубинного строения гранитоидных плутонов позволяют сформулировать принципиально отличные выводы и следствия в отношении генезиса рудообразования и «рудной магмы».

1. Все гранитные плутоны устроены одинаково, поскольку образуются по одним природным термодинамическим и физико-химическим законам. Это относительно маломощные (15–20 км) больших горизонтальных размеров межформационные лополиты вдоль границы консолидированного основания и неметаморфизованной кровли. Большую нижнюю их часть слагают габброиды и ультрабазиты, а верхние 4–5 км образуют гранитоиды, которые не имеют подводящих корней и, следовательно, не внедрялись из глубокого корового очага, как принято считать. Напротив, гранитоиды имеют с габброидами конформные отношения и устойчивую гомодромную последовательность пород (ультрабазиты – габбро – диориты – гранитоиды – лейкограниты), что свидетельствует об их образовании в результате внутрикамерного фракционирования исходной базитовой магмы. На рис. 3 приведены три плутона из 43 исследованных на территории страны [14]. Это первый планетарный этап подготовительного концентрирования SiO_2 , Al , щелочей, летучих и рудных компонентов на длинном пути эволюции первичной магмы к рудообразованию в связи с предпочтительным вхождением металлов в кислый расплав. Исходя из кларков Mo в базальтах

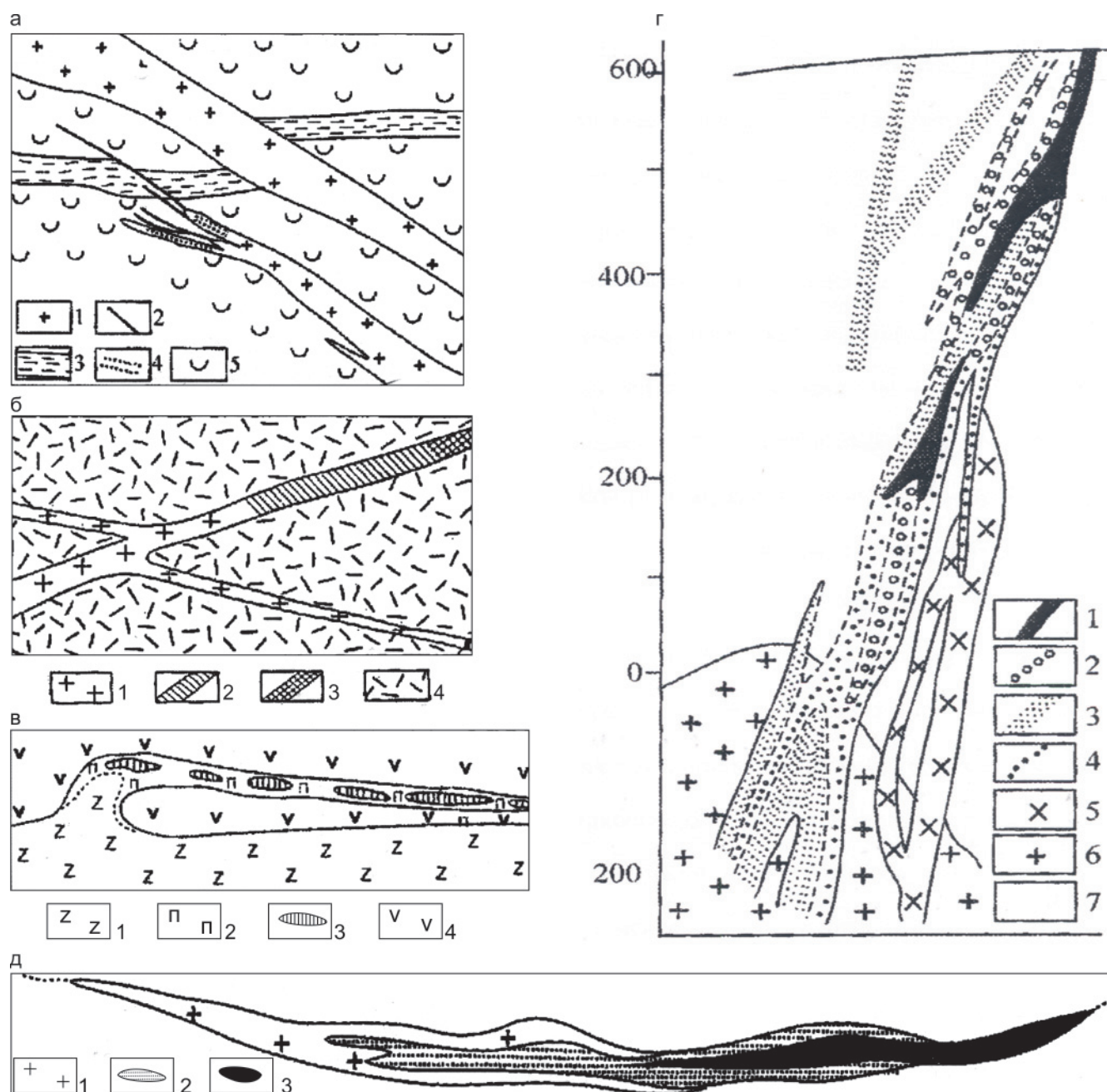


Рис. 1. Прямой переход от даек аплита к рудным жилам и гнездам

а – кварц-молибденовые жилы в окончании даек гранит-порфира на месторождении Кара-Оба (Центральный Казахстан): 1 – гранит-порфиры, 2 – крутопадающие кварц-молибденитовые жилы, 3 – пологопадающая жила, 4 – вкрапленные молибдениты в гранит-порфиры; 5 – вмещающие кварцевые жилы; **б** – переход гранита в пегматит и далее в кварцевую жилу с сульфидами на Колыванском месторождении (Рудный Алтай): 1 – гранит, 2 – пегматит, 3 – кварцевая жила, 4 – вмещающий флюорит; **в** – переход дайки сиенита в кварц-сиенитовое окончание на Джидинском месторождении (Забайкалье): 1 – дайка сиенита, 2 – кварц-сиенитовое окончание, 3 – гнезда флюорита и кварца, 4 – вмещающий порфирит; **г** – совмещение кварц-турмалиновых жил метасоматитов и жильных гранитов в главной зоне Солнечного месторождения (Сихотэ-Алинь): 1 – участки, насыщенные жильным кварцем с касситеритом, 2 – кварциты, 3 – метасоматиты кварц-турмалиновые, 4 – метасоматиты кварц-хлорит-мусковитовые, 5 – диорит-порфиры, 6 – граниты, 7 – ороговикованные терригенные отложения; **д** – зональное строение дайки лейкогранита, Ванильский массив, Западный Памир: 1 – лейкогранит, 2 – аплитовидная порода, 3 – мелкозернистый жильный кварц

($1 \cdot 10^{-6} \%$) и гранитах ($1-2 \cdot 10^{-4} \%$), накопление его достигает порядка 100 крат.

2. Неизбежно неоднородное распределение давления и температуры в огромном по площади гранитоидном теле обуславливает появление локальных участков пониженных их значений, куда мигрируют наиболее кислые флюидизированные

расплавы. Так возникают очаги лейкократовых гранитов с повышенным содержанием летучих и рудных элементов (рис. 4). Подобные очаги фиксируются моделированием на глубине 2–4 км под каждым месторождением. На более чем 50 изученных нами медно-молибденовых, золоторудных и полиметаллических месторождений не выявлено ни одного

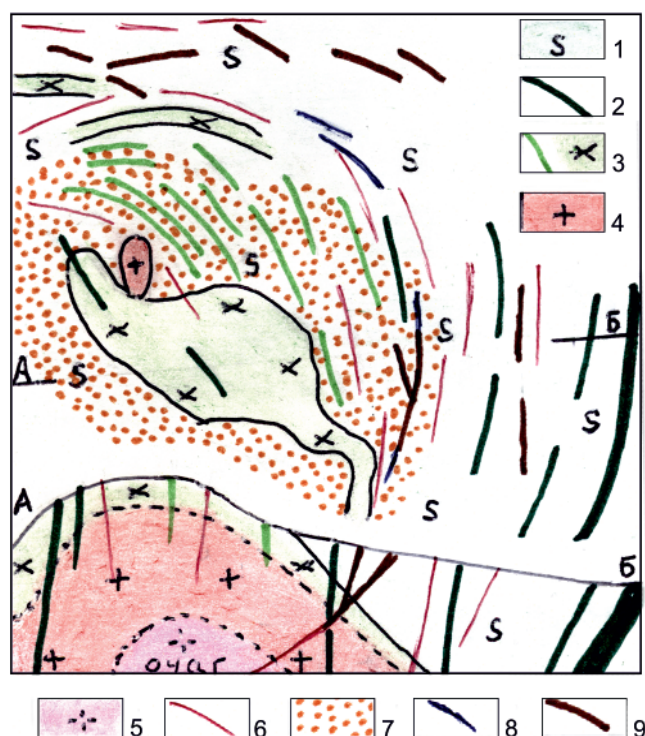


Рис. 2. Участок медно-порфирового оруденения Сарыг-Бель (Зап. Тува), по [13]

1 – песчано-сланцевые отложения S; 2 – габбро-порфиры; 3 – монцодиориты; 4 – граниты; 5 – лейкограниты; 6 – дайки гранит-порфира; 7 – ороговикование; 8 – кварцевые жилы; 9 – оруденелые гранит-порфиры

исключения. Остаточные очаги возникают далеко не повсюду, а главным образом в эндоконтактовом ореоле плутонов, поскольку отсюда начинается кристаллизация массивов и рано возникают участки пониженных температур и давления. Примеров периферического размещения месторождений и очагов под ними можно привести немало. Ограничимся одним показательным – массивом Седбери (рис. 5).

Это второй региональный этап концентрирования летучих и рудных компонентов в остаточном очаге. Однако уровень концентрирования еще не достигает предела насыщения (до 10 %) в гранитном расплаве, поэтому отделения рудоносных флюидов непосредственно от очага не происходит (вопреки общему мнению).

3. Следующий наиболее значимый этап – переращение магматической системы в рудно-магматическую – начинается после затвердевания главной массы гранитного тела, в котором «живым» остается только остаточный очаг. Кристаллизация его идет от кровли и краев, где появляются ранние контракционные трещины, наследующие те зоны, по которым мигрировал в очаг флюидизированный лейкогранитовый расплав. По этим зонам в надочаговую область внедряются штоко-гребневидные апофизы (малые интрузии, с которыми издавна традиционно генетически связывают оруднение). Высокая продуктивность апофиз обусловлена тем, что они, подобно опрокинутой воронке, втягивают в себя

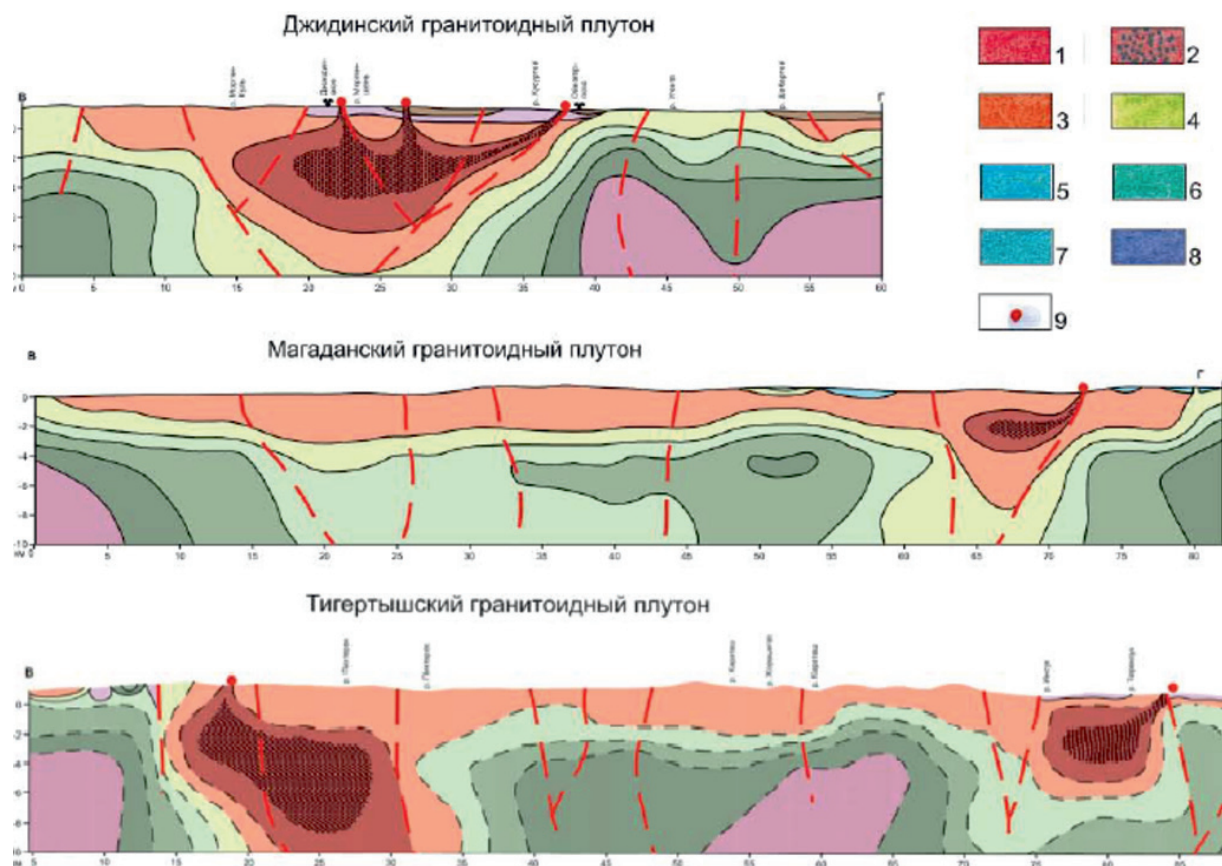


Рис. 3. Строение габбро-гранитоидных плутонов

1 – лейкограниты; 2 – аномально низкоплотные лейкограниты; 3 – биотитовые граниты; 4 – гранодиориты; 5 – диориты; 6 – габбро; 7 – пикрогаббро; 8 – ультрабазиты; 9 – выходы апофиз лейкогранита из очага

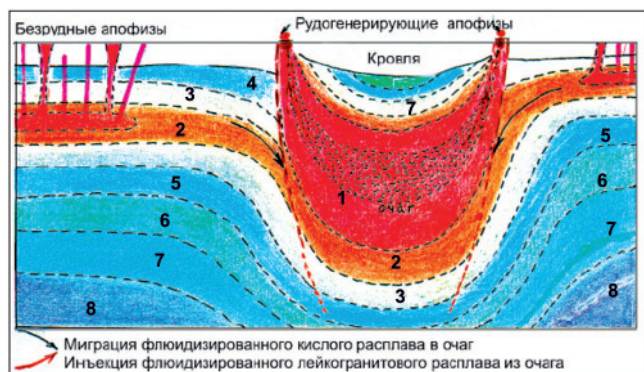


Рис. 4. Схема образования лейкогранитового очага в горизонтально расслоенном габбро-гранитном плутоне
1 – лейкогранит; 2 – гранит; 3 – гранодиорит; 4 – монцодиорит; 5 – диорит; 6 – габбро; 7 – меланогаббро; 8 – ультрабазит

наиболее флюидизированный расплав из всего прилегающего объема очага. В вершине апофизы концентрация летучих и рудных элементов достигает предела насыщения, возникают реальные возможности флюидоотделения и рудообразования (рис. 6). Это последняя главная локальная стадия концентрирования рудного вещества.

В количественной форме этапы концентрирования летучих и рудных элементов удалось проследить по медно-молибденовой формации Кузнецкого Алатау [12]. В схеме ее вертикальной зональности Сорское месторождение занимает центральную срединную позицию, Агаскырское – высокую фронтальную, а Бейское рудопроявление отвечает очаговому уровню или основанию рудогенерирующей апофизы. Если принять за среднее содержание молибдена в исходном гранитном расплаве на уровне кларка ($1-2 \cdot 10^{-4} \%$), то, исходя из средних содержаний на Бейском рудопроявлении (0,005–0,01 %), Сорском (0,05–0,06 %) и Агаскырском (0,08–0,09 %) месторождениях, его концентрация в очаге увеличивается в 50–100 раз, в средней части апофизы – в 500–600 раз, а во фронтальной – в 800–900 раз.

Если нарастить рудно-магматическую систему богатыми месторождениями США (Клаймакс, Юред, Гендерсон и др.), то максимальное концентрирование Мо на фронте апофиз увеличится в 1000–2000 раз и более. Вот так первичная ординарная мантийная базальтовая магма в результате многоэтапного процесса дифференциации порождает рудоносный флюидизированный лейкогранитовый расплав, в ограниченных объемах которого на фронте апофиз из остаточных очагов создается предельная концентрация летучих и рудных компонентов, т. е. рудная магма как источник промышленного рудообразования.

Таким образом, гранитная рудно-магматическая система вырастает из магматической габбро-гранитной с появлением очага остаточного рудоносного расплава, но рудообразование генетически связано с отходящими от очага апофизами, точнее с их максимально флюидизированным расплавом

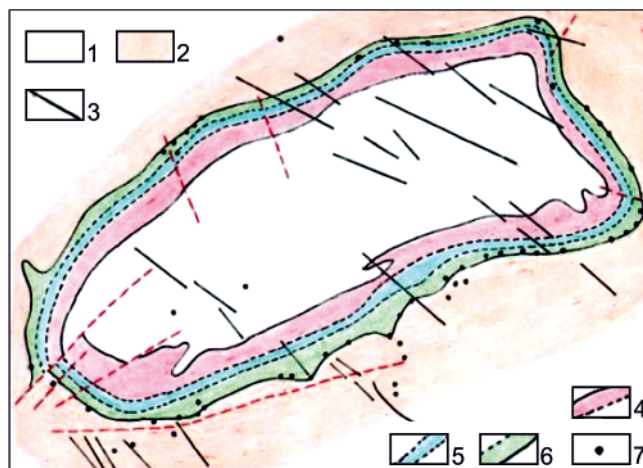


Рис. 5. Периферийное размещение Cu-Ni месторождений в габбро-гранитном массиве Седбери (Канада)

1 – туфогенно-терригенные отложения кровли; 2 – подстилающие архейские гранитоиды; 3–6 – породы массива: 3 – диабазовые дайки, 4 – гранофилы, граниты, 5 – кварцевые габбро, 6 – нориты; 7 – главные месторождения

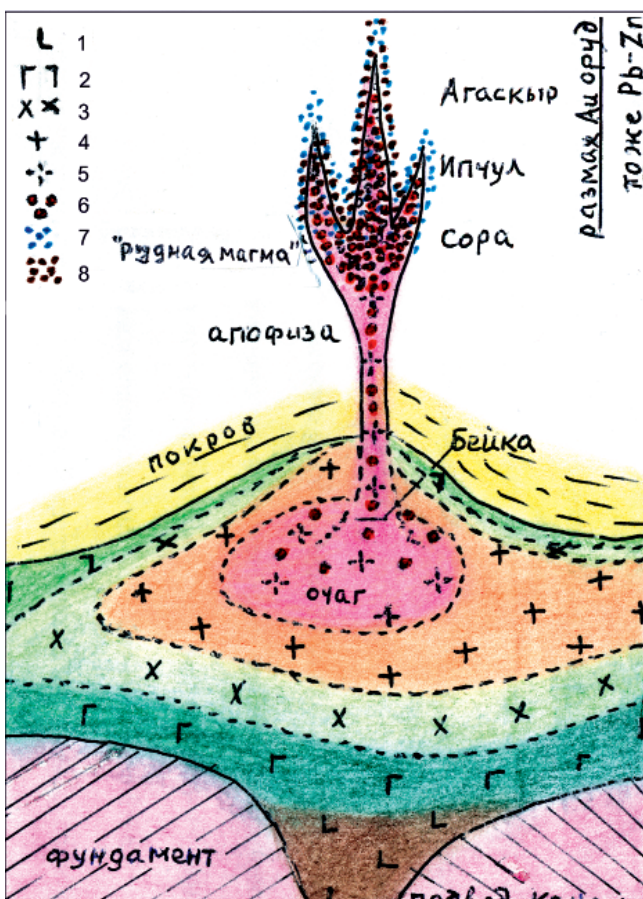


Рис. 6. Гранитоидная рудно-магматическая система (по [13–15])

1 – базальт (исходная магма); 2 – габбро (нижнее и верхнее); 3 – диориты и монцониты; 4 – граниты; 5 – лейкограниты; 6 – флюидизация; 7 – метасоматиты; 8 – оруднение

во фронтальной области, который и представляет собой не что иное, как «рудную магму» или, лучше сказать, рудообразующий расплав.

А. А. Маракушев на основании собственных и опубликованных экспериментальных данных пришел к выводу, что в критический момент высокофлюидизированный гранитный расплав распадается (ликвидирует) на три фазы: относительно «сухую» силикатную жидкость, концентрированный рудно-солевой флюид и гидротермальный раствор. Силикатная фаза формирует сорудные дайки, гидротермальный раствор производит метасматическое изменение материнских и боковых пород, а за рудообразование ответственен рудно-солевой флюид [1, 7, 8, 13 и др.].

Ликвация «рудной магмы» неизбежна по двум причинам. Во-первых, гранитный расплав представляет собой гетерогенную ионную жидкость, основу которой образуют крупные кремнекислородные и алюмокремнекислородные группировки разной степени полимеризации и мелкие катионно-анионные ассоциации MeX , где Me – Mg , Fe , Cu , Pb , Zn и др., а X – O , OH , F , Cl , B , S . Структурная и химическая несовместимость этих группировок обуславливает микро- и макрогетерогенность расплава с неизбежным обособлением несмешивающихся фаз контрастного состава. Во-вторых, с термодинамической и физико-химической стороны, «рудная магма» крайне неустойчива и достаточно небольшого падения температуры и давления, чтобы потенциальная склонность к ликвации стала реальной массовой. Поэтому «рудная магма» не имеет шансов где-то сохраниться, и только в редких случаях наблюдается тесное совмещение в одной структуре (и даже в одном теле) всех 3–4 продуктов ее распада, как показано на рис. 1, а чаще они пространственно разобщаются.

В качестве очевидного доказательства существования рудной магмы обычно ссылаются на магнетитовые лавы вулкана Лако (Чили). Но так ли это? Скорее, магнетитовая лава представляет собой рудный ликват высокожелезистого базальта, а предликвидная рудная магма и здесь остается недоступной

Изложенные данные убеждают, что гидротермальная гипотеза рудообразования совершенно неприемлема. Природа рудообразования – магматогенно-флюидная, источник – «рудная магма». И месторождения следует именовать не гидротермальными, а магматогенно-флюидными.

С практической стороны понятие гидротермального оруденения не несет каких-либо критериев прогноза, поскольку не содержит вещественных свидетельств рудообразующего потенциала. Даже простая задача диагностики рудоносных и безрудных гранитов разнообразными способами не получила решения. А с позиции магматогенно-флюидного рудообразования прогнозно-поисковые вопросы решаются уже при региональном (м-б 1:200 000) геолого-геофизическом моделировании рудно-магматических систем, как показано в [13, 15, 16]. Рудогенерирующие высокофлюидизированные апофизы

лейкогранита надежно фиксируются аномалиями низкой плотности и намагниченности над очагом, а по размерам очага и апофизы можно судить о масштабе оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маракушев А. А., Граменицкий Е. Н., Коротаев М. Ю. Петрологическая модель эндогенного рудообразования // Геология рудных месторождений. – 1983. – № 1. – С. 3–20.
2. Маракушев А. А., Панях Н. В., Зотов Н. А. Новые представления о происхождении месторождений благородных металлов кварцево-рудных формаций // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии и геохимии. – М.: ИГЕМ, 2008. – С. 136–139.
3. Париллов Ю. С. Роль сульфидных растворов – расплавов в формировании руд месторождений цветных металлов. – М.: ВИНТИ, 2012. – С. 134–165.
4. Парк Ч. Ф., Мак-Дормид Р. А. Рудные месторождения. – М.: Мир, 1966. – 548 с.
5. Рейф Ф. Г. Условия и механизм формирования гранитных рудно-магматических систем (по термо-барогеохимическим данным). – М.: ИМГРЭ, 2009. – 498 с.
6. Рейф Ф. Г., Ишков Ю. М. Первые результаты прямого определения концентрации рудообразующих элементов в магматическом дистилляте вольфрамоносных интрузий // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 269, № 3. – С. 725–728.
7. Румянцев В. Н. К теории кварцево-жильного минералообразования, генетически связанного с гранитоидами // Минералогия рудных месторождений. – М.: Изд-во АН СССР, 1983. – С. 60–70.
8. Рябчиков И. Д., Хамилтон Д. Л. О возможности отделения концентрированных хлоридных растворов в ходе кристаллизации кислых магм // Докл. АН СССР. – 1971. – Т. 197, № 4. – С. 933–935.
9. Смирнов В. И. Плутонизм и непутизм в развитии познания о рудных месторождениях. – М.: Наука, 1987. – С. 38–91.
10. Сперр Дж. Е. О рудных магмах. – М.: Мир, 1923. – 915 с.
11. Сперр Дж. Е., Линдгрэн В., Фогт И. О рудной магме: для науч.-исслед. кадров и практ. работников в области геол.-развед. дела, студентов-разведчиков / пер. под ред. И. Ф. Григорьева. – М.; Л.; Новосибирск: Госгеонефтиздат, 1933. – 148 с. – (Новые идеи в учении о рудных месторождениях; сер. 3, вып. 5).
12. Хомичев В. Л. Вертикальная зональность медно-молибденовой формации Кузнецкого Алатау (Хакасия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2021. – № 3. – С. 3–11.
13. Хомичев В. Л. Петрологическая основа гранитоидных рудно-магматических систем. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2016. – 286 с.

14. Хомичев В. Л. Плутоны – дайки – оруденение. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – 243 с.

15. Хомичев В. Л. Рудно-магматическая система медно-молибденовых месторождений. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. – 297 с.

16. Хомичев В. Л. Рудно-магматическая система месторождений золота. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2019. – 340 с.

17. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 672 с.

REFERENCES

1. Marakushev A.A., Gramenitsky E.N., Korotayev M.Yu. [Petrological model of endogenous ore formation]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1983, no. 1, pp. 3–20. (In Russ.).

2. Marakushev, A.A., Paneyakh, N.V., Zotov, N.A. [New concepts on the origin of noble metal deposits of quartz-ore formation]. *Problemy geologii rudnykh mestorozhdeniy, mineralogii, petrologii i geokhimii. Materialy nauchoy konferentsii, posvyaschennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika F.V.Chukhrova* [Problems of Geology of Ore Deposits, Mineralogy, Petrography, and Geochemistry. Proceedings of Conference on the 100th Anniversary of Academician F.V.Chukhrov]. Moscow, IGEM Publ., 2008, pp. 136–139. (In Russ.).

3. Parilov Yu.S. *Rol sulfidnykh rastvorov-rasplavov v formirovanii rud mestorozhdeniy tsvetnykh metallov* [Role of sulfide solutions-meltings in the formation of ore deposits of nonferrous metals]. Moscow, VINITI Publ., 2012, pp. 134–165. (In Russ.).

4. Park Ch. F., MacDiarmid R.A. Ore deposits. San Francisco, 1964. 475 p.

5. Reif F.G. *Usloviya i mekhanizm formirovaniya granitnykh rudno-magmaticheskikh sistem (po termobarogeokhimicheskim dannym)* [Conditions and formation mechanisms of granite ore-magmatic systems (according to thermobaric geochemical data)]. Moscow, IMGRE Publ., 2009. 498 p. (In Russ.).

6. Reif F.G., Ishkov Yu.M. [First results of direct determination of the ore forming elements concentration in magmatic distillate of tungsten-bearing intrusions]. *Doklady AN SSSR – Doklady of the AS USSR, Earth Science Sections*, 1983, vol. 269, no. 3, pp. 725–728. (In Russ.).

7. Rumyantsev V.N. [To the theory of quartz-veined mineral formation, genetically connected with granitoids]. *Mineralogiya rudnykh mestorozhdeniy* [Mineralogy of ore deposits]. Moscow, AS USSR Publ., 1983, pp. 60–70. (In Russ.).

8. Ryabchikov I.D., Hamilton D.L. [On the possibility of separation of concentrated chloride solutions during the crystallization of acid magmas]. *Doklady AN SSSR – Doklady of the AS USSR. Earth Science Sections*, 1971, vol. 197, no. 4, pp. 933–935. (In Russ.).

9. Smirnov V.I. *Plutonizm i neptunizm. Razvitiye poznaniya o rudnykh mestorozhdeniyakh* [Plutonism and Neptunism. Development of knowledge about ore deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1987, pp. 38–91. (In Russ.).

10. Spurr J.E. [Ore magmas]. Moscow, Mir Publ., 1923. 915 p. (In Russ.).

11. Spurr J.E., Lindgren V., Fogt I. [About ore magma: for scientific-research staff and practitioners in the field of geological prospecting, students-explorers]. *Novyye idei v uchenii o rudnykh mestorozhdeniyakh*. Moscow, Leningrad, Novosibirsk, Gosgeoneftizdat Publ., 1933, series 3, issue 5, pp. 3–5. (In Russ.).

12. Khomichev V.L. [Vertical zoning of copper-molybdenum formation of the Kuznetsk Alatau (Khakassia)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2021, no. 3, pp. 3–11. (In Russ.).

13. Khomichev V.L. *Petrولوجическая основа гранитоидных рудно-магматических систем* [Petrological foundation for granitoid ore-magmatic systems]. Novosibirsk: SNIIGGiMS Publ., 2016. 286 p. (In Russ.).

14. Khomichev V.L. *Plutony – dayki – orudneniye* [Plutons – dikes – mineralization]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010. 243 p. (In Russ.).

15. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema medno-molibdenovykh mestorozhdeniy* [Ore-magmatic system of copper-molybdenum deposits]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2018. 297 p. (In Russ.).

16. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema mestorozhdeniy zolota* [Ore-magmatic system of gold deposits]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2019. 340 p. (In Russ.).

17. Chukhrov F.V. *Kolloidy v zemnoy kore*. [Colloids in the Earth's crust]. Moscow, AS USSR Publ., 1955. 672 p. (In Russ.).

© В. Л. Хомичев, 2021



CAPITALIZATION OF MINERAL RESOURCES AS AN INNOVATION ECOLOGICAL STRATEGY

T. A. Tarabarinova, E. I. Golovina

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russia

The paper presents issues of evaluation objects of subsoil usage and reflecting information of mineral assets for oil and gas companies. Estimation of the objects in the mineral resources sector is regulated by IFRS 6 «Exploration for and Evaluation of Mineral Resources», Russian Financial Standard, US GAAP and other normative documents. The authors' idea is to capitalize costs connected with the stages of geological exploration process, what is considered as an innovative component. Concepts of natural and environmental capital are overviewed. Different classifications of reserves and mineral resources of various categories of oil and gas are analyzed. The results of the study show that capitalizing reserves as mineral assets in oil and gas companies is possible and economically profitable.

Keywords: innovations, capitalization, mineral assets, mineral reserves, oil and gas companies, nature capital, ecological capital.

КАПИТАЛИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

Т. А. Тарабарина, Е. И. Головина

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Представлены вопросы оценки объектов недропользования, а также отражения информации о минерально-сырьевых активах для нефтегазовых компаний. Оценка объектов в сырьевом секторе регулируется МСФО (IFRS) 6 «Подготовка и оценка запасов полезных ископаемых», российскими стандартами бухгалтерского учета, часть которых станет с 2022 г. федеральными, US GAAP и другими нормативными документами. Замысел авторов заключается в идее капитализации затрат, связанных с этапами процесса геологоразведки, что рассматривается как инновационная составляющая. Представлены концепции природного и экологического капитала. Проанализированы различные классификации запасов и минеральных ресурсов различных категорий нефти и газа. Результаты исследования показывают, что капитализация запасов в виде минерально-сырьевых активов в нефтегазовых компаниях возможна и экономически выгодна.

Ключевые слова: инновации, капитализация, минерально-сырьевые активы, запасы полезных ископаемых, нефтегазовые компании, природный капитал, экологический капитал.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-86-96

Currently, mineral resource complex (MRC) continues to play the key role in the country's economy. Prospects for the development of the mineral resource complex in Russia are of priority importance for the country, both in relation to its socio-economic development and in ensuring its national security [32]. As the current situation in the world economy as a whole and in the natural resources sector in particular is unstable, fostering international economic collaboration is of particular importance [17, 20, 28].

The concept of sustainable development is based on the fact that increasing volume of extracted mineral resources significantly decreases opportunities for future generations. Due to the limited nature of natural resources, their preservation for the future is of particular importance. This problem requires a solution in the form of rationalization of use and mandatory determination of the level of natural resources depletion. Thus, the study of the role of natural capital in order to achieve sustainable development of ecological and economic system occupies a special place in a number of modern problems.

By the end of the XX century, an integrated approach to the system of interaction between ecology and economics began to emerge; a new interdisciplinary field of knowledge «ecological economics» appeared.

Natural capital is one of the basic concepts in ecological economics. The concept of "natural capital" by G. Daley and R. Costanza gained wide popularity, and is still used in many Western ecological and economic studies [34]. G. Daley and R. Costanza understand "natural capital" as "a stock that is the source of the flow of natural services and real natural resources" [26]. The ecosystem level, which copes with all the interrelationships of natural environment elements, became the basis for a new understanding of natural capital. Thus, the safety, stability and diversity of ecosystems have become the most important characteristics of natural capital.

Being a part of natural capital, ecological (environmental) capital, is defined, as "a stock of material and intangible resources of ecosystems". Environmental capital in the concept of sustainable development is an important factor in the functioning of society and natural en-

vironment. Such a capital is a special economic category that characterizes the value of renewable resources, i.e., ecosystem resources that are able to maintain and reproduce ecological balance and related benefits necessary to meet the ecological needs of society [27].

Innovative activity manifests itself in the process of solving problems that ensure sustainable development of the company, the main goal of which is to increase its capitalization [12, 13, 21, 22]. Now in accordance with renewed scientific discussion on the reflection of mineral reserves in financial statements, it is proposed to capitalize costs connected with the stages of geological exploration process.

The aspects and problems of estimation and reflecting information on mineral resources in financial reporting are actual and vital for different enterprises and MRC companies all over the world [30, 31]. However, the main aspects of reflecting information in annual reports should be analyzed in more detail.

At present, companies that work in the MRC don't in fact show the real data on evaluation of mineral resources in their financial reports and statements. Due to this peculiarity such things as miscommunication of information about the resource potential of the company, lack of information base for defining company's investment prospects can happen. And then it's impossible to estimate the real capitalization of the company.

Currently, within the framework of a renewed scientific discussion on methods of capitalizing promising deposits, it is indicated that there are a large number of undeveloped problems in the theory and methodology for assessing the prospects of minerals [10, 33, 36].

Building an appropriate conceptual framework connected with the professional experience of asset theories, justifying feasibility of reflecting information in financial statements on changes in the cost of exploration work and evaluating mineral assets are an urgent topic, as evidenced by the articles of these authors [5, 24].

Materials and methods

Capitalization of assets connected with subsoil regulation and administration will let MRC enhance their real capitalization, which will lead to the growth of resource potential and real investment attractiveness of the enterprise [14, 31].

It is proposed to analyze substantiation of the use of mineral resources as a source of real capitalization, which can be considered as increase in the innovative activity of oil and gas enterprises.

The methodological basis of the research was articles on the topic under study, statistical data from various domestic and international organizations, as well as methods of system and logical analysis.

The best way to learn details of mineral reserves classification systems is to analyze the main Subsoil Law of the Russian Federation 1992 (hereinafter - the Law on Subsoil).

Currently, a significant number of classifications of reserves and mineral resources of various categories

of oil and gas have been developed [9, 15, 16, 33, 34]. However, there are generally accepted world classifications that are used in most countries conducting prospecting, exploration, appraisal and production of minerals. Some of them are presented in the table 1.

In 2016 the Russian "Classification of reserves and resources of oil and combustible gases" [19] came into effect to replace the "Temporary classification of reserves" that was in force until 2016. More detailed information on the development of domestic classification of reserves and minerals is presented in Table 2.

All mineral reserves are divided into balance and off-balance (outbalance) reserves. Balance reserves include reserves of categories A, B and C₁, and they can be qualified as confirmed reserves. The remaining categories are included in off-balance reserves. The ratio of balance and off-balance reserves is a criterion of the deposit's readiness for industrial operation. For example, for oil and gas deposits, the balance and off-balance reserves ratio should be 80% and 20%.

The main types of subsoil usage, regulated by Subsoil Law of the Russian Federation, are:

1. Geological exploration aimed at general geological study of subsoil, conducted without significant violation of the subsoil integrity;
2. Exploration work on the search and evaluation of mineral deposits;
3. Exploration and extraction of minerals, including the use of waste from mining and associated processing industries [35].

The main types of mineral products are reserves of mineral resources. Mineral reserves are concentrated in the bowels of the Earth, used for mining purposes.

US oil and gas companies often acquire exploration and production rights through leases for minerals and land. The lease stipulates that US oil and gas companies use the property, have the right to profit from mining, and the ownership remains with the lessor.

In the works of Wright and Gallun, it is noted that "US oil and gas companies often acquire exploration and production rights through leases for minerals and land. The lease stipulates that US oil and gas companies use the property, have the right to profit from mining, and the ownership remains with the lessor (usually the state) [36]".

The concept of "subsoil" is regulated by the Subsoil Law of the Russian Federation. It is defined as "part of the earth's crust below the soil level, and in its absence – below the surface of the earth and the bottom of reservoirs and streams, extending to the depths available for exploration and development [35]". Provision of subsoil for use is carried out on the basis of a special state permit in the form of a license.

There are several ways of property, which can be used for extracted minerals and other resources under the terms of the license, – federal state property, property of the constituent entities of the Russian Federation, municipal, private and other forms of ownership.

Table 1
Comparison of both domestic and foreign classifications

SPE/AAPG (2001)	USGS (1980)	New classification of reserves of the Russian Federation
Reserves		
Proved (1P)	Indicated	A+B ₁ +B ₂ +C ₁
Probable	Inferred	C
Proved + Probable (2P)		
Possible	Inferred	C ₂
Proved + Probable +Possible (3P)		
Mineral resources		
Low est.	Indicated	D ₁
Best est.	Inferred	D ₂
High est.		D ₃

Source: completed by the authors.

Russian companies of MRC cannot always control the receipt of income from the use of real estate (subsoil). Based on it, we can make a conclusion that according to the legislation of the Russian Federation, mining companies don't have the right of ownership for the reserves, but only the right to engage in certain activities.

It is necessary to take into account the postulates of the Natural Capital report that "in the 21st century, natural capital will become as important a problem for business as it should have provided sufficient financial capital in the 20th century" [26]. In the same document it is written that "reporting structure as it stands historically took shape at a time when natural abundance was assumed to last forever". More information about this will be provided below.

Different sources of literature define the term «capitalization» in diverse ways. For example, in modern economic literature, capitalization is reviewed in

three aspects (investment, marketing and financial). It can be interpreted in three main ways: market value of shares in the joint-stock company; accumulation of own capital; transformation of income into capital.

According to the author's conception, "capitalization can be defined as the result of income transformation or part of it into capital, as a result of which there is accumulation of long-term capital – growth of non-current assets through long-term sources of financing [31]".

There are different kinds of capitalization (assets, land rent, income capitalization, payments upon liquidation of a legal entity, etc.) in capitalization in economic literature [31]. The most interesting and urgent for the current economic situation is capitalization of assets, which in fact, is "capitalization of costs – the transfer of a part of current costs into capital costs" [19]. In the works of G.I.Khotinskaya it is said that "capitalization of assets or capitalization of property is manifested in the absolute and relative growth of fixed assets or long-term assets. They can be attributed to almost all components of non-current assets, representing the most attractive collateral in any financial transactions and the most significant part of the company's real property" [19].

Among the methods, increasing capitalization we can name:

- stock speculation, which is the most famous method of increasing capitalization for public companies;
- increase of equity (owners) capital as an instrument of real capitalization;
- absolute and relative increase in non-current assets. The growth of real property, primarily of fixed assets, is also a form of real capitalization [19];
- identification, valuation and accounting of know-how [14, 16, 32].

Results and discussion

According to the author's concept, mineral reserves should be defined as assets in the process of

Table 2
Development of the domestic classification (of the Russian Federation)

Category	Temporary classification of reserves		New classification of reserves	
Reserves				
Explored	A	Drilled by the production grid of wells; being developed	A	Drilled by the production grid of wells
	B	Drilled by the production grid of wells	B ₁ B ₂	Prepared - the main project producing well stock. Estimated – producing well stock
	C ₁	Exploration wells drilled	C ₁	Explored
Pre-estimated	C ₂	–	C ₂	–
Resources				
Perspective	D0(C ₃)	–	D ₀	–
Predictive localized	Dp _i	–	Dp _i	–
Predicted	D ₁	–	D ₁	–
	D ₂	–	D ₂	–

Source: completed by the authors.



evaluating the market value of specific fields. Due to the difficulty of directly relating assets in the form of construction machinery and equipment to assets in the form of mineral reserves, this term does not appear in the IFRS for the accounting and valuation of mineral resources. However, the approach of evaluation mineral resources as assets has been developed in the scientific literature by the authors [1–4, 9, 10, 11, 18, 23, 25, 36].

In the work of K.Wright and R.Gallun, authors pointed out that “the true value of an oil and gas company is the value of its reserves, which can fairly be attributed to each mining enterprise [36]”.

According to Kornilov [16], “Dynamics of the company’s value reflects totality of influence on the business of many external and internal factors: development of the industry, emergence of new technologies, change in the cost of resources, dynamics of the stock market, management efficiency, etc.”.

Usually the biggest oil and gas companies, while preparing financial statements, used two kinds of standards. The first one is Generally Accepted Accounting Principles (US GAAP), developed by the American Council accounting and supplemented by the №1 (SEC) [5, 6].

In accordance with US GAAP, some requirements of the content of additional oil and gas activity information are included in annual company statements and reports. Companies are required to provide the following information:

I. Capital expenses in the field of oil and gas production.

II. Inventory acquisition costs for reserves exploration and development

III. Oil and gas production results.

IV. Inventory value information.

V. Standardized Measurement of Discounted Net Cash Flows.

Another basic important documents are: IFRS 6 “Exploration and Evaluation of Mineral Recourses” [7, 8] and the Russian standard “Accounting for the Development of National Recourses which was developed on their bases” [24].

These documents do not apply to costs incurred prior to the exploration phase; they apply only to mineral assets that have arisen during exploration, as well as during the assessment of mineral reserves [31]. As can be seen from the above, reserves during the operation of mineral deposits are not presented in IFRS.

Until recently, US GAAP have been the main accounting standards for investors in Russia. The reason is that they regulate accounting of real situations in oil industry in detail. Table 1 shows accounting standards, which are currently used by the leading Russian gas and oil companies.

Information on the quantity and quality of subsoil resources is formed as a result of the assessment of mineral deposits. However, mineral reserves as mineral assets are not reflected in the financial report, but are

Table 3
Application of international accounting standards for Russian oil and gas companies

Companies	Mining	Accounting standards
Gas companies, billion m ³		
PJSC «Gasprom»	500,3	IAS (since 1996)
PJSC «NovaTAC»	74,7	IAS (since 2005)
Oil companies, million tons		
PJSC «Rosneft»	195, 11	GAAP US (until 2011), IAS (since 2012)
PJSC «Lookoil»	82, 12	GAAP US (since 1998)
PJSC «Surgut neftegas»	60,8	GAAP US (1999-2001)
PJSC «Gaspromneft»	39,15	GAAP US (until 2011), IAS (since 2012)
PJSC «Tatneft»	29,0	GAAP US (since 1996)

Source: completed by the authors on the basis of official financial statements of companies.

provided only as additional information in the appendix to the financial report.

Based on the above, it can be stated that the first step in reflecting mineral resources in the financial report of the mining industry is the possibility of disclosing data on the levels of hydrocarbon reserves as additional information attached to the financial report.

Nevertheless, the necessity to account mineral reserves as an asset in financial reports of MRC companies should be considered:

1. Increase the real capitalization, and that will contribute to resource potential growth and real investment attractiveness of the mining company.

2. Under IFRS, mineral reserves (including levels of hydrocarbon reserves) can be treated as an asset if it provides economic benefits [31].

3. At present, there is a real tool allowing you to estimate mineral deposits like assets – the US GAAP.

In this regard, it is possible to present the mineral deposits as a mineral asset in the financial report of oil and gas companies, as follows.

Conclusion

One of the main challenges of any reporting system is how best to implement it in the context of a particular company or industry. IFRS is a principle-based concept with no industry recommendation [6].

Mineral reserves and resources belong to the most significant source of value for mining companies. They can be called «the most important economic asset for a mining entity». That’s why they really play an important role in economy of a concrete oil and gas company in particular and in the economy of Russia as a whole [29]. Reserves and resources, as well as management’s ability to successfully convert them into cash inflows, are key cost drivers. Reserves and resources have a comprehensive impact on a mining company’s financial statements, namely:

- accrual of depreciation and amortization;
- calculation of overburden adjustments;

- determination of impairment losses;
- the expected timing of future decommissioning and retirement, termination and cash flows of retirement benefits (which affects the present value of these liabilities);
- distribution of the purchase price in a business combination;
- capitalization of exploration and appraisal costs;
- accounting for financial instruments [6].

Environmental capital plays an important role in the mineral resource complex. Due to the development of the mining industry, agricultural and forest lands are more and more affected every year. The lands are disturbed by quarries, filled up with waste rock dumps, polluted with waste from processing enterprises, and go out of use due to surface sinkholes during underground mining. The global damage to the natural landscape, agriculture and forestry caused by the activities of industrial enterprises is evidenced by the data on the size of disturbed areas that are retired from economic use. The solution to this situation should be interpreted primarily as the restoration of the ecosystem functions of the territory to maintain a stable state of the biosphere.

In conclusion several consequences can be underlined. To begin with, economic growth, capitalization, profit maximization, estimating future cash-flows require reliable information concerning company assets. Then such a special economic category of an asset as mineral reserves, the use of which changes the architecture of oil and gas companies' finance, has been investigated. This category is fully consistent with the characteristics of an asset of financial reporting under IFRS: asset provides economic benefits and it can be controlled. Nowadays companies of MRC do not reflect the data on mineral reserves evaluation in their official financial reports. Such enterprises reflect information on the cost of hydrocarbon reserves only as additional information to the financial statements [31]. Eventually, information about the most significant asset of MRC companies – mineral reserves – should be shown in their financial statements; it will raise assets capitalization, which can be considered as one of the components of innovation activities [30].

REFERENCES

1. Antipov S.K., Bocharov A.A., Kobicheva A.M., Krasnozhenova E.E. Assessment of Region Economic Development on the Basis of Neural Network Model. *IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sc.*, 2019. 302 p.
2. Baurens S. Valuation of Metals and Mining Companies. Zürich, BasInvest, 2010. 81 p.
3. Cherepovitsyn A.E., Kraslavsky A.A. Research of the innovative potential of an oil and gas company at different stages of field exploitation. *Journal of the Mining Institute* = [Череповицын А. Е., Краславски А. Исследование инновационного потенциала нефтегазовой компании на разных стадиях эксплуатации месторождений // Зап. Горн. ин-та], 2016, no. 1, vol. 222, pp. 892–902. (In Russ.).

4. Davis G.A. Economic Methods of Valuing Mineral Assets. URL: http://www.bvappraisers.org/content-docs/Conference/Graham_Davis_Economic_Method.pdf. (accessed on 29.05.2021).
5. Financial Accounting Standards Board of the Financial Accounting Foundation 401 MERRITT 7, P.O. BOX 5116, CONNECTICUT, 1976, 06856-5116. URL: <https://www.fasb.org/resources/ccurl/62/358/fas13.pdf> (accessed on 09.04.2021).
6. Financial reporting in the mining industry, International Financial Reporting Standards, PWC, 2012. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/mining/publications/assets/pwc-financial-reporting-in-the-mining-industry-2012.pdf> (accessed on 03.03.2021).
7. IFRS 3 Business Combinations. Technical Summary = [Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 3 «Объединение бизнеса»], 2014. 203 p. URL: <http://www.ifrs.org/IFRSs/Documents/Technical-summaries-2014/IFRS%203.pdf> (accessed on 28.04.2021).
8. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. 2013, November, CRIRSCO, 43 p. URL: http://www.criirco.com/templates/international_reporting_template_november_2013.pdf (accessed on 28.05.2021).
9. Ironkwe U., Promise O.A. An analysis of International Financial Reporting Standards (IFRS): issues concerning some elements of Accounting in oil and gas industries in Nigeria. *Int. J. of Man. Sc. and Bus. Admin.*, 2015, no.1 (9). pp. 14–32.
10. Johnston D. International Exploration Economics, Risk, and Contract Analysis. *PennWell Corp.*, 2003. 479 p.
11. Kaiser M.J., Yunke Yu. Oil and gas company valuation, reserves, and production. *Oil & Gas Fin. J.*, 2012, no. 9(3).
12. Katysheva E.G. The role of the state in the innovative development of the oil and gas complex (on the example of Russia and Norway). *Journal of the Mining Institute* = [Катышева Е. Г. Роль государства в инновационном развитии нефтегазового комплекса (на примере России и Норвегии) // Зап. Горн. ин-та], 2014, vol. 27, no. 208, p. 31. (In Russ.).
13. Katysheva E.G. Economic problems of oil and gas complex development in the Northern territories of Russia. *Int. J. of Adv. in Man. and Econ.*, 2016, no. 5, 6, pp. 78–83.
14. Ketova N.P., Ovchinnikov V.N. Strategy for innovative resources capitalization in peripheral regions of Russia, given its limited nature. *Terra economicus* = [Кетова Н. П., Овчинников В. Н. Стратегия капитализации инновационных ресурсов периферийных регионов России с учетом их ограниченности // Проблемы региональной экономики], 2014, no. 12, 1, pp. 92–105. (In Russ.).
15. Kirsanova N.Y., Lenkovets O.M. Potential of monocities as a basis to implement the strategy of import substitution. *3rd Int. Multidis. Sc. Conf. on Soc. Sc. and Arts SGEM*, 2016, no. 3, pp. 953–960.



16. Kornilov D.A. Dynamics of corporation value as an indicator of sustainable business development (on the example of OJSC "Gazprom"). *Econ. in Ind.* = [Корнилов Д. А. Динамика стоимости корпорации как показатель устойчивого развития бизнеса (на примере ОАО «Газпром») // Экономика в промышленности], 2014, no. 1, pp. 55–61. (In Russ.).
17. Kozakov E.M., Petrov O.V. Key provisions of an innovative strategy for the development of mineral resources. *SUSU Bulletin*, 2010, no. 20, pp. 48–53.
18. Kukharova T.V., Pershin I.M. Conditions of application of distributed systems synthesis methods to multidimensional object. *Int. Multi-Conf. on Ind. Eng. and Mod. Tech.* Vladivostok, FEPU, 2018, pp. 1–5.
19. Khotinskaya G.I. Company capitalization and its impact on economic growth. *Theory and methodology of economics* = [Хотинская Г. И. Капитализация компании и ее влияние на экономический рост // Теория и методология экономики], 2008, no. 2, pp. 12–17. (In Russ.).
20. Litvinenko V.S., Sergeev I.B. Innovations as a factor in the development of the natural resources sector. *Stud. on Rus. Econ. Dev.*, 2019, no. 6, 30, pp. 637–645.
21. Luebeck J.V. Systematization of risks of investment projects within the framework of concession agreements in the mining industry. *Journal of the Mining Institute* = [Любек Ю. В. Систематизация рисков инвестиционных проектов в рамках концессионных соглашений в горной промышленности // Зап. Горн. ин-та], 2014, no. 208, pp. 143–153. (In Russ.).
22. Luebeck J.V. Evolutionary approach to infrastructure formation in Russia's economic systems with using supply chain management strategy for the mineral raw material specialization. *International Journal of Supply Chain Management*, 2019, no. 3, 8, pp. 309–320.
23. Mazen M. Should I Invest in Production Ore Reserves? *Oil & Gas Finance Journal*, 2014, no. 11 (3).
24. Medvedev M.Yu. PBU 24/2011 "Cost Accounting for the Development of Natural Resources" = [Медведев М. Ю. ПБУ 24/2011 «Учет затрат на освоение природных ресурсов»]. Moscow, DMK Press, 2012. 48 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006762712> (accessed on 10.04.2021). (In Russ.).
25. Medvedeva O.E., Melekhin E.S. Issues of evaluating the value of mineral deposits. *Prop. Relat. in the Russian Federation* = [Медведева О. Е., Мелехин Е. С. Вопросы оценки стоимости месторождений полезных ископаемых // Имущественные отношения в РФ], 2005, no. 3(42), pp. 61–67. (In Russ.).
26. Natural capital and the accountancy profession, prepared by ACCA, Fauna & Flora International and KPMG LLP, 2015. URL: https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_Global/Technical/sus/NC_and_the_Accounting_Profession.pdf.
27. Neverov A.V., Masilevich N.A., Ravino A.V. Reproduction of ecological capital: concept and cost implementation tools. *Proceedings of BSTU* = [Неверов А. В., Масилевич Н. А., Равино А. В. Воспроизводство экологического капитала: концепция и стоимостные инструменты реализации // Тр. БГТУ], 2020, Series 5, 1, pp. 48–55. (In Russ.).
28. Nevskaya M.A., Marinina O.A. Challenges and opportunities of state regulation of the innovation process in the Russian mineral resources sector. *Academy of Strategic Management Journal*, 2017, no. 1, 16, pp. 149–159.
29. Nikulin A., Ikonnikov D., Nikulina A., Dolzhikov I. OSH challenges for oil and gas companies in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Delta Fire Prot. & Saf. Sc. J.*, 2018, no 12 (2), pp. 46–55.
30. Opportunities for capitalizing innovative developments in the modern Russian economy = [Возможности капитализации инновационных разработок в условиях современной российской экономики]. URL: <http://www.marsiada.ru/357/464/725/2191> (accessed on 25.05.2021). (In Russ.).
31. Pashkevich N.V., Tarabarina T.A. Problems of legal and evaluation of the objects of subsoil usage. *Vide. Tehnologiya. Resursy – Environment, Technology, Resources*, 2017, no. 1, pp. 216–219.
32. Peshkova M.Kh., Shulgina O.V. Modern methods for assessing the investment attractiveness of companies in the mineral resource complex. *Mining information and analytical Bulletin* = [Пешкова М. Х., Шульгина О. В. Современные методы оценки инвестиционной привлекательности компаний минерально-сырьевого комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень], 2015, no. 1, pp. 193–208. (In Russ.).
33. Ponomarenko T.V., Nevskaya M.A., Marinina O.A. Complex use of mineral resources as a factor of the competitiveness of mining companies under the conditions of the global economy. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 2018, no. 9, pp. 1215–1223.
34. Rudskaya I., Rodionov D. The concept of total management as a mechanism to enhance the competitiveness of the national innovation system. *Proc of the 2018 Int. conf. on Int and e-Bus.*, 2018, pp. 246–251.
35. Subsoil Law of the Russian Federation = [Закон РФ «О недрах»], February 21, 1992, no. 2395-1. URL: [https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=1494>About subsoil](https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=1494>About%20subsoil) (accessed on 28.01.2021). (In Russ.).
36. Wright Ch.J., Gallun R.A. International petroleum accounting. Moscow, OlimpBiznes CJSC, 2007. 688 p. URL: https://books.google.ru/books?id=93xtSaC6EGIC&redir_esc=y (accessed on 08.02.2021).

В настоящее время минерально-сырьевой комплекс (МСК) продолжает играть ключевую роль в экономике страны. Перспективы его развития имеют приоритетное значение для страны с точки зрения как социально-экономического развития, так и обеспечения национальной безопасности [32]¹. Поскольку нынешняя ситуация в мировой экономике в целом и в секторе природных ресурсов в частности нестабильна, содействие международному экономическому сотрудничеству имеет особое значение [17, 20, 28].

Концепция устойчивого развития основана на том факте, что увеличение объема добываемых минеральных ресурсов значительно уменьшает возможности для будущих поколений. В связи с ограниченностью природных ресурсов их сохранение на будущее имеет особое значение и требует решения в виде рационального использования и обязательного определения уровня истощения природных ресурсов. Таким образом, изучение роли природного капитала в достижении устойчивого развития эколого-экономической системы занимает важное место в ряде современных проблем.

К концу XX в. начал складываться комплексный подход к системе взаимодействия экологии и экономики, появилась новая междисциплинарная область знаний – экологическая экономика.

Природный капитал является одним из основных понятий в экологической экономике. Концепция «природного капитала» Г. Дейли и Р. Костанца приобрела широкую популярность и до сих пор используется во многих западных эколого-экономических исследованиях [34]. Эти авторы понимают природный капитал как «запас, который является источником потока природных услуг и реальных природных ресурсов» [26]. Экосистемный уровень, удовлетворяющий всем взаимосвязям элементов природной среды, стал основой для нового понимания природного капитала. Таким образом, безопасность, стабильность и разнообразие экосистем – важнейшие характеристики природного капитала.

Будучи частью природного, экологический капитал (относящийся к окружающей среде) определяется как «запас материальных и нематериальных ресурсов экосистем» [26]. Экологический природный капитал в концепции устойчивого развития является важным фактором функционирования общества и природной среды и представляет собой особую экономическую категорию, характеризующую ценность возобновляемых ресурсов, т. е. ресурсов экосистем, способных поддерживать и воспроизводить экологический баланс и связанные с этим выгоды, необходимые для удовлетворения экологических потребностей общества [27].

Инновационная активность проявляется в процессе решения задач, обеспечивающих устойчивое

развитие компании, основная цель которой, как правило, повышение ее капитализации [12, 13, 21, 22]. Теперь в соответствии с возобновившейся научной дискуссией об отражении запасов полезных ископаемых в финансовой отчетности предлагается капитализировать затраты, связанные с этапами процесса геологоразведки.

Проблемы оценки и отражения информации о минеральных ресурсах в финансовой отчетности актуальны и жизненно важны для различных предприятий и компаний МСК во всем мире [30, 31]. Однако следует проанализировать основные аспекты отражения информации в годовой отчетности более подробно.

В настоящее время компании, работающие в МСК, фактически не показывают реальные данные об оценке минеральных ресурсов в своих финансовых отчетах и учетной документации. Ввиду этой особенности может происходить недопонимание информации о ресурсном потенциале компании, поскольку отсутствует информационная база для определения инвестиционных перспектив компании, и тогда невозможно оценить ее реальную капитализацию.

В рамках возобновившейся научной дискуссии о методах капитализации перспективных месторождений указывается, что в теории и методологии оценки перспектив полезных ископаемых существует большое количество нерешенных проблем [10, 33, 36].

Построение соответствующей концептуальной основы, связанной с профессиональным опытом теорий активов, обоснование целесообразности отражения в финансовой отчетности информации об изменениях стоимости геолого-разведочных работ и оценке минерально-сырьевых активов – актуальная тема, о чем свидетельствуют статьи [5, 24].

Материалы и методы

Капитализация активов, связанных с регулированием и управлением недропользованием, позволит МСК повысить их реальную капитализацию, что приведет к росту ресурсного потенциала и реальной инвестиционной привлекательности предприятия [14, 31].

Далее предлагается проанализировать обоснование использования минеральных ресурсов как источника реальной капитализации, что можно рассматривать как повышение инновационной активности нефтегазовых предприятий.

Методологической основой исследования послужили статьи по исследуемой теме, статистические данные различных отечественных и международных организаций, а также методы системного и логического анализа.

Для детального изучения систем классификации запасов полезных ископаемых следует проанализировать основной Закон Российской Федерации «О недрах» 1992 г. (далее – Закон о недрах).

¹Ссылки на литературу соответствуют списку в английской части статьи.

Таблица 1

Сравнение отечественных и зарубежных классификаций

SPE/AAPG* (2001)	USGS** 1980)	Новая классификация запасов РФ
Запасы		
Доказанные (1P)	Предполагаемые	A+B ₁ +B ₂ +C ₁
Вероятные	Перспективные (предварительно оцененные)	C ₂
Доказанные + вероятные (2P)		
Возможные	Перспективные (предварительно оцененные)	C ₂
Доказанные + вероятные + возможные (3P)		
Минеральные ресурсы		
Низкая оценка	Предполагаемые	D ₁
Очень хорошая оценка	Перспективные (предварительно оцененные)	D ₂
Высшая оценка		D ₃

*Общество геологов-нефтяников – журнал AAPG; **Геологическая служба США.

В настоящее время разработано значительное количество классификаций запасов минеральных ресурсов различных категорий нефти и газа [15, 16, 33, 34]. Тем не менее существуют общепринятые мировые классификации, которые используются в большинстве стран, ведущих поиск, разведку, оценку и добычу полезных ископаемых (табл. 1).

В 2016 г. вступила в силу российская «Классификация запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов» [19], которая заменила «Временную классификацию запасов», действовавшую ранее. Более подробная информация представлена в табл. 2.

Все запасы полезных ископаемых делятся на балансовые и забалансовые (внебалансовые). Балансовые запасы включают запасы категорий А, В и C₁, могут быть квалифицированы как подтвержденные; забалансовые – все остальные категории. Соотношение балансовых и забалансовых запасов – критерий готовности месторождений к промышленной эксплуатации. Например, для месторождений нефти и газа соотношение балансовых и забалансовых запасов должно составлять 80 и 20 % соответственно.

Основными видами недропользования, регулируемые Законом о недрах [35], являются:

1. Геолого-разведочные работы, направленные на общее геологическое изучение недр, проводятся без существенного нарушения целостности недр.

2. Геолого-разведочные работы по поиску и оценке месторождений полезных ископаемых.

3. Разведка и добыча полезных ископаемых, включая использование отходов горнодобывающей и связанной с ней перерабатывающей промышленности.

Основные виды минерально-сырьевой товарной продукции – запасы полезных ископаемых, которые сосредоточены в недрах Земли и используются в горнодобывающих целях.

В работах [36 и др.] отмечается, что «американские нефтегазовые компании часто приобретают права на разведку и добычу путем аренды полезных ископаемых и земли. В договоре аренды оговаривается, что нефтегазовые компании США используют имущество, имеют право получать прибыль от добычи полезных ископаемых, а право собственности остается за арендодателем (обычно государством)».

Понятие «недра» определяется и регулируется одноименным законом РФ. Этот термин опре-

Таблица 2

Развитие отечественной классификации и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов

Категория	Временная		Новая	
Запасы				
Разведанные	A	Пробурено эксплуатационной сетью скважин; разрабатывается	A	Пробурено эксплуатационной сетью скважин
	B	Пробурено эксплуатационной сетью скважин	B ₁	Подготовлено – основной проект по фонду действующих скважин
			B ₂	Оценено – фонд действующих скважин
	C ₁	Пробуренные поисково-разведочные скважины	C ₁	Разведано
Предварительно оцененные	C ₂	–	C ₂	–
Ресурсы				
Перспективные	D ₀ (C ₃)	–	D ₀	–
Прогнозные локализованные	D _л	–	D _л	–
Прогнозные	D ₁	–	D ₁	–
	D ₂	–	D ₂	–

деляется как часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения [35]. Предоставление недр в пользование осуществляется на основании специального государственного разрешения в виде лицензии.

Существует несколько способов собственности, которые могут быть использованы при добыче полезных ископаемых и других ресурсов на условиях лицензии, – федеральная государственная, собственность субъектов Российской Федерации, муниципальная, частная и другие формы.

Российские компании МСК не всегда могут контролировать получение доходов от использования недвижимого имущества (недр). Исходя из этого можно сделать вывод о том, что в соответствии с законодательством Российской Федерации горнодобывающие компании не имеют права собственности на запасы, имеют только право заниматься определенной деятельностью.

Необходимо учитывать постулаты доклада о природном капитале, согласно которым «в XXI веке природный капитал станет такой же важной проблемой для бизнеса, поскольку он и должен был обеспечить достаточный финансовый капитал в XX веке» [26]. В том же документе указано, что «структура отчетности в ее нынешнем виде исторически сформировалась в то время, когда предполагалось, что распространенность ресурсов в природе будет длиться вечно».

В различных литературных источниках по-разному определяют термин «капитализация». Например, в современной экономической литературе капитализация рассматривается в трех аспектах (инвестиционном, маркетинговом и финансовом). Это понятие можно интерпретировать тремя основными способами: рыночная стоимость акций акционерного общества; накопление собственного капитала; преобразование дохода в капитал.

Согласно концепции авторов, «капитализацию можно определить как результат преобразования дохода или его части в капитал, в результате которого происходит накопление долгосрочного капитала – рост внеоборотных активов за счет долгосрочных источников финансирования» [31].

В экономической литературе можно узнать о различных видах капитализации (активов, земельной ренты, капитализации доходов, платежи при ликвидации юридического лица и т.д.) [31]. Наиболее интересна и актуальна для нынешней экономической ситуации капитализация активов, которая, по сути, является «капитализацией затрат – переводом части текущих затрат в капитальные затраты» [19]. В работе Г. И. Хотинской говорится, что «капитализация активов или капитализация собственности проявляется в абсолютном и относительном росте основных средств или долгосрочных активов.

Их можно отнести практически ко всем компонентам внеоборотных активов, представляющих собой наиболее привлекательное обеспечение в любых финансовых операциях и наиболее значительную часть реального имущества компании» [19].

Среди методов повышения капитализации можно назвать:

- фондовые спекуляции (наиболее известный метод повышения капитализации публичных компаний);

- увеличение основного (собственного) капитала как инструмента реальной капитализации;

- абсолютный и относительный прирост внеоборотных активов, а также рост реального имущества, в первую очередь основных фондов [19];

- идентификация, оценка и учет ноу-хау [14, 16, 32].

Результаты и обсуждение

Согласно авторской концепции, запасы полезных ископаемых должны определяться как активы в процессе оценки рыночной стоимости конкретных месторождений. Из-за сложности прямой связи активов в виде машин и оборудования с активами в виде запасов полезных ископаемых этот термин не фигурирует в международных стандартах финансовой отчетности (МСФО) для учета и оценки минеральных ресурсов. Тем не менее подход к оценке минеральных ресурсов в качестве активов был разработан в научной литературе [1–4, 9–11, 18, 23, 25, 36].

К. Райт и Р. Галлун отметили, что «истинная стоимость нефтегазовой компании – это стоимость ее запасов, которую справедливо можно отнести к каждому горнодобывающему предприятию» [36].

По словам Д. А. Корнилова [16], «динамика стоимости компании отражает совокупность влияния на бизнес многих внешних и внутренних факторов: развитие отрасли, появление новых технологий, изменение стоимости ресурсов, динамика фондового рынка, эффективность управления и т.д.».

Обычно крупнейшие нефтегазовые компании при подготовке финансовой отчетности использовали два вида стандартов.

Первый из них – Общепринятые принципы бухгалтерского учета (US GAAP), разработанные Американским советом по бухгалтерскому учету и дополненные № 1 (SEC) [5, 6].

В соответствии с US GAAP некоторые требования к содержанию дополнительной информации о нефтегазовой деятельности включены в годовую отчетность и отчеты компании. Компании обязаны предоставить следующую информацию:

1. Капитальные затраты в области добычи нефти и газа.
2. Затраты на приобретение материалов для разведки и разработки запасов
3. Результаты добычи нефти и газа.
4. Стоимость запасов.

5. Стандартизированное измерение дисконтированных чистых денежных потоков.

Вторым основным документом является МСФО (IFRS) 6 «Разведка и оценка запасов полезных ископаемых» [7, 8] и составленное на его основании положение по бухгалтерскому учету «Учет затрат на освоение природных ресурсов» (ПБУ 24/2011), разработанный на их основе [24].

Эти документы не распространяются на затраты, понесенные до разведки; они применяются только к минерально-сырьевым активам, возникшим в ее ходе, а также при оценке запасов полезных ископаемых [31]. Как видно, запасы при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в МСФО не представлены.

До недавнего времени US GAAP были основными стандартами бухгалтерского учета для инвесторов в России, так как они детально регулируют учет реальных ситуаций в нефтяной промышленности. В табл. 3 приведены стандарты бухгалтерского учета, которые в настоящее время используются ведущими российскими нефтегазовыми компаниями.

Таблица 3

Применение международных стандартов финансовой отчетности для российских нефтегазовых компаний

Компания	Горно-добычные работы	Стандарт бухгалтерского учета
Газовые, млрд м ³		
ПАО «Газпром»	500,3	МСФО (с 1996)
ПАО «НоваТЭК»	74,7	МСФО (с 2005)
Нефтяные, млн т		
ПАО «Роснефть»	195, 11	GAAP US (до 2011), МСФО (с 2012)
ПАО «Лукойл»	82, 12	GAAP US (с 1998)
ПАО «Сургутнефтегаз»	60,8	GAAP US (1999-2001)
ПАО «Газпромнефть»	39,15	GAAP US (до 2011), МСФО (с 2012)
ПАО «Татнефть»	29,0	GAAP US (с 1996)

Информация о количестве и качестве ресурсов недр формируется в результате оценки месторождений полезных ископаемых. Однако запасы полезных ископаемых (минерально-сырьевые активы) не отражаются в финансовой отчетности, а предоставляются только в качестве дополнительной информации в приложении к ней.

Исходя из сказанного, можно констатировать, что первым шагом в отражении минеральных ресурсов в финансовой отчетности горнодобывающих компаний является возможность раскрытия данных об уровне запасов углеводородов в качестве дополнительной информации, прилагаемой к финансовому отчету.

Тем не менее следует учитывать необходимость учета запасов полезных ископаемых в качестве актива в финансовых отчетах компаний МСК.

Следует увеличить реальную капитализацию, что будет способствовать росту ресурсного потенциала и реальной инвестиционной привлекательности горнодобывающей компании. В соответствии с МСФО запасы полезных ископаемых (включая запасы углеводородного сырья) могут рассматриваться как актив, если они приносят экономические выгоды [31]. В настоящее время существует реальный инструмент, позволяющий оценивать месторождения полезных ископаемых в качестве активов – US GAAP.

В связи с этим месторождения полезных ископаемых можно представить в качестве минерально-сырьевого актива в финансовой отчетности нефтегазовых компаний так, как предлагают авторы настоящей статьи.

Выводы

Одна из главных проблем любой системы отчетности заключается в том, как лучше всего реализовать ее в контексте конкретной компании или отрасли. МСФО – это принципиальная концепция, не содержащая отраслевых рекомендаций [6].

Запасы и ресурсы полезных ископаемых относятся к наиболее значимому источнику ценности для горнодобывающих компаний. Их можно назвать наиболее важным экономическим активом для горнодобывающей компании. Именно поэтому они действительно играют важную роль в экономике конкретной нефтегазовой компании в частности и в экономике России в целом [29]. Запасы и ресурсы, а также способность руководства успешно конвертировать их в денежные потоки являются ключевыми факторами затрат. Запасы и ресурсы оказывают комплексное влияние на финансовую отчетность горнодобывающей компании, а именно:

- начисление износа и амортизации;
- определение убытков от обесценения;
- ожидаемые сроки будущего списывания личного состава и выхода на пенсию, прекращения и движения денежных средств по пенсионным пособиям (что влияет на приведенную стоимость этих обязательств);
- распределение покупной цены при объединении бизнеса;
- капитализация затрат на разведку и оценку;
- учет финансовых инструментов [6].

Экологический капитал играет важную роль в минерально-сырьевом комплексе. В связи с развитием горнодобывающей промышленности с каждым годом все больше страдают сельскохозяйственные и лесные угодья. Целостность земель нарушается карьерами, часто происходят завалы отвалами пустой породы, загрязнения отходами перерабатывающих предприятий. О глобальном ущербе природному ландшафту, сельскому и лесному хозяйству, причиняемом деятельностью промышленных предприятий, свидетельствуют данные о размерах нарушенных территорий, выведенных из хозяйственного



использования. Решение этой проблемы следует трактовать в первую очередь как восстановление экосистемных функций территории для поддержания стабильного состояния биосферы.

В заключение можно выделить несколько последствий.

Прежде всего, экономический рост, капитализация, максимизация прибыли, оценка будущих денежных потоков требуют надежной информации об активах компании. Исследована такая особая экономическая категория актива, как запасы полезных ископаемых, использование которых изменяет структуру финансов нефтегазовых компаний. Эта

категория полностью соответствует характеристикам актива финансовой отчетности по МСФО: актив обеспечивает экономические выгоды, и его можно контролировать. В настоящее время компании МСК не отражают данные об оценке запасов полезных ископаемых в своих официальных финансовых отчетах, приводя ее только в качестве дополнительной информации к финансовой отчетности [31]. Но в конечном итоге эти данные следует приводить в основной финансовой отчетности. Это повысит капитализацию активов, что можно рассматривать как одну из составляющих инновационной деятельности [30].

© Т. А. Тарабарина, Е. И. Головина, 2021



ЛЕНСКИЕ ТРОВАНТЫ: ГИПОТЕЗА И МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ

Г. С. Федосеев¹, Д. Ю. Большиянов²¹Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Арктический и антарктический НИИ Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Санкт-Петербург, Россия

В обрывистых берегах р. Лена и ее притоков давно известны находки необычных конкрециевидных образований. Установлена их принадлежность к категории тровантов. Показано, что тровантообразование (тровантогенез) является процессом специфической трансформации в разной степени сцементированных песков в условиях платформенных и субплатформенных обстановок. Подтверждена высказанная румынскими геологами гипотеза о псевдоконкреционной природе тровантов. Предложена аквадиссипативная модель их генезиса. Обсуждается вариант генетической систематики малых геологических тел, в которой трованты отнесены к консистентному типу.

Ключевые слова: ленские трованты, пески, псевдоконкреции, пошаговая модель, шаровые формы, памятники природы.

TROVANTS OF THE LENA RIVER: HYPOTHESIS AND FORMATION MODEL

G.S.Fedoseev¹, D.Yu.Bolshiyarov²¹V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Arctic and Antarctic Research Institute of Russian Federal Service for Hydrometeorology and environmental monitoring, Saint Petersburg, Russia

Unusual nodule formations have long been known in the steep banks of the Lena River and its tributaries. Their belonging to the category of Trovants (trovantogenesis) has been established. It is shown that trovants formation (trovantogenesis) is a process of specific transformation of cemented sands to varying degrees in platform and sub-platform environments. The hypothesis expressed by Romanian geologists about the pseudo-concretionary nature of the trovants has been confirmed. The aqua-dissipative model of their genesis is proposed. The variant of genetic classification of small geological bodies wherein trovants are classified as a consistent type is discussed.

Keywords: trovants of the Lena River, sands, pseudoconcretions, step-by-step model, spherical forms, natural monuments.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-97-112

Конкреции и конкрециевидные образования поражают вариативностью минерального и породного состава, разнообразием форм и композиций, а также необычностью условий нахождения. Они встречаются поодиночке и группами в отдельных слоях осадочных и других горных пород. Многие из них привлекают к себе внимание совершенством форм, необычайностью внутреннего строения, а кроме того, экстравагантностью «свойств» и разнообразием генетических гипотез, что нередко служит источником бурных фантазий. Термин «конкреция» обычно применяется для стяжений в осадочных породах, однако внешне похожие на них текстуры известны и в других группах (глобули, сферолиты, минглинг, хондриты и т. п.). Это прекрасный материал для коллекционирования и музейных экспозиций. Общеизвестно также их применение для ландшафтного дизайна: природные парки, достопримечательности на оживленных трассах, облагораживание фасадов зданий, садов и усадеб. Более того, необычные по форме трованты могли служить источником вдохновения для скульпторов модернистского стиля [18]. При структурно-геологическом картировании слои с конкрециями нередко выбирают в качестве маркирующих горизонтов, а скопления отдельных их типов (фосфоритовых, железисто-марганцевых

и др.) в будущем могут стать объектами промышленной добычи. Поэтому по конкрециям уже накоплена огромная литературная база – десятки монографий, материалы тематических конференций и совещаний [1, 10 и др.]. В классических учебниках конкрециям посвящены специальные разделы. А вот по тровантам (так называемым живым камням) имеются лишь единичные научные публикации, хотя Интернет пестрит анонимными статьями о необычных свойствах представителей «неорганической формы жизни», что граничит уже с паранормальным толкованием. С научной точки зрения все гораздо прозаичнее: необходимо придумать очередную гипотезу и модель образования для специфической категории геологических тел. Термин «тровант» (trovanții) предложен Г. Мургочи более века назад, однако в его монографии, посвященной нерудным полезным ископаемым Олтении (Румыния) с большим количеством информативных иллюстраций этимология слова не раскрывается: он традиционно отнес трованты к конкрециям и без комментариев назвал немецким термином «Sandsteinkonkretionen» (песчаниковые конкреции) [24, p. 57, fig. 46].

Издавна трованты считались достопримечательностью Румынии, и поэтому создание коллекции уникальных экспонатов в музее под откры-

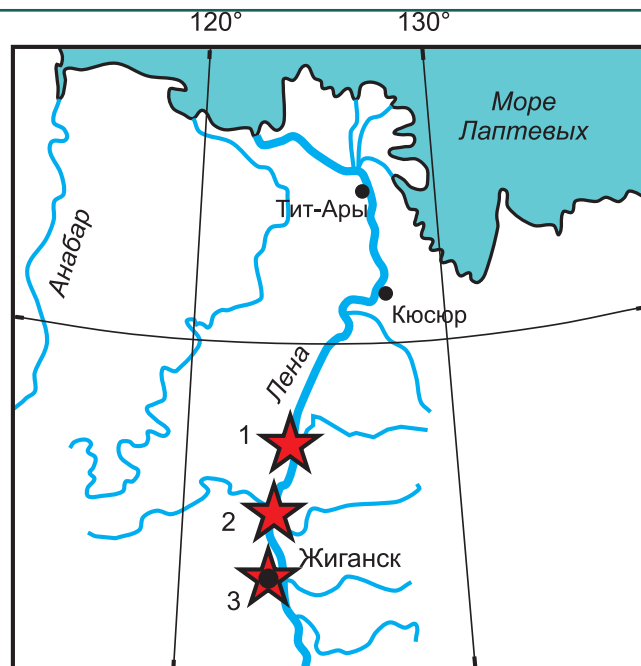
тым небом в селении Костешты (местность Вилче, близ г. Рымнеку), привлекающих внимание тысяч туристов, любителей уникальных памятников природы, вполне закономерно. Однако со временем стало понятно, что трованты распространены гораздо шире. Они были обнаружены в Аргентине, Боснии, Израиле, Испании, Казахстане, Китае, России, Франции, Чехии и других странах, но в большинстве случаев их продолжают отождествлять с конкрециями. В данном качестве они известны и в России, причем к этой же категории отнесены так называемые наплывные («фигурные») песчаники, встреченные в песчаных карьерах Рязанской (д. Малый Пролом), Кировской (р. Большой Ацвеж), Московской (с. Коломенское) и других областях [6, 8, 14, 16]. Геологический возраст вмещающих их толщ укладывается в диапазон от перми до палеогена.

В данной статье обсуждаются результаты изучения сибирских тровантов, ставших известными благодаря работам геологов-съемщиков и сотрудников краеведческих музеев, а также регулярным иллюстрированным отчетам в Интернете неутомимых путешественников (С. Карпухин, Ю. Прокофьев, А. Урицк и др.), что свидетельствует об актуальности изучения некогда загадочных природных объектов, привлекательных с точки зрения туризма, практики и науки.

Геологическая обстановка

Обнажения с тровантами находятся в нижнем течении р. Лена и располагаются в мезозойских терригенных отложениях (рис. 1). Пространственно они тяготеют к алевролитно-песчаниковым толщам и обычно ассоциируют с кварцитовидными, кварцполевошпатовыми и кварцевыми песчаниками. Результаты палеофациального и палеонтологического изучения свидетельствуют о наличии здесь прибрежной зоны единого осадочного палеобассейна [18]. В основном это отложения нескольких юрских свит, выделяемых в пределах Жиганской фациальной зоны внутри Алдано-Жиганской континентальной области [3].

Суммарная мощность юрских отложений не ниже 600 м. Характерные их особенности – относительная монотонность состава, увеличение количества алевролитно-песчаного и песчаного материала вверх по разрезу, а также меняющаяся от слоя к слою и от места к месту внутри одного слоя степень диагенетической проработки песков. Многие исследователи подчеркивают низкую тектоническую активность при седиментогенезе. Разрез начинается с нижнеюрской моторчунской свиты (мощность 100–290 м), сложенной песчано-алевролитно-глинистыми породами. На ней несогласно залегает ранне-среднеюрская сунтарская свита, представленная черными и темно-серыми битуминозными глинами и аргиллитами с линзами гравийно-галечного материала в подошве. Выше находятся



№	Долгота восточная	Широта северная	Посёлок, устье реки
1	124°02'40,0"	68°53'22,2"	Джарджан
2	124°19'38,6"	68°01'58,0"	Менкере
3	123°22'47,4"	66°46'25,6"	Жиганск

Рис. 1. Береговые обнажения в нижнем течении р. Лена 1 – трованты-1 (устье р. Джарджан); 2 – трованты-2 (в 2,8 км ниже устья р. Менкере); 3 – кварцитовидные песчаники (устье р. Нуора, пос. Жиганск)

кыстатымская и хоронгская свиты. Первая состоит из глинисто-песчаных отложений, ее мощность в стратотипе (мыс Кыстатымский в правобережье р. Лена) изменяется от 150 до 210 м. Хоронгская свита, среднеюрский возраст которой обоснован комплексом аммоноидей и двусторчатых моллюсков, представлена толщей прибрежно-морских песчаных пород, главным образом светло-серыми мелкозернистыми известковистыми песчаниками со знаками волновой ряби. При движении вверх по течению р. Лена мощность свиты изменяется от 35 до 180 м. В разрезах юрских отложений среди слабо литифицированных песков (далее в соответствии с работами [4, 12] – полупесчаников) имеются прослои (1–3 м) и блоки кварцитовидных песчаников. Наряду с блоковыми обособлениями последних по всему разрезу свиты отмечены шаровые и эллипсоидальные песчаниковые образования (от нескольких см до 1 м в поперечнике), которые ранее по традиции были названы конкрециями. Однако при этом непременно подчеркивалась их сингенетическая природа и расположение в виде цепочек, вытянутых вдоль слоистости [3]. Отметим, кстати, что для нас именно эти признаки, наряду со слоистостью, совпадающей с таковой окружающей среды, сыграли решающую роль при отнесении указанных образований к тровантам.

Ленские трованты

Трованты и внешне похожие на них конкрециевидные образования известны в песчаных и глинисто-песчаных толщах в различных местах Арктики: на островах и архипелагах Баренцева моря (о-ва Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля), на п-ове Таймыр (в районе пещеры Миддендорфа) и в береговых отложениях низовья р. Лена, находящихся за полярным кругом. В Интернет-отчетах некоторых путешественников, сплавлявшихся по р. Лена, содержатся выразительные фотографии тровантов из других обнажений, что позволяет надеяться на расширение их географии.

Нами изучены трованты, найденные на правом берегу р. Лена, ниже пос. Жиганск. В устье р. Нуора и окрестностях поселка обнажены слои и блоки кварцитовидных песчаников (рис. 2, а). Песчаные блоки воспринимались ранее как «мегаконкреции» (см. рис. 2, б), скопление которых на песчаных пляжах-бичевниках является естественной защитной полосой, замедляющей эрозию и наступление береговой линии.

По ряду признаков трованты разделены на два условных типа, обозначенных соответствующими цифрами. Трованты-1 чаще всего находятся в маломощных (1–5 м) пластах, заключенных между слоями алевролитов. Пока они изучены только на

визуально-бинокулярном уровне. Им присущи эллипсоидальные формы, цепочечное расположение, четко выраженная слоистость и склонность к раскалыванию на разноразмерные диски (рис. 3), а также широкий диапазон изменения гранулометрического и минерального состава. Содержание минералов в слоях колеблется, в некоторых отмечается повышенная концентрация рудных минералов. Цемент, судя по его крепости, кремнеземистый. Следует отметить, что в данном типе тровантов достоверно не установлено сложных форм.

Трованты-2, являющиеся главным объектом изучения в настоящей статье, располагаются преимущественно в полупесчаниках повышенной минералогической зрелости (полевошпатово-кварцевых и кварцевых). В отличие от тровантов-1 слоистость в них проявлена слабо, а подчас едва заметна. Для удобства описания в дальнейшем принята устоявшаяся бинарная их градация на простые и сложные [21]. Граница между градациями условная и определяется на интуитивном уровне, зависящем от предпочтений исследователя, но в большинстве случаев близка к 5–7 индивидам.

В правобережье р. Лена ниже р. Джарджан юрские отложения представлены мелко- и среднезернистыми полупесчаниками, для которых характерны косая и волнистая слоистость, знаки ископаемой ряби и тонкие (1–15 мм) линзочки, обогащенные

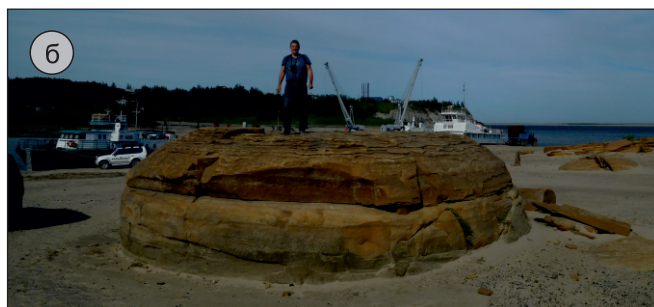


Рис. 2. Кварцитовидные песчаники в левобережье р. Лена (пос. Жиганск, Якутия): а – серия блоков в береговом обнажении и свалах (фото С. Карпухина, <http://www.photogeographic.ru>), б – блок-останец кварцитовидного песчаника на пристани в устье р. Нуора

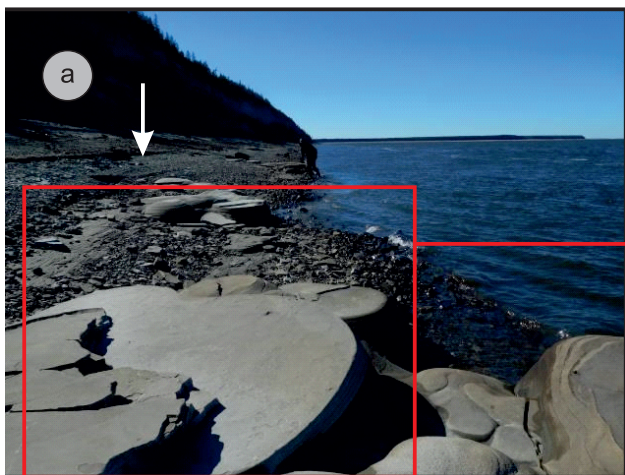


Рис. 3. Общий вид берегового обнажения с тровантами-1 (а); на заднем плане белой стрелкой показан слой, из которого трованты вываливаются на пляж и разрушаются, образуя диски (б)

темно-серым растительным детритом. В светло-серых полупесчаниках наблюдается двухметровый слой серо-коричневых кварцитовидных песчаников, в подошве которого имеются сфероидальные выступы (рис. 4, а). В отдельных местах четко проявляется встречное узко-клиновидное взаимопроникновение песчаников и полупесчаников. Материал один и тот же, но цвет и консистенция – разные, поэтому создается впечатление незавершенности процесса литогенеза. В непосредственной близости от указанного обнажения на бичевниках в одиночку и группами встречаются шаровые трованты. В половодье (июнь), когда уровень воды поднимается на 10 м и более, эти трованты оказываются в воде, как и значительная часть вышележащих коренных обнажений. При этом в полупесчаниках образуются пещеры, высота которых достигает 3 м. А в межень при ветровой эрозии на стенках проявляются детали слоистой текстуры, что выражается в образовании мелких углублений, трассирующих слоистость. Их исчезновение под выступающими индивидами свидетельствует об уплотнении вмещающей среды и оседании уже после формирования тровантов (см. рис. 4, б).

В большинстве изученных обнажений юрские отложения имеют субгоризонтальное залегание

с наклоном до 6–7°, местами они перекрыты четвертичными осадками и содержат толщи полупесчаников с тровантами-2. В материалах среднемасштабной съемки последние упоминаются как «песчаные конкреции», находящиеся в сходных по составу и структурно-текстурным особенностям слабо сцементированных песках. Число четко обозначающихся индивидов колеблется и нередко достигает нескольких десятков. Внешне они похожи на причудливые слепки-желваки. Их уплощенность всегда совпадает с направлением слоистости в полупесчаниках. Среди простых образований главенствует шаровая форма. Однако в береговых обнажениях р. Лена иногда сохраняются шары со скульптурными усложнениями, представляющие настоящую генетическую загадку (рис. 5, а). Такой «барельефный тип», насколько известно авторам, в других местах развития тровантов еще не отмечался. Окраска их серая, при длительной инсоляции темнеет, приобретая коричневый оттенок.

В большинстве индивидов сложных тровантов заметна отдельность, ориентировка которой совпадает с направлением слоистости в полупесчаниках. Форма индивидов, находящихся в вершинных и реберных позициях, приближается к шаровой. На по-

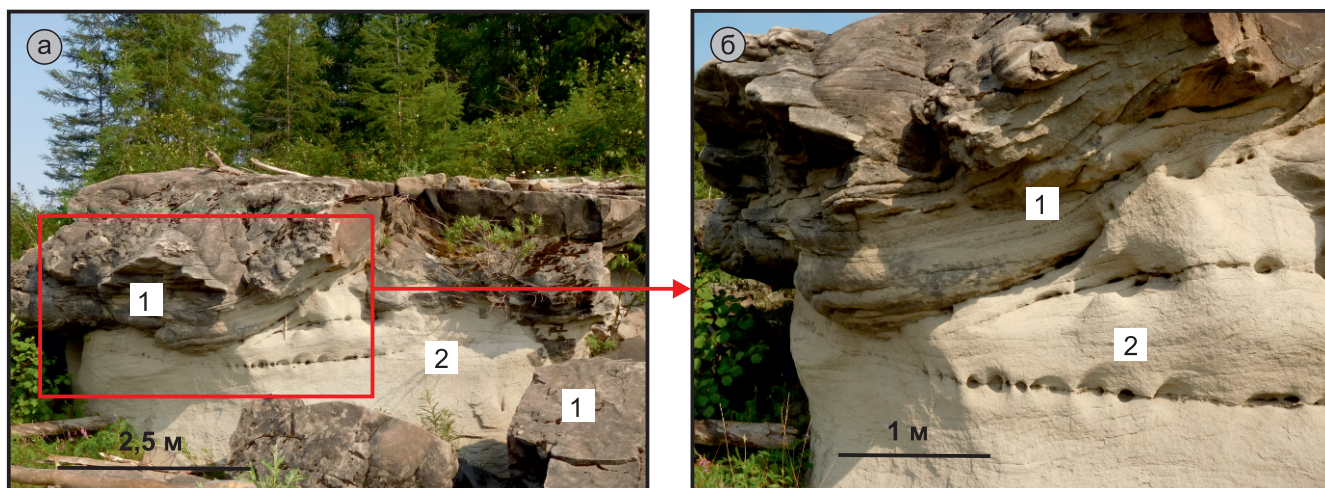


Рис. 4. Нижний контакт трованта-1 (а) и фрагмент взаимоотношения с вмещающей средой (б): 1 – тровант-1; 2 – полупесчаник (устье р. Джарджан)

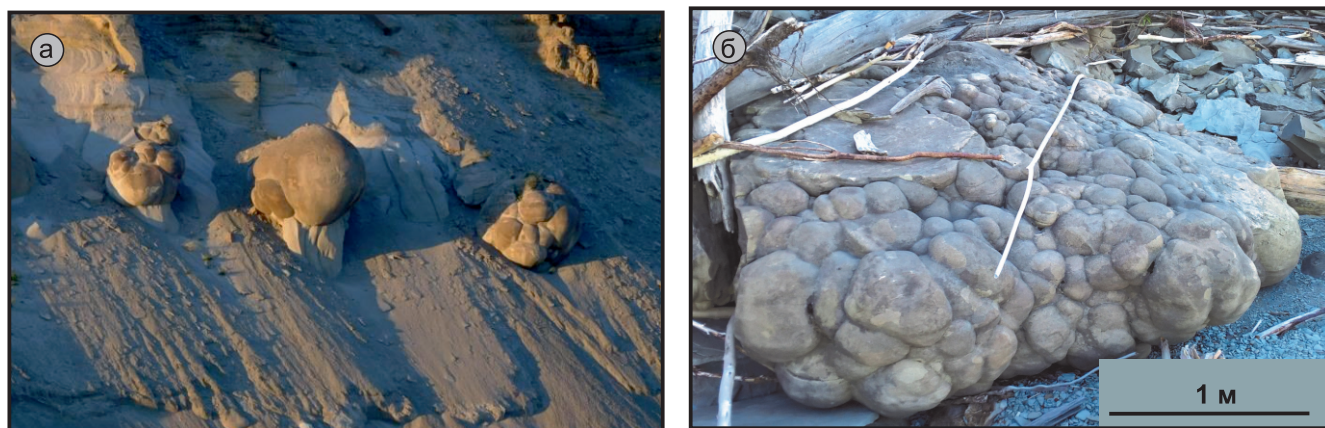


Рис. 5. Ленские трованты-2: а – простые (мыс Костатымский, фото Ю. Прокофьева), б – сложные (в 2,8 км ниже устья р. Менкере)

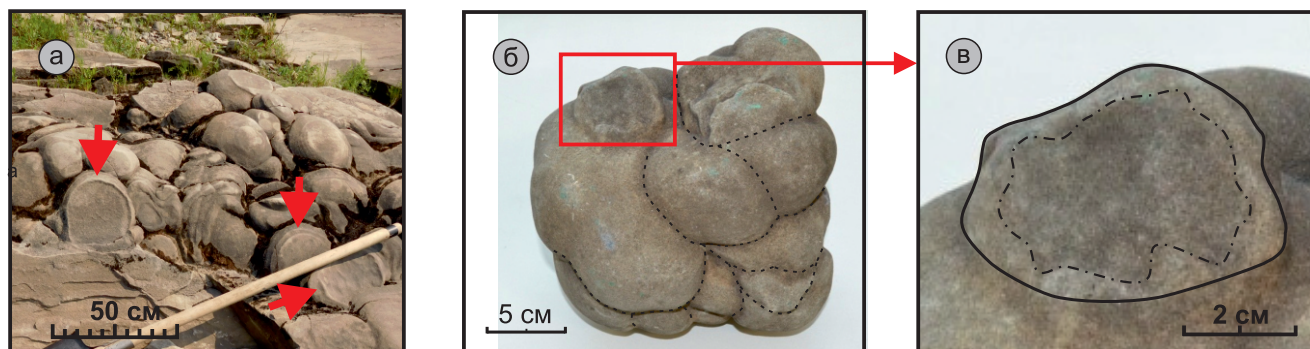


Рис. 6. Глинисто-песчаные оболочки в тровантах-2: а – шаровидные трованты в свале на береговом пляже (устье р. Джарджан), стрелками показаны индивиды с рельефно выступающими оболочками; б – выветрелый скол индивида (устье р. Менкере, фото В. Карпушина) (пунктиром показаны ложбинки между индивидами); в – фрагмент (штрих-пунктиром показана внутренняя граница оболочки)

верхности трованта соседние индивиды соприкасаются по дугообразным «ложбинкам», сходящимся в углублениях (см. рис. 5, б). Наряду с глубокими ложбинками, определяющими полигональный вид поверхности трованта, на отдельных крупных индивидах видны сопряженные сглаженные бугорки, разделенные пологими ложбинками, сходящимися в одной точке. При этом противоположных окончаний ложбинок уже не видно, что может указывать на объединение соседних индивидов.

При первом знакомстве со сложными тровантами, выступающими в виде козырьков, напрашивается аналогия с облаками, а многочисленные ложбинки между индивидами наталкивают на мысль о возможном существовании внутренних «стягивающих перепонок». Однако при распиливании тровантов предположение о внутренней фрагментации не подтверждается. Это означает, что в основе механизма сохранения устойчивых конфигураций лежит другая причина, которая должна быть учтена моделью, объясняющей предполагаемую последовательность формирования простых и сложных тровантов.

Примечательная особенность простых тровантов-2 – формообразующие оболочки толщиной 5–7 мм, которые практически незаметны на плоскостях свежераспиленных образцов, но отчетливо видны на выветрелых отломных поверхностях (рис. 6). Очевидно, что для ленских тровантов-2 нахождение в резко контрастных климатических условиях в максимальной степени выявляет контраст в прочности центральной части и оболочки (см. рис. 6, а). В сложных тровантах такие оболочки становятся малозаметными, а конфигурация их внутренней границы – менее определенной (см. рис. 6, б, в).

Трованты-2 сложены тонко-мелкозернистым песчаником средней и повышенной прочности, состоящим из кварца (40–55 об. %), полевых шпатов (25–30 %), примесных минералов – слюды, амфибола (около 1 %), а также единичных зерен рудных минералов. Кальцитовый цемент контактового (участками пленочного) типа составляет 10–15 %. По шкале А. В. Хабакова окатанность зерен преобладающей фракции относится к I–II градациям. Открытая по-

ристость, определенная в шлифах из образцов, пропитанных окрашенным полимером, составляет 10–15 %. В цементе имеется небольшая примесь глинистого материала, которая фиксируется после полного растворения карбонатов в препаратах.

В целом преобразования песчаников, слагающих трованты, соответствуют диагенезу и, возможно, начальной стадии катагенеза [15]. Плагноклаз серицитизирован, калиевый полевой шпат пелитизирован, по редко встречающимся чешуйкам биотита развит бледноокрашенный хлорит, кальцит образует контактовый цемент.

Анализ данных

Сопоставление данных по ленским тровантам и находкам в других странах свидетельствует, во-первых, об однотипности геолого-тектонических условий их появления в платформенных или субплатформенных областях и о значительном разнообразии их форм при преимущественно песчаном составе, во-вторых. Осадочные комплексы с тровантами имеют близкое к горизонтальному залегание (углы наклона обычно не превышают 10°). Закономерна их приуроченность к песчаным слоям, причем в разрезах с несколькими такими слоями они располагаются не во всех. В одних толщах их распределение хаотично, а в других они «выстраиваются» в цепочки. Диаметры сферических тровантов меняются от первых см до 3–4 м. На фоне светлых песков и полупесчаников они выделяются более темной окраской, рельефностью при боковой эрозии и размещением на «пьедесталах» – при площадной. В первом случае они вываливаются из стенок обнажений и разрушаются или захораниваются на пляжах, во втором – скапливаются в оврагах и долинах.

Главной особенностью тровантов является то, что они наследуют минеральный состав и структурно-текстурные признаки вмещающих полупесчаников, отличаясь повышенной крепостью, большим содержанием цемента и меньшей пористостью. Важно отметить, что состав цемента в них варьирует в узких пределах – от кремнистого (в Подмосковье) до глинисто-известкового и известково-глинисто-

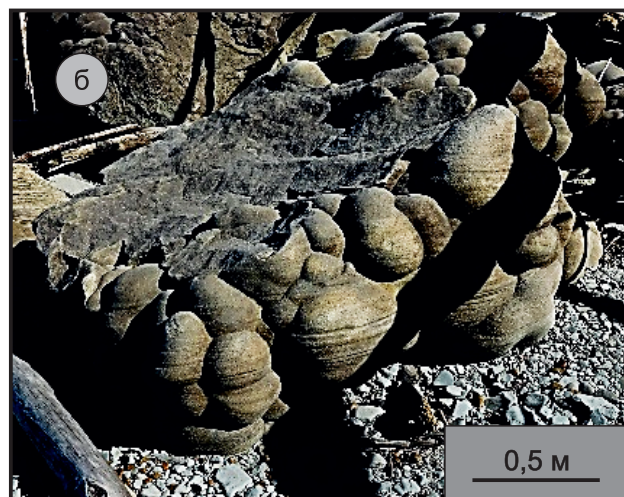
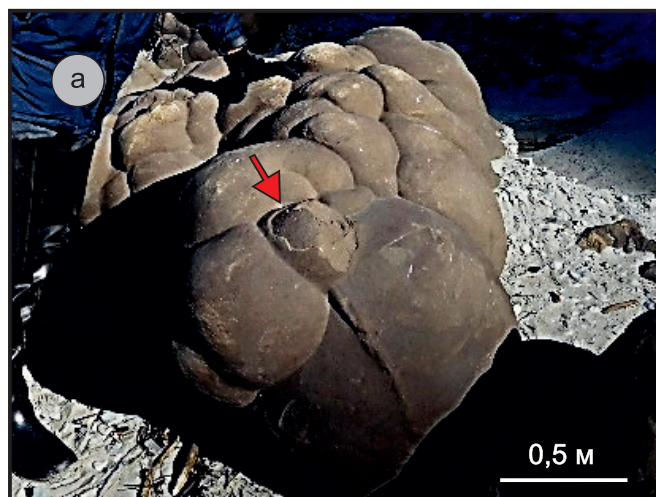


Рис. 7. Эпигенетические преобразования в сложных тровантах-2: а – следы однослойной десквамации (показаны стрелкой), б – проявление слоистой текстуры при выветривании

го (в Румынии). В ленских тровантах цемент либо извещково-кремнистый, либо глинисто-извещковый.

Песчаная среда, вмещающая трованты, имеет более высокую пористость и меньшее количество цемента, поэтому выветривается быстрее, чем трованты. В слоях с тровантами-1 она отчетливо слоистая. Количественные соотношения минералов в слоях колеблются в широких пределах, а размер зерен и обломков изменяется от песчаного до гравелистого. Для вмещающей трованты-2 среды характерны мелкая зернистость и повышенная минералогическая зрелость: она имеет полевошпатово-кварцевый состав и светло-серую с желтоватым или коричневатым оттенком окраску. Нередко преобладают кварцевые пески белого цвета. Участие псефитового материала отмечается как исключение. Характерна также слабо выраженная тонкая параллельная и косая слоистость. Однако наиболее существенным свойством является низкая, реже средняя степень сцементированности. Поэтому не случайно Г. Мургочи именовал такие песчаники рыхлыми (*gresiifriabile*) [24], а П. А. Никитин [12] присвоил им уникальное имя – «полупесчаник», которое позже применялось при крупномасштабном картировании [4]. Изучая сибирские трованты, мы предпочли воспользоваться вторым термином, в наибольшей мере отражающим степень сцементирования песков на диагенетической и катагенетической стадиях литогенеза. Иными словами, полупесчаник рассматривается в качестве промежуточного образования между осадком и осадочной породой, а не как элемент породного ряда по механической прочности.

Добавим, что отдельные признаки, определяющие неконкреционную природу тровантов и свидетельствующие о правдоподобности обсуждаемых гипотез и моделей, выражаются также и на деструктивной стадии их эволюции. Отсутствие сложных форм среди тровантов-1 может быть отнесено на счет преимущественного появления шаровых и эллипсоидальных форм. Поэтому становится понятным, почему устойчивое сочетание шаровых

форм и слоистой текстуры послужило веским основанием для отнесения казахстанских «конкреций» к тровантам еще более 20 лет назад [27]. Для тровантов-2 показательное проявление десквамации. Оказалось, что она, напротив, не имеет отношения к образованию шаровой формы, поскольку в силу своей однослойности способна лишь подчеркнуть первозданную конфигурацию индивидов (рис. 7, а). В случаях слабо выраженной слоистости ее ориентировка подчеркивается системой трещин отдельности, проявляющихся при глубоком выветривании (см. рис. 7, б).

Особенности структуры и состава полупесчаников и тровантов, с одной стороны, и наличие слоев и блоков хорошо сцементированных песчаников – с другой позволяют предположить два сценария литогенеза – непрерывный и прерывистый. Первый соответствует традиционному течению процесса породообразования в некоей геологической системе и может быть назван литогенным. По второму сценарию процесс прерывается под воздействием внешнего фактора, система переходит в новое энергетическое состояние, вследствие чего возникают дополнительные продукты литогенеза типа полупесчаников, а также малые геологические тела, в том числе и трованты. Поэтому его можно назвать тровантогенным.

По этим сценариям формируются разные типы тровантов, полупесчаников, кварцитовидных и кварцевых песчаников. Однако для простоты изложения цифрами 1 и 2 обозначены только трованты. Рассматривая ленские трованты в данном аспекте, можно утверждать, что они напоминают конкреции только внешне, однако обоснованное отнесение их к данному классу долгое время было затруднено двумя обстоятельствами. Во-первых, они имеют одинаковый с полупесчаниками минеральный состав и «наследуют» их слоистость, а во-вторых, в теории конкрециеобразования так и не появилось удовлетворительного объяснения их природы. В целом это, конечно, стимулировало поиск



решения проблемы в несколько иной сфере физико-химических процессов, конкретная реализация которых зависела, в частности, от тектонической обстановки, внешних факторов и устойчивой склонности дисперсионных систем к самоорганизации. Поэтому гипотезы образования тровантов и соответствующие им пошаговые модели должны базироваться на посылах и предположениях, не имеющих прямого отношения к конкрециообразованию. Первая подобная гипотеза была опубликована в 2008 г. [23], вторая рассматривается в данной работе.

Гипотезы и модели тровантогенеза

Лейтмотивом обеих гипотез, которым для краткости изложения даны условные названия, стала концепция признания тровантов псевдоконкрециями.

Сейсмогеодинамическая гипотеза

Утверждается, что трованты – это не конкреции и не относятся к разряду уникальных геологических явлений в истории Земли [23]. Они считаются частным случаем палеодинамических текстур, образуются в результате импульсного динамического воздействия земной (землетрясения) или космической (падение болидов) природы, т. е. некая исходная растворонасыщенная система переводится в неравновесное состояние поступлением дополнительной энергии. Весомым аргументом в обосновании гипотезы являются 3D-эксперименты с системой «песок – вода», по технике исполнения перекликающиеся, возможно, с известными опытами Э. Хладни по визуализации стоячих волн в системе «песок – воздух». Важность вывода, сделанного авторами гипотезы, состоит в том, что трованты по сути своей не являются «стяжениями», как было принято считать ранее, а представляют собой сферо- и эллипсоидальные «уплотнения». Данная гипотеза разрушила почти вековое представление о тровантах как о песчаных конкрециях (Sandsteinkonkretionen) и открыла оперативный простор для выдвижения новых идей и моделей, чему в известной степени способствовало также и рекомендованное ими деление тровантов на простые и сложные, обязывающее обосновывать, какие формы тровантов возникают раньше – эллипсоидально-сферические или причудливо-комбинаторные.

Соответствующая гипотезе модель в общем виде была предложена в 2003 г., однако идея, подтвержденная экспериментом, высказана значительно раньше [27]. Модель отражает процесс регионального масштаба с избирательным воздействием геодинамических и палеосейсмических факторов на разновозрастные толщи, что приводит к уплотнению песчаной массы и формированию тровантов преимущественно шаровой формы и иногда имеющим концентрически-зональное строение [21, 25, 26]. Подчеркивается приуроченность тровантов к песчаным толщам, разделенным пласта-

ми аргиллитов, алевролитов и мергелей. Принципиально важным является указание на сходство состава тровантов и вмещающей среды, одинаковую слоистость, специфику механизма уплотнения вещества, локальность накопления карбонатных растворов, участие сил поверхностного натяжения и др. Обращено внимание на корки, покрывающие трованты, которые имеют глинистый, реже оксидно- и гидроксидно-железистый, а в исключительных случаях (так называемые мягкие трованты) железисто-марганцевый состав [21]. Отмечено снижение масштабов образования тровантов с повышением возраста вмещающих толщ. Так, в ценозое Карпат установлено более десяти уровней их проявления, а в кайнозое – верхнем палеозое Сибирской платформы отмечены лишь единичные горизонты.

Аквадиссипативная гипотеза

Считается, что возникновение областей с тровантами предопределяется рядом геологических и тектонических факторов планетарного и регионального масштаба, под действием которых формируются осадочные породы. Предполагается, что триггером, или своеобразным «спусковым крючком», прерывающим классическую литификацию и запускаящим процесс образования тровантов, является частичный дренаж, вызванный либо крупным катастрофическим событием [23], либо понижением базиса эрозии. В результате первоначально равновесная система распадается на две неравновесные подсистемы, которые в дальнейшем эволюционируют в режиме самоорганизации [11]: «полупесчанник – гидратно-пленочная вода» (далее – окружающая среда) и «полупесчанник – вода» (далее – прототровант). При этом допускается некоторое повышение минерализации порового раствора в прототровантах, происходящее за счет диагенетических и катагенетических преобразований исходных алюмосиликатов [15]. Допускается также, что вязко-текучая дисперсная подсистема, заключенная в прототровантах, стремится к однонаправленному изменению формы под действием свободной поверхностной энергии (энергии Гиббса). Фактически это означает, что данный процесс относится к разряду диссипативных [7, 13], а прямое его следствие – отклонение от классической схемы литогенеза. Такой подход позволяет, по-видимому, с определенной долей условности провести некоторую аналогию с процессами, происходящими в системе «песок – вода» в поверхностных условиях.

При разработке пошаговой модели отправным моментом стало предположение о существовании изолированных областей водного порового раствора (далее вода, или аква) – «акваоблаков». При этом поверхностная энергия диссипирует в определенных точках акваоблака, что сопровождается некоторым упрощением его формы, а, следовательно, и формы прототрованта. Процесс происходит в мас-

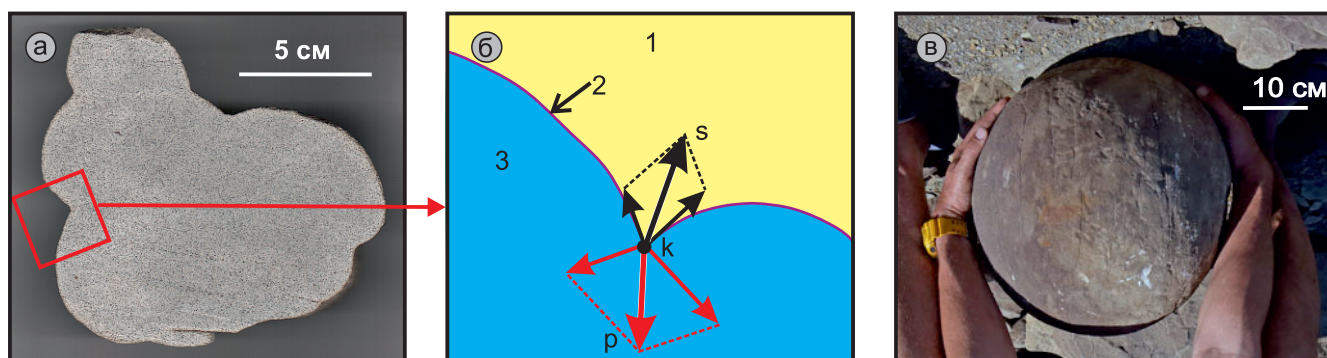


Рис. 8. Эволюция трованта-2: а – конфигурация в разрезе, перпендикулярном слоистости; б – схема взаимодействия сил внутреннего давления (p) и поверхностного натяжения (s), действующих на минеральную частицу в точке k , при коалесценции индивидов в прототрованте (1 – полупесчаник, 2 – кристаллогидратная оболочка, 3 – прототровант); в – предельная форма самоорганизации при тровантогенезе (фрагмент фото С. Карпухина, www.photogeographic.ru)

штабе геологического времени и длится, возможно, в течение первых миллионов лет.

Аквадиссипативная модель разработана главным образом на материале по ленским тровантам и в отличие от предыдущей не столь универсальна. Она реализуется только в том случае, когда произошла «разгерметизация» исходной породообразующей системы, когда в литогенезе произошел какой-то сбой. На начальном этапе ключевая роль отводится частичному дренажу порового раствора. Дальнейшая цементация продолжается только внутри прототровантов, тогда как в окружающей среде она резко замедляется. Иными словами, в процессе осушения система распадается на две подсистемы – множество водонасыщенных областей (прототровантов) и увлажненную полупесчанниковую окружающую среду. Один из существенных признаков подсистем – состав дисперсионных фаз: в окружающей среде она, по-видимому, гидратно-газовая (мономолекулярный слой на зернах), а в прототровантах – гидратно-газово-водная (вода и газовая фаза находятся в интерстициальном пространстве).

Предполагается также, что осушение происходит не одновременно, а с умеренной скоростью, поскольку при быстром осушении не исключено образование подземных водотоков, признаков которых нами не наблюдалось, а результаты медленного осушения непредсказуемы. В дальнейшем процесс изменения консистенции и формы тровантов под действием сил адгезии, когезии и поверхностного натяжения может прекратиться на любой стадии, однако его апофеозом является достижение сферической формы, происходящее по механизму слияния капель.

На ровной плоскости свежего отпила отчетливо видны субпоперечные срезы ложбинок между индивидами (рис. 8, а), а о слоистой текстуре можно судить только по ориентировке плоскостей отдельности в верхнем и нижнем индивидах. В основе же механизма упрощения формы прототрованта лежит, вероятно, стремление дисперсионной фазы к минимуму поверхностной энергии (см. рис. 8, б). При этом на молекулу воды, находящуюся в точке k

и принадлежащую гидратным оболочкам обоих индивидов, одновременно действуют силы внутреннего давления p и поверхностного натяжения s . Они противоположны и не уравновешены: по модулю, как известно, p всегда преобладает над s [5]. Поэтому молекула воды, находящаяся на границе капель, с поверхности переходит внутрь. В дисперсионной же среде аналогичным образом могут, по-видимому, перемещаться обломки и спайные выколки гидрофильных минералов. В результате ложбинка, обозначенная криволинейным углом с вершиной k , сначала выполаживается, а со временем исчезает. Фактически это означает, что все частицы, находящиеся в такой позиции, в конечном счете переходят в состав прототрованта, изменяя его конфигурацию и консистенцию. В итоге при выполаживании всех ложбинок сложный тровант приобретает сферическую или эллипсоидальную форму.

Следует отметить также, что уверенность в подобной интерпретации подкреплена многолетними гидрогеохимическими исследованиями, согласно которым система «вода – порода» «...является равновесно-неравновесной, способной к самопроизвольному, непрерывному, геологически длительному развитию...» [20, с. 103]. При этом последовательность выделения вторичных минералов совпадает с таковой, установленной в отдельных типах тровантов. Вначале образуются гидрооксиды железа и марганца (рис. 9, точка А), описанные в «мягких тровантах» [21]. Затем довольно продолжительное время в осадок выпадают алюмосиликаты (каолинит, гидрослюда, Mg-монтмориллонит) и кремнезем (см. рис. 9, точки В–Д), что способствует формированию кварцитовидных песчаников и тровантов-1. При формировании тровантов-2 приоритет переходит к кальциту (см. рис. 9, точки Е–Н).

В пошаговой модели, разработанной в основном на материале по ленским тровантам и литературным данным по тровантам из других областей России, предусмотрены оба сценария (рис. 10). По первому образуются породы, свойства которых зависят от характеристик осадков и циркулирующих

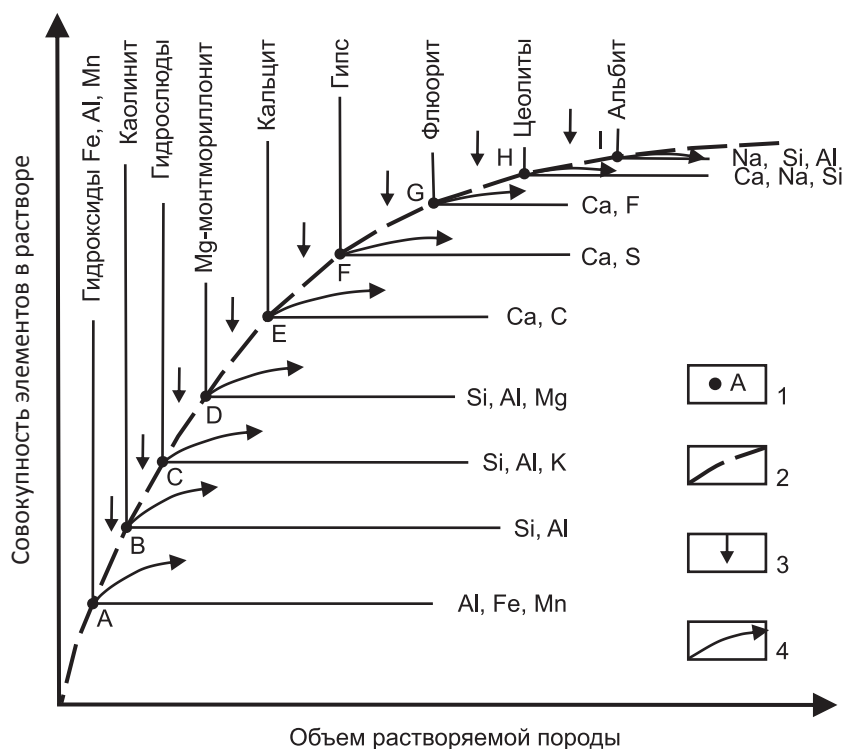


Рис. 9. Последовательность образования вторичных минералов в ходе эволюции системы «вода – порода» (по [20])

1 – точки начала выпадения новой вторичной фазы; 2 – соотношение твердых и растворенных минералов; 3 – зоны возможного поступления воды к контакту с горной породой; 4 – места возможного прекращения взаимодействия воды с породой

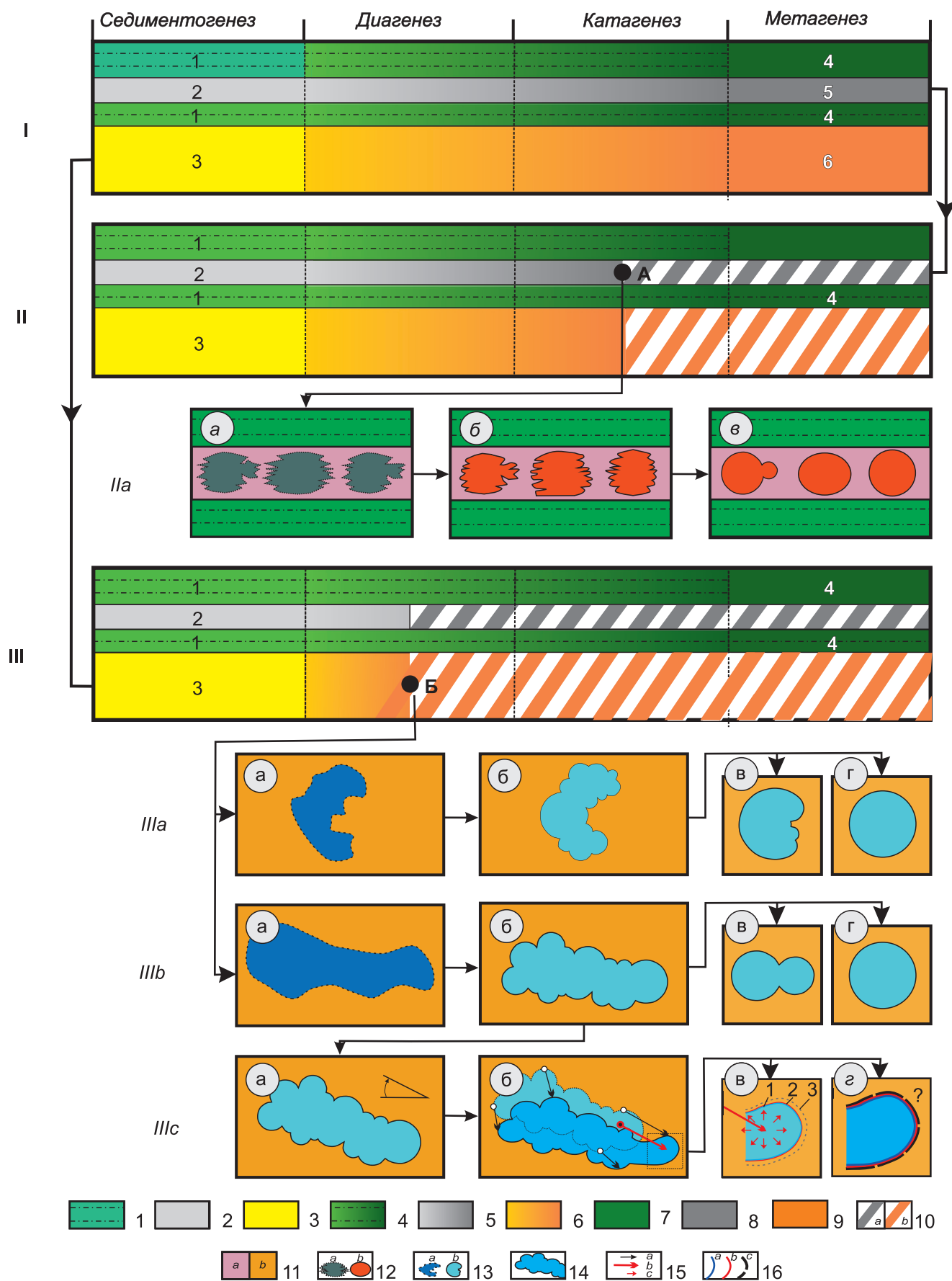
в них флюидов. Немаловажное значение имеют и водоупорные свойства слоев с глинами и алевролитами (см. рис. 10, I, 1, 4). Поскольку скорость литификации разных осадков неодинакова, в дальнейших построениях наибольшее ее значение принимается для песков, из которых образуются кварцитовидные песчаники. Второй сценарий срабатывает в тех случаях, когда первоначально равновесная система превращается в неравновесную под действием кардинального изменения условий литификации. Таким событием является частичная потеря порового флюида в точках А и Б на одной из промежуточных стадии литогенеза (см. рис. 10, II, III). Для объяснения генезиса других известных типов тровантов, в том числе и экзотических (древовидных, спиральных, усложненных «микротровантами»), необходимы индивидуальные модели.

Образование тровантов-1 происходит, вероятно, при ограниченной миграции флюида, поэтому носит массовый характер. Большинство прототровантов изначально принимают формы, близкие к предельным. На промежуточной стадии происходит только сглаживание мелких неровностей, а конечные формы редко состоят из двух и более индивидов (см. рис. 10, IIa). Для тровантов-2, обладающих почти непредсказуемым распределением внутри слоя, предусмотрены варианты разной пространственной ориентировки (см. рис. 10, IIIa, IIIb), а также возможного оживления на промежуточной стадии (см. рис. 10, IIIc).

Не исключено, что одной из вероятных причин остановки трансформации прототровантов могло стать образование глинистых оболочек [8], сыгравших роль своеобразных мембран с осмотическими свойствами: пропуская воду, они, видимо, задержи-

вали «коллоидальные частицы карбонатов, так как их размеры превышают величину пор в глине» [9, с. 50]. Развивая данную идею и принимая прототрованты за своеобразные водные резервуары, можно, по-видимому, допустить также, что аналогичную функцию способны выполнять и гидратные пленки в сочетании с глинистым материалом. Иными словами, теоретическое время существования прототровантов зависит от времени превращения полупроницаемой оболочки в непроницаемую. Поэтому вопрос об образовании тровантов в конгломератогравелитовой и мергелевой средах нуждается в специальном обосновании и остается пока открытым.

Таким образом, литогенез и тровантогенез происходят под действием геологических, палеотектонических, палеосейсмических, палеогидрогеологических и других факторов. В соответствии с первым сценарием образуются предельно сцементированные песчаники разного состава. Развитие второго сценария возможно, как нам представляется, только после воздымания тектонических блоков и дренажа песчаных толщ. Одной из причин массового образования тровантов-1 может быть ограниченный дренаж воды, обусловленный достаточно высокой степенью литификации на момент проявления эффекта триггера. В отличие от них трованты-2 образуются в слабосцементированной среде, что приводит к более интенсивному дренажу, а также к значительно большему разнообразию конфигураций прототровантов. Частным случаем, вероятно, является некоторый разворот тектонического блока (см. рис. 10, IIIc, б) и последующая трансформация сложных тровантов при палеосейсмовибрации (см. рис. 10, IIIc, в, г). Не исключено также, что тиксотропные преобразования затрагивали не

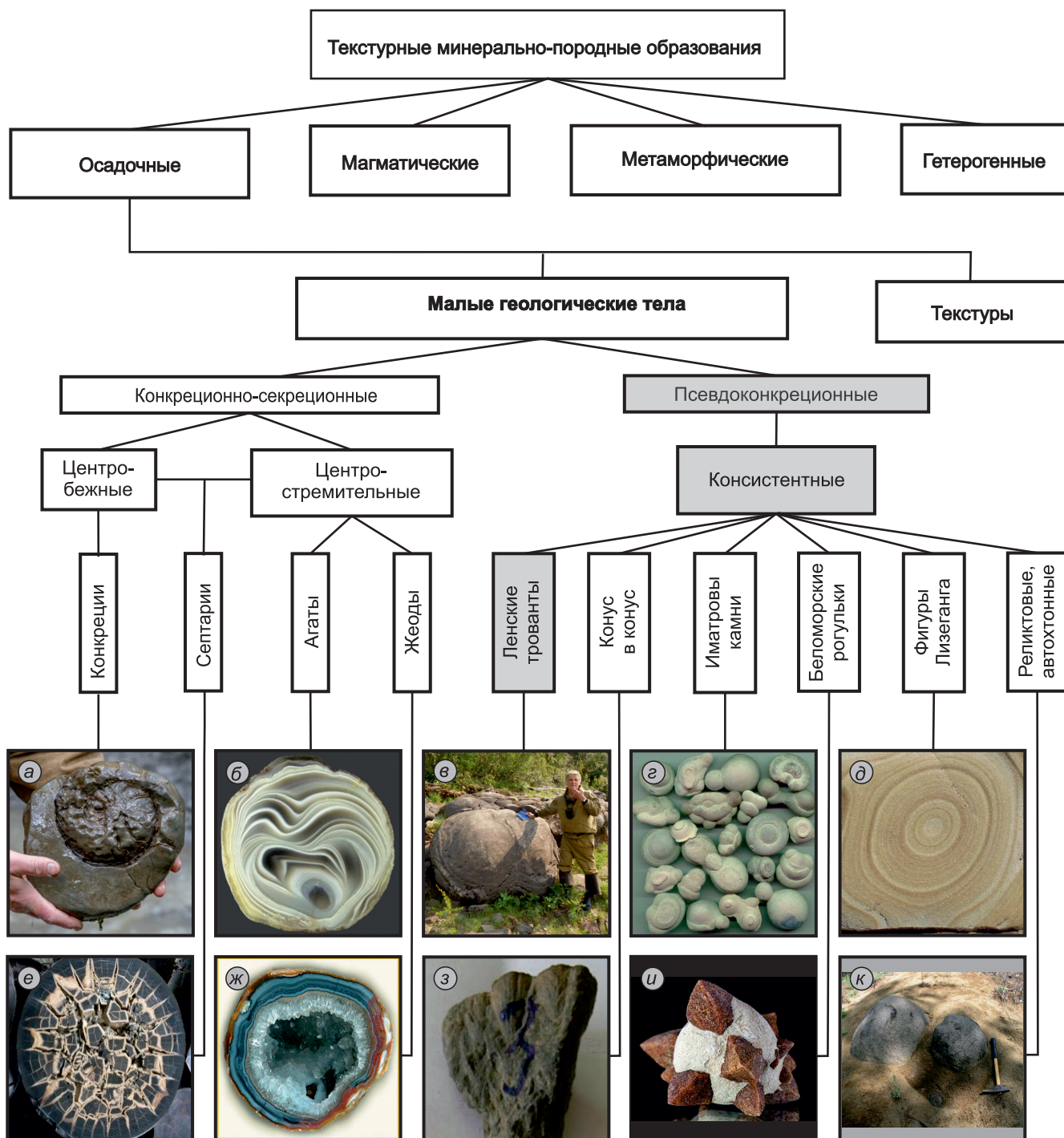


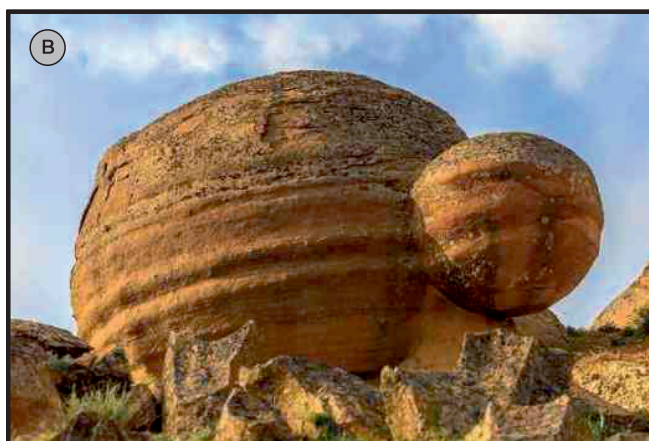
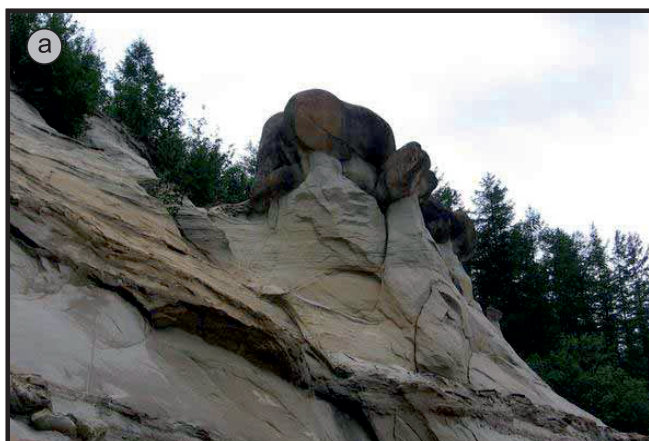
только трованты-2: постоянное «дрожание» континентальной коры могло играть существенную роль и для прототровантов, способствуя поддержанию их в квазисуспензионном состоянии.

К этому следует добавить, что в формат модели вписываются трованты из других регионов России, называемые по традиции «конкрециями». Так, в Егановском карьере Московской области

Рис. 10. Аквадиссипативная модель тровантогенеза

1–3 – осадки: 1 – псаммито-алевритовые, 2 – псаммито-псефитовые, 3 – зрелые псаммитовые; 4–6 – промежуточные образования литогенеза: 4 – псаммито-алевритовые, 5 – псаммито-псефитовые, 6 – зрелые псаммитовые; 7–9 – продукты литогенеза по непрерывному сценарию: 7 – алевриты и сланцы, 8 – «кварцитовидные» песчаники, 9 – кварцевые и полевошпатово-кварцевые песчаники; 10 – продукты литогенеза с тровантами-1 (а) и тровантами-2 (б) по прерывистому сценарию; 11 – псаммито-псефиты (а) и полупесчаники (б) дренированные; 12 – прототрованты и трованты-1; 13 – прототрованты и трованты-2; 14 – образование пливуна (стрелки указывают направление перемещения элементов прототрованта); 15 – указание направлений: перемещения границ пливуна при тиксотропии (а), перемещения мнимого центра повышенного давления в поровом флюиде (б) и действия избыточного давления (с); 16 – оболочки, предполагаемые во фронтальной части пливуна: «кристалло»-гидратная (а), глинистая (б) и песчано-глинистая (с); римскими цифрами обозначены этапы литогенеза по непрерывному (I) и прерывистому (II–III) сценариям, буквами а, б, с – шаги

**Рис. 11.** Фрагмент систематики малых геологических тел. Характер перемещения вещества: центробежный (а), центростремительный (б, д, ж, к), разнонаправленный (в), проблематичный (г, е, з)



сложные трованты отождествлены с пластовыми конкрециями [17]; в Рязанской области обнажается «горизонт наплывных (фигурных) песчаников, которые длительное время выступают в виде

карнизов над склоном. Их собирают и используют в качестве элементов ландшафтного дизайна» [16, с. 256]. В Кировской области описаны шаровые конкреции размером до 1,5–2,0 м в диаметре [6];

Рис. 12. Апробация аквадиссипативной модели

а–д – трованты, генезис которых соответствует модели: а – простой тровант на пьедестале (р. Лена, Восточная Сибирь, Россия; фото Ю. Прокофьева); б – «фигурные песчаники» в меловых кварцевых песках (с. Малый Пролом, Рязанская область, Россия; фото А. В. Водорезова), в – россыпь тровантов-1 (Долина каменных шаров, Казахстан), г – ансамбль простых тровантов-2 с оболочками (Музей Костешты, Румыния), д – трованты-2 на постаментах и в развалах (Лунная долина, Аргентина); е–з – трованты, генезис которых остается неизвестным (экзотические формы): е – древовидный, ж – с фрагментами растрескавшейся оболочки, часть из которых может быть воспринята как «микротрованты» (Музей Костешты, Румыния), з – спиралевидный (местонахождение в коренном залегании неизвестно)

Фотографии взяты в Интернете: а – http://volnomuvolya.com/lenskiye_stolby.html; б – https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/01/Priroda_Ryazanskoy_oblasti.pdf; в – <https://bigpicture.ru/trovanty-udivitelnye-zhivye-kamni/>; г – <http://filov.mypage.ru/21941451.html>; д – Dreamtime.com; е – <https://prirodatop.ru/geologicheskie-yavleniya/chto-takoe-trovanty/>; ж, з – <https://extremomundial.com/2020/08/13/las-extranasy-misteriosas-piedras-vivientes-de-rumania>

более мелкие представители, покрытые глинистыми оболочками, известны в Ишимбайском районе Башкортостана [8].

Положение тровантов в систематике малых геологических тел

Текстурные образования горных пород традиционно подразделяются на текстуры и малые геологические тела (МГТ). Причем среди известных авторам классификаций МГТ трованты не упоминаются. Не исключено, что одной из возможных причин такого положения стало отсутствия четких критериев их выделения при описании породно-минеральных уплотнений. Еще одна из вероятных причин, видимо, заключается в том, что в конкретных районах детальному изучению подвергается ограниченное число видов МГТ. В классификации О. В. Суздальского, к примеру, главное внимание сосредоточено на центробежном перераспределении конкрециообразователя глинистого, карбонатного и мергельного состава. Поэтому тровантам-1 места в ней не находится. А вот трованты-2 могли бы быть отнесены к класто-карбонатному типу с содержанием цемента до 30–35 % [19]. Это означает, что для отражения специфических особенностей тровантов целесообразно использовать не структурно-текстурные и вещественные, а генетические признаки (рис. 11). Одним из них может служить характер (вид) перемещения вещества, слагающего МГТ. Во всяком случае с такой позиции конкреции и секреции являются очевидными антиподами: вещество в них откладывается послойно в направлении либо от центра (центробежные), либо к центру (центростремительные) соответственно. Тровантам же присущ разнонаправленный характер движения цементирующего вещества во всем объеме. Состав и состояние системы при этом изменяются, отсюда следует и соответствующее название для данной группы МГТ – консистентные. Таким образом, в систематике, не претендующей на полноту охвата всего разнообразия осадочных МГТ, позиция тровантов предопределяется разнонаправленным характером перемещения вещества. Именно оно изменяет консистентность в ограниченном объеме. Образование же конкреций и секреций происходит при одностороннем центробежном (а) или центростремительном (б, д, ж, к) движении вещества. Разновидности

МГТ, имеющие признаки гетерогенного происхождения, являются продуктами разнонаправленного (в, и) и проблематичного (г, е, з) движения.

Следует отметить также, что трованты, в течение длительного времени в качестве текстур безоговорочно отождествлявшиеся с конкрециями, в данной систематике получают иной статус, поскольку среди конкреций как особых диагенетических образований известны только две группы – «залегающие согласно со слоистостью и секущие ее» [2, с. 12]. Трованты же не обладают этими признаками соотношения со вмещающей средой, поскольку просто «наследуют» слоистость, проявляющуюся в них вне зависимости от их конфигурации.

Важен вопрос о соотношении тровантов с другими типами МГТ: не всегда удастся обозначить достаточно четкие отличительные признаки. Так, у некоторых тровантов отмечены железистые оксидно-гидроксидные внешние оболочки, именуемые «ржавцами» [6], а в некоторых случаях – серии темноокрашенных сфер, которые окружают шаровые трованты. Механизм образования сфер пока не расшифрован, однако внешне они напоминают фигуры Лизеганга (см. рис. 11, д). Объектами для детального изучения остаются, конечно, МГТ, отнесенные нами к категории проблематичных.

Авторы отдают себе отчет в том, что гипотеза и модель, разработанные для одного, пусть даже обширного региона, не могут иметь универсального применения. Тем не менее уже сейчас можно сказать, что происхождение некоторых из известных объектов находятся в полном с ними соответствии. Прежде всего это относится к тровантам-2 России, Румынии и Аргентины (рис. 12 а, б, г, д), а также к тровантам-1 Казахстана (см. рис. 12, в).

Нерешенными остаются вопросы, связанные с необходимостью разработки индивидуальных моделей для редко встречающихся типов. В частности, непонятно, возможно ли образование «вторичных» микротровантов, имеют ли отношение к семейству тровантов экспонаты экзотического типа (см. рис. 12, е, з).

Выводы

Ленские трованты – консистентные образования, наследующие главные особенности вмещающей среды (минеральный и гранулометрический

состав, слоистую текстуру). Они образуются на одной из стадий диагенеза и катагенеза в результате резкого изменения условий литогенеза.

Нами предложена пошаговая модель образования двух типов тровантов, основанная на использовании ряда факторов и предположений аквациптивной гипотезы, а также определено положение тровантов в пилотной версии генетической систематики малых геологических тел и текстур.

Авторы выражают благодарность студентам ГГФ НГУ К. Сосновцеву и Е. Есину за пополнение учебной коллекции ленокским тровантом-2. Мы благодарим заведующего Музеем истории Земли (НГУ, Новосибирск) М. А. Середнева за помощь в изготовлении препаратов для исследования. Признательны д-ру М. Тиклеану и его коллегам В. Алексу и М. Флори, любезно предоставившим ранние публикации по теме и несколько постеров с международных геологических конгрессов, а также раритетные труды румынских геологов. Огромное спасибо рецензенту к. г.-м. н. Г. А. Бабину, сделавшему ряд ценных замечаний и конструктивных предложений, которые способствовали существенному улучшению статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атлас** конкреций / ред. А. В. Македонов, Н. Н. Предтеченский. – Л.: Недра, 1988. – 323 с. – (Тр. ВСЕГЕИ; т. 340).
2. **Гаврилов Ю. О.** Диагенетическое конкреционное образование в отложениях разного типа, механизмы образования // Литология и я: от идеи до выводов: матер. 3-й Всерос. школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. – С. 12–17.
3. **Геологическая** карта Российской Федерации масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Виллюйская, лист R-51 – Джарджан. Объяснительная записка / Л. И. Сметанникова, В. С. Грищенко, Ю. А. Маланин и др. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2013. – 397 с.
4. **Голынец Ф. Ф.** Геологическая карта правобережья р. Копра в среднем течении в западной части 75-го листа. – Саратов: Нижневолжское науч. об-во краеведения, 1980. – 8 с.
5. **Грабовский Р. И.** Курс физики. – СПб.: Лань, 2012. – 608 с.
6. **Дружинин Г. В., Оборин С. В.** Местонахождение крупных шаровидных конкреций песчаника – уникальный геологический объект Кировской области // Уникальные геологические объекты России (докл. во ВСЕГЕИ). – СПб., 2013. – Точка доступа: http://www.geomem.ru/site_confer_report.php?idr=10.
7. **Еськов К. Ю.** Удивительная палеонтология: История Земли и жизни на ней. – М.: ЭНАС, 2008. – 312 с. – (Серия «О чем умолчали учебники»).
8. **Ефимова М. А.** Песчаные конкреции в разрезе вблизи села Макарово Ишимбайского района Республики Башкортостан // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: IV Всерос. молодежн. геол. конф., 19–23 сентября 2016 г. – Уфа, 2016. – С. 169–170.
9. **Зубков М. Ю.** Некоторые модели конкреционноеобразования // Постседиментационное минералообразование в осадочных формациях. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1985. – С. 43–51.
10. **Конкреции** и конкреционный анализ. – М.: Наука, 1977. – 246 с.
11. **Летников Ф. А.** Синергетика геологических процессов в истории Земли // Вестн. ИРГСХА: науч.-практ. журн. – 2013. – Вып. 57, ч. II. – С. 109–115.
12. **Никитин П. А.** Плиоценовые и четвертичные флоры Воронежской области. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. – 208 с.
13. **Николис Г., Пригожин И.** Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
14. **Особо** охраняемые природно-техногенные территории Кировской области / И. А. Вартан, А. М. Прокашев, А. А. Скворцов, Л. И. Скворцова // Вестн. Удмурдского ун-та. Сер. биол. Науки о Земле. – 2019. – Т. 29, вып. 3. – С. 362–373.
15. **Поликарпова Н. Н.** Электронный учебно-методический комплекс. – Минск: БНТУ, 2013. – 178 с.
16. **Природа** Рязанской области: учеб. пособие / С. И. Ананьева, Е. В. Бирюкова, А. В. Водорезов и др. – Рязань: Изд-во ун-та, 2019. – 268 с.
17. **Слетов В. А.** Люберецкие песчаные карьеры и Люберецкие пруды. Геологическая экскурсия // Памятники природы Подмосковья (докл. во ВСЕГЕИ). – СПб., 2013. – Точка доступа: http://mindraw.web.ru/rod20_geo.htm.
18. **Стратиграфия** юры Восточной Сибири (состояние изученности, основные проблемы и способы их решения) / Б. Н. Шурыгин, В. П. Девятков, В. А. Захаров и др. // Вестн. Госкомгеологии. Матер. по геологии и полезным ископаемым Республики Саха (Якутия). – 2001. – № 1. – С. 112–139.
19. **Суздальский О. В.** Конкреции послепалеогеновых отложений Усть-Енисейской впадины // Учен. зап. НИИГА. Сер. Региональная геология. – 1965. – Вып. 5. – С. 127–153.
20. **Шварцев С. Л.** Основные процессы и механизмы эволюционного развития системы вода – порода // Изв. ТПУ. Гидрогеология и инженерная геология. – 2007. – Т. 311, № 1. – С. 103–113.
21. **Concrețiunile grezoase (trovanții) depozitelor cretace și neozoice din arealul carpatic (Romania)** / M. Țicleanu, A. Pantea, A. Constantin et al. // Analele Științifice ale Universității «Alexandru Ioan Cuza». Serie nouă. Special Issue «Geologie, Proceedings of the International Symposium «Geology of Natural Systems». – Iași: Geo, 2010. – P. 241–247.
22. **Grigorescu D.** Cultural geology. Interlinking Earth Sciences, history and philosophy Geosciences in



the 21st century // Geosciences in the 21st century. Symposium dedicated to the 80th anniversary of Professor Emil Constantinescu. Extended abstracts. – Bucharest: GeoEcoMar, 2019. – P. 58–63.

23. **Hypothesis** on the paleodynamic (paleoseismic) origin of the trovants («Sandsteinkonkretionen») / M. Țicleanu, A. Pantea, A. Constantin et al. // 33rd International Geological Congress. – Oslo, 2008. – (Abstract and poster STP01317P).

24. **Murgoci G.** Terțiarul din Oltenia cu privire la sare, petrol și ape naturale. Extras din anuarul institutului geologic al României, an I., fasc. No. 1. – București: An. Inst. Geol. Rom., 1908. – 128 p.

25. **The trovants** (Sandsteinkonkretionen) from the Carpathian area and summary data on these pseudo-concretions reported on the Earth / M. Țicleanu, J. Wojewoda, R. Nicolescu et al. // 34th International Geological Congress. – Brisbane, 2012. – Abstract and poster.

26. **Țicleanu M.** The trovants in Romania // 12th annual NECLIME meeting 27–30th sept. 2011. Guide of excursion. – Bucharest: Edited by the Geological Institute of Romania, 2011. – P. 50–55. – (Special Issue. Anuarul Institutului geologic al României; vol. 77).

27. **Țicleanu M., Popescu A., Țicleanu N.** Rolul determinant al factorului mecanic (seismic) în procesul de formare a trovanților. Trovanții meoțieni de la Costești // Geografia județului Vâlcea – Teorie și practică. Vol. III. – Râmnicu-Vâlcea: Editura Offsetcolor, 2003. – P. 20–33.

REFERENCES

1. Makedonov A.V., Predtechenskiy N.N. *Atlas konkretsiy* [Atlas of concretions]. Leningrad, Nedra Publ., 1988. 323 p. (In Russ.).
2. Gavrillov Yu.O. [Diagenetic concretions in sediments of different types, mechanisms of formation]. *Litologiya i ya: ot idey do vyvodov. Materialy 3-y Vserossiyskoy shkoly studentov, aspirantov, molodykh uchennykh i spetsialistov po litologii* [Lithology and Me: from idea to conclusions. Materials of the 3rd All-Russian School of Students, Postgraduates, Young Scientists and Specialists in Lithology]. Yekaterinburg, IGG UrB RAS Publ., 2018, pp. 1217. (In Russ.).
3. Smetannikova L.I., Grinenko V.S., Malanin Yu.A., et al. *Geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii, masshtab 1:1 000 000 (tretye pokoleniye). Seriya Anabaro-Vilyuyskaya, list R-51-Dzhardzhan. Obyasnitelnaya zapiska* [Geological map of the Russian Federation at a scale of 1: 1 000 000 (third edition). Series Anabar-Vilyui, sheet R-51-Dzhardan. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2013. 397 p. (In Russ.).
4. Golynets F.F. *Geologicheskaya karta pravoberezhya reki Kopra v srednem techenii (v zap. chasti 75-go lista)* [Geological map of the Kopra River right bank in the middle course (western part of 75th sheet)]. Saratov, 1980. 8 p. (In Russ.).
5. Grabovskiy R.I. *Kurs fiziki* [Physics course]. Saint Petersburg, Lan Publ., 2012. 608 p. (In Russ.).
6. Druzhinin G.V., Oborin S.V. [The location of large spherical sandstone nodules is a unique geological object of the Kirov region]. *Unikalnyye geologicheskiye obyekty Rossii. Doklad v VSEGEI* [Unique geological objects of Kirov region. Report to VSEGEI]. Saint Petersburg, 2013. Available at: http://www.geomem.ru/site_confer_report.php?idr=10. (In Russ.).
7. Yeskov K.Yu. *Udivitel'naya paleontologiya: Istoriya Zemli i zhizni na ney (Seriya: O chem umolchali uchebniki)* [Remarkable paleontology: History of the Earth and life thereon]. Moscow, ENAS Publ., 2008. 312 p. (In Russ.).
8. Yefimova M.A. [Sandy concretions in the section near Makarovo village of the Ishimbai district of the Bashkortostan Republic]. *IV Vserossiyskaya molodezhnaya geologicheskaya konferentsiya "Geologiya, geoekologiya i resursnyy potentsial Urala i sopredelnykh territoriy"* [Geology, Geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Materials of the 4th All-Russian Youth Conference. Ufa, September 19–23, 2016]. Ufa, 2016, pp. 169–170. (In Russ.).
9. Zubkov M.Yu. [Some models of concretion origin]. *Postsedimentatsionnoye mineraloobrazovaniye v osadochnykh formatsiyakh* [Postsedimentation mineralogenesis in sedimentary formations]. Tyumen, ZapSibNIGNI Publ., 1985, pp. 43–51. (In Russ.).
10. *Konkrety i konkretionnyy analiz* [Concretions and concretion analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 246 p. (In Russ.).
11. Letnikov F.A. [Synergy of geological processes in the history of the Earth]. *Vestnik IrGShA*, 2013, vol. 57, pt. 2, pp. 109–115. (In Russ.).
12. Nikitin P.A. *Pliotsenovyye i chetvertichnyye flory Voronezhskoy oblasti* [Pliocene and Quaternary floras of the Voronezh Region]. Moscow, Leningrad, AS USSR Publ., 1957. 208 p. (In Russ.).
13. Nikolis G., Prigozhin I. *Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh: ot dissipativnykh struktur k uporyadochennosti cherez fluktuatsii* [Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures for ordering through fluctuations]. Moscow, Mir Publ., 1979. 512 p. (In Russ.).
14. Vartan I.A., Prokashev A.M., Skvortsov A.A., Skvortsova L.I. [Specially protected natural and technogenic territories of the Kirov Region]. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta – Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2019, vol. 29, issue 3, pp. 362–373. (In Russ.).
15. Polikarpova N.N. *Elektronnyy uchebno-metodicheskiy kompleks* [Electronic training package]. Minsk, BNTU Publ., 2013. 178 p. (In Russ.).
16. Ananyeva S.I., Biryukova E.V., Vogorezov A.V., et al. *Priroda Ryazanskoy oblasti* [The nature of Ryazan region]. Ryazan, Ryazan State University Publ., 2019. 268 p. (In Russ.).
17. Sletov V.A. [Lyubertsy sand pits and Lyubertsy ponds. Geological tour]. *Pamyatniki prirody Podmoskovya. Doklad vo VSEGEI* [Podmoskovye natural monu-

ments. Report to VSEGEI]. Available at: http://mindraw.web.ru/rod20_geo.htm (In Russ.).

18. Shurygin B.N., Devyatov V.G., Zakharov V.A., et al. [Stratigraphy of the Jurassic of East Siberia (exploration maturity, major problems and solutions)]. *Vestnik Goskomgeologii. Materialy po geologii i poleznym iskopaemyym Respubliki Sakha (Yakutiya)*, 2001, no. 1, pp. 112–139. (In Russ.).

19. Suzdalskiy O.V. [Concretions of post Paleogene sediments of the Ust-Yenisei depression]. *Uchenyye zapiski NIIGA, seriya regionalnaya geologiya*, 1965, vol. 5, pp. 127–153. (In Russ.).

20. Shvartsev S.L. [Basic processes and mechanisms of the water-rock system evolution]. *Izvestiya TPU. Hidrogeologiya i inzhenernaya geologiya – Bulletin of Polytechnic University. Hydrogeology and Engineer Geology*, 2007, vol. 311, no. 1, pp. 103–113. (In Russ.).

21. Țicleanu M., Pantea A., Constantin A., et al. Concrețiunile grezoase (trovanții) depozitelor cretacee și neozoice din arealul carpatic (Romania). *Analele Științifice ale Universității "Alexandru Ioan Cuza". Serie nouă. Special Issue "Geologie, Proceedings of the International Symposium "Geology of Natural Systems"*. Iași: Geo Publ., 2010, pp. 241–247. (In Roman.).

22. Grigorescu D. Cultural geology. Interlinking Earth Sciences, history and philosophy Geosciences in the 21st century. *Geosciences in the 21st century. Sym-*

posium dedicated to the 80th anniversary of Professor Emil Constantinescu. Extended abstracts. Bucharest: GeoEcoMar, 2019, pp. 58–63.

23. Țicleanu M., Pantea A., Constantin A., et al. Hypothesis on the paleodynamic (paleoseismic) origin of the trovants ("Sandsteinkonkretionen"). *33rd International Geological Congress*. Oslo, 2008. (Abstract and poster STP01317P).

24. Murgoci G. Terțiarul din Oltenia cu privire la sare, petrol și ape naturale. *Extras din anuarul institutului geologic al României, an I., fasc. no. 1*. București, An. Inst. Geol. Rom. Publ., 1908. 128 p. (In Roman.).

25. Țicleanu M., Wojewoda J., Nicolescu R., et al. The trovants (Sandsteinkonkretionen) from the Carpathian area and summary data on these pseudo-concretions reported on the Earth. *34th International Geological Congress*. Brisbane, 2012. Abstract and poster.

26. Țicleanu M. The trovants in Romania. *12th annual NECLIME meeting 27–30th sept. 2011. Guide of excursion*. Bucharest: Edited by the Geological Institute of Romania, 2011, pp. 50–55. – (Special Issue. Anuarul Institutului geologic al României; vol. 77).

27. Țicleanu M., Popescu A., Țicleanu N. Rolul determinant al factorului mecanic (seismic) în procesul de formare a trovanților. Trovanții meoșieni de la Costești. *Geografia județului Vâlcea – Teorie și practică. Vol. III. Râmnicu-Vâlcea, Editura Offsetcolor*, 2003. pp. 20–33. (In Roman.).

© Г. С. Федосеев, Д. Ю. Большинов, 2021

ИПРЭК СО РАН – 40 ЛЕТ

А. Б. Птицын, О. В. Корсун

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

Статья посвящена 40-летию юбилею ИПРЭК СО РАН. Кратко описана история создания института, задачи, поставленные перед ним Президиумом СО АН СССР. Современные направления исследований отражены в докладах юбилейной конференции, проведенной в августе – сентябре 2021 г. Приводятся наиболее яркие результаты, имеющие мировое значение, а также география прикладных экологических работ, выполненных в Забайкальском крае. Приведен список перспективных направлений исследований, включенных в планы института.

Ключевые слова: юбилей, история, конференция, достижения, планы.

TO THE 40TH ANNIVERSARY OF IPREK SB RAS

A. P. Ptitsyn, O. V. Korsun

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

The article is devoted to the 40th anniversary of IPREK SB RAS. The history of the institute's creation and tasks set for it by the Presidium of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences are briefly described. Modern research directions are reflected in reports of the anniversary conference held in August–September 2021. The most striking results of world significance are presented, as well as the geography of applied environmental works performed in the Trans-Baikal Territory. The list of advanced research directions included in the plans of the Institute is given.

Keywords: anniversary, history, conference, achievements.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-4-113-115

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (первоначально Читинский институт природных ресурсов СО АН СССР) организован в соответствии с постановлением Совета министров РСФСР в 1981 г. (рис. 1). Приоритетными объектами исследований на первом этапе работы института были названы Удоканское медное месторождение и читинский участок зоны БАМ, насыщенный месторождениями полезных ископаемых (медные и железо-титан-ванадиевые руды, редкие металлы, коксующийся уголь и др.). Первым директором института был д. г.-м. н., проф. Федор Петрович Кренделев, впоследствии избранный членом-корреспондентом АН СССР (рис. 2).

В дальнейшем институт накапливал мультидисциплинарность и по широте тематик исследований,

и по кадровому потенциалу. Таким образом, в настоящее время ИПРЭК СО РАН способен решать комплексные задачи как фундаментального, так и прикладного характера. Это наглядно показали юбилейные мероприятия 2021 г.: II Всероссийская конференция с международным участием «Эволюция биосферы и техногенез», VIII Всероссийский симпозиум с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий», XV Всероссийские чтения памяти акад. А. Е. Ферсмана «Рациональное природопользование, современное минералообразование», на которых был рассмотрен широкий круг вопросов. Примером высокой оценки мероприятий можно считать слова чл.-кор. РАН Н. А. Горячева, отметившего, что организаторы конференции постарались сохранить идеи В. И. Вернадского о принципах функционирования биосферы и о роли человечества как мощной геологической силы.

Столь разнообразная тематика юбилейных мероприятий выбрана неслучайно. Многие проблемы современной геоэкологии – и фундаментальные, и вполне прикладные – носят комплексный характер. Присущая В. И. Вернадскому широта научных взглядов, стремление видеть связи между явлениями планетарного масштаба – та парадигма, которая приобретает еще большее значение для науки XXI в.

Кратко сформулируем ключевые идеи «вернадскианской революции», лежащие в основе развиваемых институтом направлений и рассматривавшиеся в рамках юбилейной конференции. Динамическое равновесие в биосфере опирается на систему круговоротов, созданных и поддержи-



Рис. 1. Здание ИПРЭК СО РАН



Рис. 2. Ф. П. Кренделев в химической лаборатории института

ваемых биосферой. Эти круговороты охватывают не только приповерхностную зону Земли – экзосферу, но и глубинные горизонты. Эволюция биосферы как саморазвивающейся системы – часть эволюции Земли от зарождения жизни до появления человека и формирования техносферы. Понимание общей тенденции этой эволюции и отдельных ее этапов важно для получения фундаментальных знаний, а также в практическом плане для прогнозирования будущего человечества и всей биосферы. Интенсификация техногенного воздействия на биосферу, достигшего, как писал В. И. Вернадский [1], к началу XX в. масштабов геологических процессов, угрожает ее устойчивости.

Устойчивость природных геосистем вследствие деятельности человека в пределах горнопромышленных территорий в значительной мере обусловлена процессами миграции и концентрирования химических элементов в ландшафте. Поскольку основной формой их нахождения в косной части ландшафта является минерал, познание минераль-

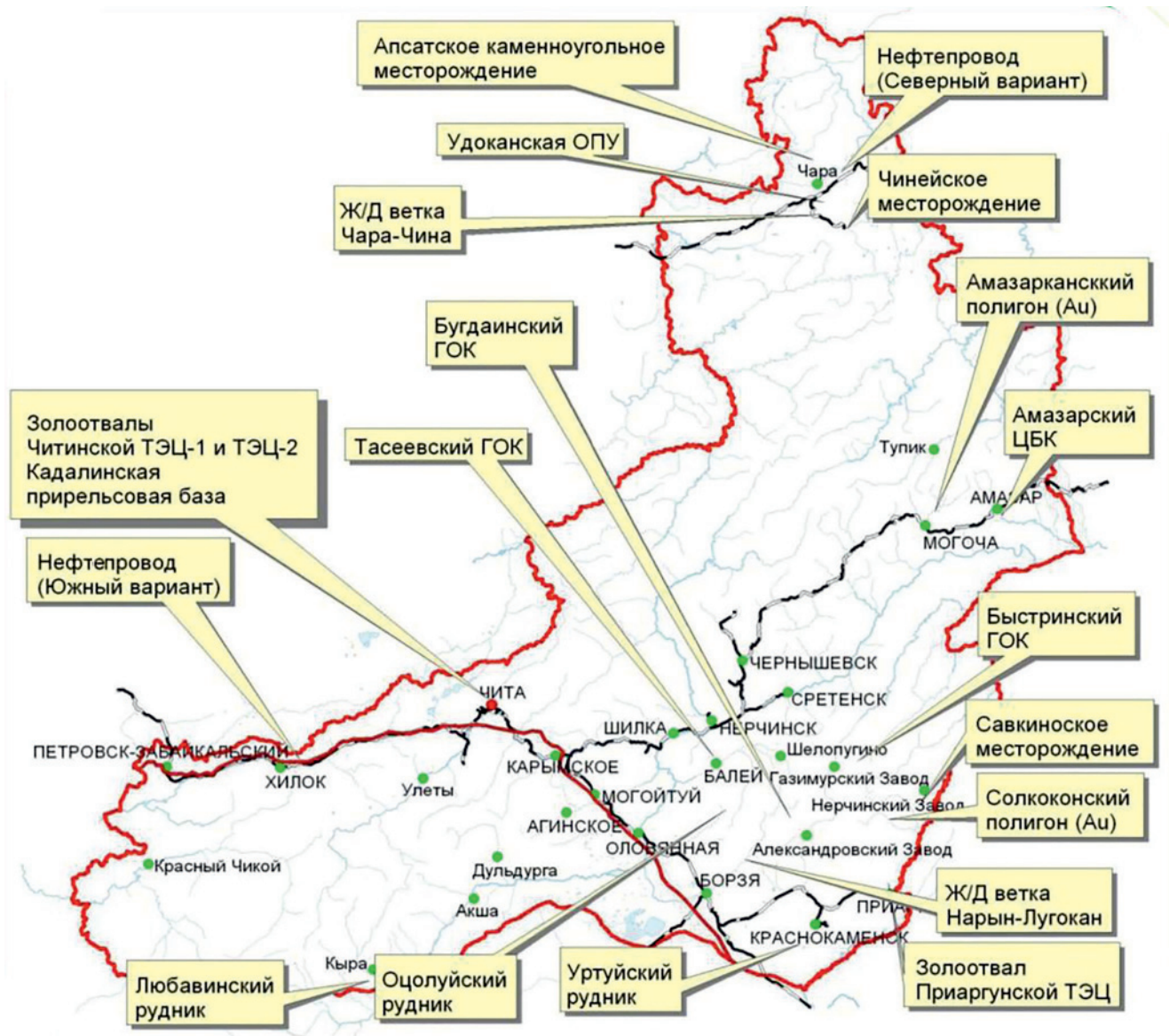


Рис. 3. География прикладных исследований ИПРЭК СО РАН



ных форм химических элементов, определяющих вероятность их перехода в миграционное состояние, чрезвычайно важно для прогноза воздействия их форм и концентраций на состояние природной окружающей среды и социум. В связи с тем, что основной источник химических элементов в ландшафте – месторождения полезных ископаемых, важно знание их геологии и минералогии, а также закономерностей размещения и условий их образования. В процессе добычи минерального сырья возникают техногенные массивы отходов горного производства, преобразующиеся в ходе современного минералообразования в геотехногенные месторождения, познание и способы использования которых представляет собой важную научную и прикладную геоэкологическую задачу.

В своей деятельности институт сочетает фундаментальные исследования с прикладными работами [2], которые охватывают практически всю территорию Забайкальского края (рис. 3). Это дает принципиально новые результаты более высокого порядка. Примером эффективности такого подхода может служить обнаружение в Забайкалье остатков юрского растительноядного динозавра *Kulindadromeus zabaikalicus*, изучение которого позволило описать единственный в настоящее время в мире вид оперенных птицеподобных динозавров [3]. Эта находка вошла в Топ-10 самых значимых открытий 2014 г. по версии журнала «Science». Результатом данной работы стало не только написание статей и глав в монографиях (совместно с российскими и зарубежными коллегами), но и создание в Забайкальском крае особо охраняемой природной территории – учебно-научного стационара «Кулинда» общей площадью 86,72 га.

Из перспективных направлений исследований института назовем следующие.

1. Изучение гидрогеохимических особенностей и биоразнообразия криптобиосферы – скрытых, неясных окраин биосферы, к которым относятся незамерзающие растворы зоны многолетней мерзлоты, тонкие водные пленки в гетерогенных тонкодисперсных системах, холодные подземные воды, не имеющие прямой связи с основной биосферой.

2. Исследование термодинамических аспектов динамики природных вод. Вода, наряду с кислоро-

дом воздуха, является важнейшим фактором эволюции биосферы и может быть отнесена к параметрам неравновесной термодинамики.

3. Поиск новых эффективных комплексных индикаторов эволюции биосферы в условиях меняющегося климата и возрастающей техногенной нагрузки.

4. Изучение региональных особенностей эволюции биосферы, поскольку не только климат имеет региональные особенности и характеризуется пространственной пестротой, но и эволюция биосферы, связанная с ним, также неравномерна в пространстве.

5. Изучение функциональной эволюции отдельных биогеохимических систем в зависимости от динамики гидрологического состояния территории и термодинамической активности воды.

По большинству перечисленных направлений ИПРЭК СО РАН имеет существенные научные заделы и является признанным лидером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В. И. Очерки геохимии. – М.: Госиздат, 1927. – 368 с.
2. Птицын А. Б. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН // Учен. зап. ЗабГУ. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 166–174.
3. Jurassic ornithischian dinosaur from Siberia with both feathers and scales / P. Godefroit, S. M. Sinititsa, D. Dhauailly, et al. // Science. – 2014. – Vol. 345. – P. 451–455.

REFERENCES

1. Vernadskiy V.I. *Ocherki geokhimii* [Sketches on Geochemistry]. Moscow, Gosizdat Publ., 1927. 368 p. (In Russ.).
2. Ptitsyn A.B. [Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences: yesterday and today]. *Uchenyye zapiski ZabGU – Scholarly Notes of Transbaikalian State University*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 166–174. (In Russ.)
3. Godefroit P., Sinititsa S.M., Dhauailly D., et al. Jurassic ornithischian dinosaur from Siberia with both feathers and scales. *Science*, 2014, vol. 345, pp. 451–455.

© А. Б.Птицын, О. В.Корсун, 2021



НЕСТАРЕЮЩИЙ СТАРЕЙШИНА (к 90-летию профессора Николая Владимировича Мельникова)

AGELESS ELDER to the 90th anniversary of professor Nikolay MELNIKOV

7 декабря 2021 года свой девяностый день рождения отмечает главный научный сотрудник АО «СНИИГГиМС», доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный геолог РФ Николай Владимирович Мельников. Старейшиной нашего сегодняшнего юбиляра можно назвать с полным – и даже более того – основанием: его научный стаж к настоящему моменту насчитывает 67 лет, и все они прошли в штате одной-единственной организации – нашего института. Пусть никого не смущает тот факт, что самому институту лишь 64. Когда 22-летний выпускник Молотовского (ныне Пермского) университета пришел в 1954-м году на работу в Сибирский филиал ВНИГРИ в Томске, он не мог предполагать, что через три года этот коллектив переедет в Новосибирск и станет называться СНИИГГиМСом.

Наш журнал за 11 лет существования уже в третий раз имеет возможность поздравить одного из членов редколлегии с очередным юбилеем. Отсылаем читателей к выпускам № 4 за 2011 и 2016 гг., где достаточно подробно рассказывалось о Николае Владимировиче как о выдающемся сибирском ученом в области нефтяной геологии и как о замечательном человеке, основавшем не только научную школу, но и научную династию. Казалось бы, что можно добавить к научной биографии человека после 85, тем более что эти годы отнюдь

нельзя назвать особо благоприятными для развития нефтегазовой геолого-разведочной науки. Но территория Сибирской платформы, изучению нефтяных богатств которой наш юбиляр отдал почти полвека и которую он знает как никто, по-прежнему в центре внимания, когда речь идет о перспективах отечественной ресурсной базы углеводородного сырья. И вот красноречивые цифры: за прошедшие пять лет Николаем Владимировичем опубликовано около десятка статей по вполне актуальным вопросам, относящимся к совершенно конкретным участкам недр, издана одна крупная монография и подготовлена к печати другая. Это показывает, что и сейчас его легендарная память позволяет быть в курсе всех текущих полевых дел, включая фактические материалы.

Сегодня, когда весь мир заиклен на проблеме борьбы с вирусной пандемией, нам хочется как никогда горячо и искренне пожелать нашему старейшине, чтобы его не затронула ни эта, ни какая-то другая напасть. И дальнейшего продолжения творческой работы, без которой он жизни не представляет.

Естественно, что редакция журнала присоединяется к многочисленным поздравлениям и пожеланиям, поступившим в адрес Николая Владимировича. Будем рады видеть на наших страницах его новые работы.

От редакции



НАШИ АВТОРЫ

БОЛЬШИЯНОВ Дмитрий Юрьевич, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Санкт-Петербург, Россия, вед. науч. сотр., д. г. н. *E-mail: bolshyanov@aari.ru*

БОСТРИКОВ Олег Игоревич, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Москва, Россия, вед. науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: Oleg_Bostrikov@vsegei.ru*

ВАХРОМЕЕВ Андрей Гелиевич, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия, профессор; Институт земной коры (ИЗК) СО РАН, зав. лабораторией, д. г.-м. н. *E-mail: andreyigp@mail.ru*

ГЛАЗЫРИН Павел Андреевич, Новосибирский государственный университет (НГУ), Новосибирск, Россия, бакалавр. *E-mail: GlazyrinPA@ipgg.sbras.ru*

ГОЛОВИНА Екатерина Ильинична, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, доцент, к. э. н. *E-mail: golova2107@mail.ru*

ГОНТА Тарас Викторович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: GontaTV@ipgg.sbras.ru*

ДАНИЛОВСКИЙ Кирилл Николаевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр.; Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, инженер 1-й кат. *E-mail: anilovskiiKN@ipgg.sbras.ru*

ДЕЕВ Евгений Викторович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., д. г.-м. н.; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, доцент. *E-mail: DeevEV@ipgg.ngs.ru*

ЕМЕЛЬЯНОВ Дмитрий Васильевич, АО «РН-Няганьнефтегаз», Нягань, Россия, зам. ген. директора, гл. геолог. *E-mail: dasidorov3@rosneft.ru*

КОРСУН Олег Валерьевич, Институт природных ресурсов, экологии и криологии (ИПРЭК) СО РАН, Чита, Россия, зам. директора к. биол. н. *E-mail: olegkorsun@mail.ru*

ЛАПИНА Людмила Викторовна, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия, нач. отдела. *E-mail: lvlapina@tnnc.rosneft.ru*

ЛАПКОВСКАЯ Анита Александровна, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, инженер; Новосибирский государственный университет (НГУ), Новосибирск, Россия, студент. *E-mail: lapkovskayaanya@gmail.com*

ЛЕОНЕНКО Артем Русланович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, инженер; Новосибирский государственный университет (НГУ), Новосибирск, Россия. *E-mail: LeonenkoArt@gmail.com*

МАСЛОВА Ольга Александровна, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия, инженер, к. г.-м. н. *E-mail: oly_8@ngs.ru*

МЕЛЬНИКОВ Леонид Павлович, АО «РН-Няганьнефтегаз», Нягань, Россия, нач. управления. *E-mail: LPMelnikov@nng.rosneft.ru*

МОСКВИН Валерий Иванович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., д. г.-м. н., проф. *E-mail: MoskvinVI@ipgg.sbras.ru*

ОБУТ Ольга Тимофеевна, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: obutot@ipgg.sbras.ru*

ПЕТРОВ Алексей Михайлович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр.; Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, геолог 1-й кат. *E-mail: PetrovAM@ipgg.sbras.ru*

ПЕЧЕРИЧЕНКО Дмитрий Андреевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, инженер. *E-mail: PecherichenkoDA@ipgg.sbras.ru*

ПОПОВ Борис Михайлович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, аспирант. *E-mail: PopovBM@ipgg.sbras.ru*

ПТИЦЫН Алексей Борисович, Институт природных ресурсов, экологии и криологии (ИПРЭК) СО РАН, Чита, Россия, гл. науч. сотр., д. г.-м. н., акад. МАМР. *E-mail: aleksei_pticyn@mail.ru*

САПЬЯНИК Виктор Васильевич, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, нач. отдела, к. г.-м. н. *E-mail: sapjanik@sniiggiims.ru*

СЕННИКОВ Николай Валерианович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, зав. лабораторией, д. г.-м. н. *E-mail: sennikovnv@ipgg.sbras.ru*



СИДОРОВ Дмитрий Анатольевич, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия, эксперт, к. г.-м. н. *E-mail: dasidorov3@rosneft.ru*

СМИРНОВ Максим Юрьевич, Москва, Россия, Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт (ВНИГНИ), зам. директора, к. г.-м. н. *E-mail: smirnov@vnigni.ru*

СУХОРУКОВА Карина Владимировна, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, гл. науч. сотр.; Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. эксперт; д. т. н. *E-mail: SuhorukovaKV@ipgg.sbras.ru*

ТАРАБАРИНОВА Татьяна Анатольевна, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, доцент, к. э. н. *E-mail: Tarabarinova_TA@pers.spmi.ru*

ТИМОХИН Александр Владиленович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: TimokhinAV@ipgg.sbras.ru*

ФЕДОРОВ Дмитрий Александрович, АО «РН-Няганьнефтегаз», Нягань, Россия, нач. отдела. *E-mail: dafedorov3@nng.rosneft.ru*

ФЕДОСЕЕВ Гелий Сергеевич, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр., к. г.-м. н., доцент. *E-mail: fedoseev@igm.nsc.ru*

ХОЛМАНСКИХ Надежда Владимировна, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия, гл. специалист. *E-mail: nvkholmanskikh@tnnc.rosneft.ru*

ХОМИЧЕВ Валентин Леонидович, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия, д. г.-м. н. *E-mail: journal@sniiggims.ru*

ШЕМИН Георгий Георгиевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, гл. науч. сотр., д. г.-м. н. *E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru*



OUR AUTHORS

BOLSHIYANOV Dmitriy, DSc, Arctic and Antarctic Research Institute of Russian Federal Service for Hydrometeorology and environmental monitoring, Saint Petersburg, Russia. *E-mail: bolshiyanov@aari.ru*

BOSTRIKOV Oleg, PhD, Karpinsky Russian Geological Institute, Moscow, Russia. *E-mail: Oleg_Bostrikov@vsegei.ru*

DANILOVSKIY Kirill, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk, Russia; Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: DanilovskiiKN@ipgg.sbras.ru*

DEEV Evgeniy, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS; Novosibirsk State University (NSU), Novosibirsk, Russia. *E-mail: DeevEV@ipgg.ngs.ru*

FEDOROV Dmitriy, RN-Nyaganneftegaz JSC, Nyagan, Russia. *E-mail: dafedorov3@nng.rosneft.ru*

FEDOSEEV Geliy, PhD, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy (IGM) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: fedoseev@igm.nsc.ru*

GLAZYRIN Pavel, Novosibirsk State University (NSU), Novosibirsk, Russia. *E-mail: GlazyrinPA@ipgg.sbras.ru*

GOLOVINA Ekaterina, PhD, St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia. *E-mail: golova2107@mail.ru*

GONTA Taras, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: GontaTV@ipgg.sbras.ru*

KHOLMANSEKH Nadezhda, Tyumen Petroleum Research Centre LLC, Tyumen, Russia. *E-mail: nvkholmanskih@tnnc.rosneft.ru*

KHOMICHEV Valentin, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia. *E-mail: journal@sniiggims.ru*

KORSUN Oleg, PhD, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology (IPREK) SB RAS, Chita, Russia. *E-mail: oleg-korsun@mail.ru*

LAPINA Lyudmila, Tyumen Petroleum Research Centre LLC, Tyumen, Russia. *E-mail: lvlapina@tnnc.rosneft.ru*

LAPKOVSKAYA Anita, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. *E-mail: lapkovskayaanya@gmail.com*

LEONENKO Artem, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. *E-mail: LeonenkoArt@gmail.com*

MASLOVA Olga, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: oly_8@ngs.ru*

MELNIKOV Leonid, RN-Nyaganneftegaz JSC, Nyagan, Russia. *E-mail: LPMelnikov@nng.rosneft.ru*

MOSKVIN Valeriy, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *Email: MoskviniVI@ipgg.sbras.ru*

OBUT Olga, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS; Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. *E-mail: obutot@ipgg.sbras.ru*

PECHERICHENKO Dmitriy, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: PecherichenkoDA@ipgg.sbras.ru*

PETROV Aleksey, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS; Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: PetrovAM@ipgg.sbras.ru*

POPOV Boris, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: PopovBM@ipgg.sbras.ru*

PTITSYN Aleksey, DSc, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology (IPREK) SB RAS, Chita, Russia. *E-mail: aleksei_ptitsyn@mail.ru*

SAPYANIK Viktor, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: sapjanik@sniiggims.ru*

SENNIKOV Nikolay, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS; Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. *E-mail: sennikovnv@ipgg.sbras.ru*

SHEMIN Georgiy, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru*

SIDOROV Dmitriy, PhD, Tyumen Petroleum Research Centre LLC, Tyumen, Russia. *E-mail: dasidorov3@rosneft.ru*

SMIRNOV Maksim, PhD, Karpinsky Russian Geological Institute, Moscow, Russia. *E-mail: smirnov@vnigni.ru*



SUKHORUKOVA Karina, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS; Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS); Novosibirsk, Russia. *E-mail: SuhorukovaKV@ipgg.sbras.ru*

TARABARINOVA Tatyana, PhD, St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia. *E-mail: Tarabarinova_TA@pers.spmi.ru*

TIMOKHIN Aleksandr, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) of SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: TimokhinAV@ipgg.sbras.ru*

VAKHROMEEV Andrey, DSc, Irkutsk National Research Technical University, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia. *E-mail: andreyigp@mail.ru*

YEMELYANOV Dmitriy, RN-Nyaganneftegaz JSC, Nyagan, Russia. *E-mail: dasidorov3@rosneft.ru*



АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ» ЗА 2021 Г.

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

- Л. А. Глинских. Остракоды и биостратиграфия нижне-среднеюрских отложений Ямала (север Западной Сибири) № 3
- Т. В. Гонга, А. В. Тимохин, О. А. Маслова. Биостратиграфия верхнего ордовика бассейна р. Чуня (правый приток р. Подкаменная Тунгуска, Сибирская платформа) № 4
- В. А. Маринов, А. С. Алифиров, В. А. Бумагина, А. Е. Игольников, А. И. Кудаманов, Э. Б. Авраменко, М. А. Грищенко, М. Д. Смышляева. Стратиграфия и условия формирования келловейских и верхнеюрских отложений центральной части Казым-Кондинского района (Западная Сибирь) № 2
- Д. А. Печериченко, О. Т. Обут, Н. В. Сенников. Новые данные по верхнеордовикским конодонтам гурьяновской свиты северо-востока Горного Алтая № 4
- В. М. Подобина. Новые сведения по биостратиграфии и фораминиферам альба Западной Сибири № 2
- В. М. Подобина, Г. М. Татьяна. Пограничные отложения турона – коньяка Западной Сибири (по данным изучения фораминифер) № 1
- Б. М. Попов. Биостратиграфическое значение остракод верхнего девона северо-западной части окраины Кузнецкого бассейна (р. Томь, юго-восток Западной Сибири) № 4
- В. Л. Хомичев. Вертикальная зональность медно-молибденовой формации Кузнецкого Алатау (Хакасия) № 3
- В. Л. Хомичев, Н. Е. Егорова. Дефекты магмоформационного анализа № 1
- Д. Г. Маликов, С. Е. Голованов. Реконструкция ландшафтов Предалтайской равнины в позднем неоплейстоцене по данным фауны мелких млекопитающих № 1

Нефтегазовая геология

- М. Ю. Зубков. Моделирование формирования коллекторов в кремнистых известняках под воздействием гидротермальных флюидов (серии с H_2O_2 , HCl и солями) № 1
- Л. А. Максимов, Г. В. Ведерников. Применение технологии пассивно-активной сейсморазведки МОГТ (ПАС МОГТ) для региональной оценки нефтегазоносности Степановского куполовидного поднятия Восточно-Пайдугинской впадины № 2
- А. А. Рясной, В. Ю. Прокофьев. Условия формирования вторичных доломитов нижнего силура и особенности распределения в них пустотного пространства (северо-восток Тунгусской синеклизы) № 2
- В. В. Сапьяник, Е. Ю. Лаптева, Е. В. Любутина, А. И. Недоспасов, П. И. Новиков, Н. В. Петрова, А. В. Фатеев, А. П. Хилько. Геодинамика осадочного чехла и перспективы нефтегазоносности восточной территории Томской области № 3
- Д. А. Сидоров, Л. В. Лапина, Н. В. Холманских, Д. В. Емельянов, Л. П. Мельников, Д. А. Федоров. Геологическое строение доюрского основания центральной части Красноленинского свода в свете новых геолого-геофизических данных № 4
- В. С. Ситников, Р. Ф. Севостьянова, К. А. Павлова. Эволюция представлений о строении ловушек нефти и газа при изучении нефтегазоносных недр на территории Западной Якутии № 1
- Д. А. Токарев, А. В. Плюснин, А. А. Терлеев, Н. А. Иванова, И. В. Вараксина, А. В. Липянина. Новые результаты комплексного литолого-фациального и биостратиграфического изучения осинского горизонта нижнего кембрия юга Сибирской платформы (Большетирская скв. 7) № 2
- Г. Г. Шемин, П. А. Глазырин, А. Г. Вахромеев, О. И. Бостриков, Е. В. Деев, М. Ю. Смирнов, В. В. Сапьяник, В. И. Москвин. Количественный прогноз нефтегазоносности глубокопогруженных региональных резервуаров нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и восточной части Гыданской нефтегазоносных областей сибирского сектора Арктики № 4

Геофизика, геофизическое приборостроение

- А. С. Ефимов, Е. В. Мосягин. Анализ и совершенствование методов поисковой сейсморазведки в Восточной Сибири № 1
- Е. В. Мосягин, А. С. Ефимов. О речной сейсморазведке: история, опыт применения, возможности на современном этапе исследований Сибирской платформы № 3
- А. М. Петров, К. Н. Даниловский, К. В. Сухорукова, А. Р. Леоненко, А. А. Лапковская. Нейросетевой подход к экспресс-моделированию сигналов электрокаротажа в реалистичных моделях сложнопостроенных терригенных отложений № 4
- А. М. Санчаа, Н. Н. Неведрова, Н. В. Штабель. Глубинное строение разломной зоны на участке Мухор-Тархата Чуйской впадины по данным нестационарных электромагнитных зондирований с использованием трехмерного моделирования № 2



С. Н. Смолин, Г. М. Митрофанов. Поиск залежей углеводородов в порово-трещинных коллекторах с применением технологии Прони	№ 1
А. П. Сысоев. Обоснование параметров системы полевых наблюдений МОГТ 3D	№ 3
Е. А. Хогоев, Е. Е. Хогоева, М. Л. Шемякин. О возможности использования эмиссии микросейсм при поиске нефтегазовых месторождений на примере Чайкинской площади	№ 1
М. И. Эпов, В. Н. Глинских, М. Н. Никитенко, К. В. Сухорукова, Д. И. Горносталев, И. В. Михайлов. Новый метод импульсного электромагнитного каротажного зондирования: картирование баженовской свиты из юрских коллекторов, вскрытых наклонно-горизонтальными скважинами	№ 3
А. С. Юнашева, Б. Н. Недомовный, Е. В. Мосягин, М. Н. Шапорина. Пример построения и уточнения глупинно-скоростной модели с применением миграционных и томографических преобразований	№ 2

Минерагения, рудные и нерудные месторождения

С. С. Долгушин, А. П. Долгушин. Роль рудных магм в образовании месторождений	№ 2
А. В. Малютина, Ю. О. Редин, А. С. Гибшер, В. П. Мокрушников. Пространственно-временные и генетические соотношения золоторудной и ртутно-сурьмяной минерализаций на Hg-Sb-золотосодержащем месторождении Чаувай (Киргизия): геология, минералогия руд и особенности гидротермально-метасоматических процессов	№ 3
П. П. Сафронов, И. В. Кузнецова. Аутигенное минералообразование как объективный фактор трансформации техногенных россыпей	№ 3
В. Л. Хомичев. Дефекты рудноформационного анализа	№ 2
В. Л. Хомичев. «Рудная магма». Что это с позиции гранитной рудно-магматической системы?	№ 4

Литология, петрография, минералогия, геохимия

Г. А. Леонова, М. С. Мельгунов, К. А. Мезина, А. Е. Мальцев, Ю. И. Прейс. Природные радиоизотопы и ¹³⁷ Cs в разрезе Шерстобитовского верхового болота Барабинской лесостепи (Западная Сибирь)	№ 1
--	-----

Экономика и управление

О. С. Краснов, В. А. Салихов. Перспективы решения проблем экономического и социально-экологического развития Кемеровской области за счет формирования кластеров	№ 3
М. Ю. Скузоватов, Д. В. Миляев, Д. И. Душенин. Особенности геологического изучения и освоения залежей с трудноизвлекаемыми запасами в доюрском комплексе Западной Сибири применительно к опыту геолого-экономической оценки	№ 3
Т. А. Тарабарина, Е. И. Головина. Капитализация минеральных ресурсов как инновационная экологическая стратегия	№ 4

Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы

А. Р. Курчиков, М. В. Васькина, В. И. Козырев. Современное состояние ресурсного потенциала пресных подземных вод Ханты-Мансийского автономного округа	№ 1
П. Н. Соболев, А. И. Сурнин. О возможности увеличения ресурсов УВ сырья в центральной части Республики Саха (Якутия)	№ 2

Гипотезы и дискуссионные материалы

Г. С. Федосеев, Д. Ю. Большаянов. Ленские трованты: гипотеза и модель образования	№ 4
---	-----

Страницы истории

А. К. Захаркин. СНИИГГиМС – инициатор постановки нефтепоисковых электроразведочных работ ЗСБ на Сибирской платформе (исторический экскурс)	№ 3
А. Б. Птицын, О. В. Корсун. ИПРЭК СО РАН – 40 лет	№ 4

Персоналии

Ю. И. Лоскутов. Однокашник, коллега, друг. Памяти Геннадия Николаевича Черкасова	№ 2
О. В. Шиганова. Имя в профессии. Памяти Зои Яковлевны Сердюк	№ 2



ALPHABETICAL LIST OF ARTICLES IN 2021

Regional geology, stratigraphy, tectonics

- L. A. Glinskikh*. Ostracods and biostratigraphy of the Lower-Middle Jurassic deposits of Yamal (north of West Siberia) № 3
- T. V. Gonta, A. V. Timokhin, O. A. Maslova*. The Upper Ordovician biostratigraphy of the Chunya River basin (right tributary of the Podkamennaya Tunguska River, Siberian Platform) № 4
- D. G. Malikov, S. E. Golovanov*. Reconstruction of landscapes of the Pre-Altai Plain in the Late Neopleistocene based on data of small mammal fauna № 1
- V. A. Marinov, A. S. Alifirov, V. A. Bumagina, A. E. Igonnikov, A. I. Kudamanov, E. B. Avramenko, M. A. Grishchenko, M. D. Smyshlyaeva*. Stratigraphy and formation conditions of Callovian and Upper Jurassic deposits of the central part of the Kazym-Konda region (West Siberia) № 2
- V. L. Khomichev*. Vertical zoning of the copper-molybdenum formation of the Kuznetsk Alatau (Khakassia) № 3
- V. L. Khomichev, N. E. Egorova*. Defects of magma formation analysis № 1
- D. A. Pecherichenko, O. T. Obut, N. V. Sennikov*. A new data on Upper Ordovician conodonts from the Guryanovka Formation, northeast of Gorny Altai № 4
- V. M. Podobina*. New data on biostratigraphy and foraminifera of the Albion in West Siberia №2
- V. M. Podobina, G. M. Tatyannin*. Boundary deposits of The Turonian–Coniacian of Western Siberia (according to the foraminifera study data) № 1
- B. M. Popov*. Biostratigraphic significance of ostracods from the Upper Devonian of the northwestern Kuznetsk Basin (Tom River, South East of West Siberia) № 4

Petroleum geology

- L. A. Maksimov, G. V. Vedernikov*. Application of the technology of passive-active CDP survey (CDP PAS) for regional evaluation of petroleum potential of the Sepanovskoye dome-shaped uplift of the East Paidugina Depression № 2
- A. A. Rysanov, V. Yu. Prokofyev*. Conditions for the formation of secondary lower silurian dolomites and peculiarities of the distribution of void space in them (north-east of the Tunguska Syncline) № 2
- M. Yu. Zubkov*. Modeling of reservoir formation in siliceous limestones under the influence of hydrothermal fluids (series with H_2O_2 , HCl and salts) № 1
- V. V. Sapyanik, E. Yu. Lapteva, E. V. Lyubutina, A. I. Nedospasov, P. I. Novikov, N. V. Petrova, A. V. Fateev, A. P. Khilko*. Geodynamics of the sedimentary cover and oil-and-gas prospects of the Tomsk region eastern territory № 3
- D. A. Sidorov, L. V. Lapina, N. V. Kholmanskikh, D. V. Emelyanov, L. P. Melnikov, D. A. Fedorov*. Geological structure of the Pre-Jurassic Basement of the central part of the Krasnoleninsky Swell in the light of new geological and geophysical data № 4
- V. S. Sitnikov, R. F. Sevostyanova, K. A. Pavlova*. Evolution of concepts about the structure of oil and gas traps in the study of petroleum bearing subsurface resources in Western Yakutia № 1
- D. A. Tokarev, A. V. Plyusnin, A. A. Terleev, N. A. Ivanova, I. V. Varaksina, A. V. Lipyannina*. New results of integrated lithofacies and biostratigraphical study of the Lower Cambrian Osa Horizon in the south of the Siberian Platform (Bolshetirskaya 7 well) № 2
- G. G. Shemin, P. A. Glazyrin, A. G. Vakhromeev, O. I. Bostrikov, E. V. Deev, M. Yu. Smirnov, V. V. Sapyanik, V. I. Moskvina*. Petroleum potential quantitative forecast of deeply-buried regional reservoirs of the Lower Jurassic deposits within the Yenisei-Khatanga and eastern Gydan petroleum regions of the Siberian sector in the Arctic № 4

Geophysics, geophysical industry

- A. S. Efimov, E. V. Mosyagin*. Analysis and improvement of seismic exploration methods in Eastern Siberia № 1
- M. I. Epov, V. N. Glinskikh, M. N. Nikitenko, K. V. Sukhorukova, D. I. Gornostalev, I. V. Mikhailov*. New method of impulsive electromagnetic logging sounding: mapping of the Bazhenovskaya formation from Jurassic reservoirs penetrated by inclined-horizontal wells № 3
- E. A. Khogoev, E. E. Khogoeva, M. L. Shemyakin*. About the possibility of using the emission of microseisms in searching for oil and gas deposits, on the example of Chaikinskaya Area № 1
- E. V. Mosyagin, A. S. Efimov*. About water shooting: history, experience of application, feasibilities at the present stage of research of the Siberian platform № 3
- A. M. Petrov, K. N. Danilovskiy, K. V. Sukhorukova, A. R. Leonenko, A. A. Lapkovskaya*. Neural network-based approach to resistivity logs express simulation in realistic models of complex terrigenous sediments № 4
- A. M. Sanchaa, N. N. Nevedrova, N. V. Shtabel*. Deep structure of the fault zone in the Mukhor-Tarkata Site of the Chuya Depression according to non-stationary electromagnetic sounding data using three-dimensional modeling № 2
- S. N. Smolin, G. M. Mitrofanov*. Search for hydrocarbon accumulations in porous fractured reservoirs using the Prony technology № 1



- A. P. Sysoev. Substantiation of parameters of the 3D CDP field observation system № 3
A. S. Yunasheva, B. N. Nedomovnyy, E. V. Mosyagin, M. N. Shaporina. The example of construction and refinement of velocity-depth model using migration and tomographic transformations № 2

Lithology, petrography, mineralogy, geochemistry

- G. A. Leonova, M. S. Melgunov, K. A. Mezina, A. E. Maltsev, Yu. I. Preys, M. V. Rubanov. Natural radioisotopes and ^{137}Cs in the section of the Sherstobitovo peat bog of the Baraba forest-steppe (Western Siberia) № 1

Raw mineral resource base: current state and development prospects

- A. R. Kurchikov, M. V. Vashurina, V. I. Kozyrev. Current state of the resource potential of fresh groundwater of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug № 1
P. N. Sobolev, A. I. Surnin. About the possibility of HC resources increase in the central part of the Sakha Republic..... № 2

Minerogenesis, ore and non-metallic mineral resources

- S. S. Dolgushin, A. P. Dolgushin. Role of ore magmas in the formation of deposits №2
V. L. Khomichev. Defects of ore formation analysis № 2
V. L. Khomichev. "Ore magma". What is it from the standpoint of the granite ore-magmatic system? № 4
A. V. Malyutina, Yu. O. Redin, A. S. Gibsher, V. P. Mokrushnikov. Spatiotemporal and genetic relationships of gold ore and mercury-antimony mineralization at the Hg-Sb-gold-bearing Chauvai deposit (Kirghizia): geology, mineralogy of ores and features of hydrothermal-metasomatic processes № 3
P. P. Safronov, I. V. Kuznetsova. Autigenic mineral formation as an objective factor of transformation of technogenic placers № 3

Economics and Management of subsoil Resources Use

- O. S. Krasnov, V. A. Salikhov. Prospects for solving problems of economic and socio-ecological development of the Kemerovo region through the formation of clusters № 3
M. Yu. Skuzovatov, D. V. Milyaev, D. I. Dushenin. Features of geological study and development of accumulations with hard-to-recover reserves in the Pre-Jurassic play of West Siberia in relation to the experience of geological-economic appraisal № 3
T. A. Tarabarinova, E. I. Golovina. Capitalization of mineral resources as an innovation ecological strategy ... № 4

Pages of Our History

- A. P. Ptitsyn, O. V. Korsun. To the 40th anniversary of IPREK SB RAS № 4
A. K. Zakharkin. SNIIGGiMS as the initiator of setting-up an oil-prospecting electric exploration of near-field time-domain electromagnetic sounding on the Siberian platform (historical insight) № 3

Personalia

- Yu. I. Loskutov. Messmate, colleague, friend. In memoriam of Gennadiy Cherkasov № 2
O. V. Shiganova. Name in the profession. In memoriam of Zoya Serdyuk № 2



АВТОРЫ ЖУРНАЛА

«ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ»
ЗА 2021 Г.

Авраменко Э. Б.	№ 2	Москвин В. И.	№ 4
Алифиров А. С.	№ 2	Мосягин Е. В.	№ 1,2,3
Большаинов Д. Ю.	№ 4	Неведрова Н. Н.	№ 2
Бостриков О. И.	№ 4	Недомовный Б. Н.	№ 2
Бумагина В. А.	№ 2	Недоспасов А. И.	№ 3
Вараксина И. В.	№ 2	Никитенко М. Н.	№ 3
Вахромеев А. Г.	№ 4	Новиков П. И.	№ 3
Вашурина М. В.	№ 1	Обут О. Т.	№ 4
Ведерников Г. В.	№ 2	Павлова К. А.	№ 1
Гибшер А. С.	№ 3	Петров А. М.	№ 4
Глазырин П. А.	№ 4	Петрова Н. В.	№ 3
Глинских В. Н.	№ 3	Печериченко Д. А.	№ 4
Глинских Л. А.	№ 3	Плюснин А. В.	№ 2
Голованов С. Е.	№ 1	Подобина В. М.	№ 1,2
Головина Е. И.	№ 4	Попов Б. М.	№ 4
Гонта Т. В.	№ 4	Прейс Ю. И.	№ 1
Горносталев Д. И.	№ 3	Прокофьев В. Ю.	№ 2
Грищенко М. А.	№ 2	Птицын А. Б.	№ 4
Даниловский К. Н.	№ 4	Редин Ю. О.	№ 3
Деев Е. В.	№ 4	Рясной А. А.	№ 2
Долгушин А. П.	№ 2	Салихов В. А.	№ 3
Долгушин С. С.	№ 2	Санчаа А. М.	№ 2
Душенин Д. И.	№ 3	Сапьяник В. В.	№ 3,4
Егорова Н. Е.	№ 1	Сафронов П. П.	№ 3
Емельянов Д. В.	№ 4	Севостьянова Р. Ф.	№ 1
Ефимов А. С.	№ 1,3	Сенников Н. В.	№ 4
Захаркин А. К.	№ 3	Сидоров Д. А.	№ 4
Зубков М. Ю.	№ 1	Ситников В. С.	№ 1
Иванова Н. А.	№ 2	Скузоватов М. Ю.	№ 3
Игольников А. Е.	№ 2	Смирнов М. Ю.	№ 4
Козырев В. И.	№ 1	Смолин С. Н.	№ 1
Корсун О. В.	№ 4	Смышляева М. Д.	№ 2
Краснов О. С.	№ 3	Соболев П. Н.	№ 2
Кудаманов А. И.	№ 2	Сурнин А. И.	№ 2
Кузнецова И. В.	№ 3	Сухорукова К. В.	№ 3,4
Курчиков А. Р.	№ 1	Сысоев А. П.	№ 3
Лапина Л. В.	№ 4	Тарабарина Т. А.	№ 4
Лапковская А. А.	№ 4	Татьянин Г. М.	№ 1
Лаптева Е. Ю.	№ 3	Терлеев А. А.	№ 2
Леоненко А. Р.	№ 4	Тимохин А. В.	№ 4
Леонова Г. А.	№ 1	Токарев Д. А.	№ 2
Липянина А. В.	№ 2	Фатеев А. В.	№ 3
Лоскутов Ю. И.	№ 2	Федоров Д. А.	№ 4
Любутина Е. В.	№ 3	Федосеев Г. С.	№ 4
Максимов Л. А.	№ 2	Хилько А. П.	№ 3
Маликов Д. Г.	№ 1	Хогоев Е. А.	№ 1
Мальцев А. Е.	№ 1	Хогоева Е. Е.	№ 1
Малютина А. В.	№ 3	Холманских Н. В.	№ 4
Маринов В. А.	№ 2	Хомичев В. Л.	№ 1,2,4
Маслова О. А.	№ 4	Шапорина М. Н.	№ 2
Мезина К. А.	№ 1	Шемин Г. Г.	№ 4
Мельгунов М. С.	№ 1	Шемякин М. Л.	№ 1
Мельников Л. П.	№ 4	Шиганова О. В.	№ 2
Миляев Д. В.	№ 3	Штабель Н. В.	№ 2
Митрофанов Г. М.	№ 1	Эпов М. И.	№ 3
Михайлов И. В.	№ 3	Юнашева А. С.	№ 2
Мокрушников В. П.	№ 3		



THE AUTHORS OF JOURNAL IN 2020

Alifirov A. S.	№ 2	Milyaev D. V.	№ 3
Avramenko E. B.	№ 2	Mitrofanov G. M.	№ 1
Bolshiyarov D. Yu.	№ 4	Mokrushnikov V. P.	№ 3
Bostrikov O. I.	№ 4	Moskvin V. I.	№ 4
Bumagina V. A.	№ 2	Mosyagin E. V.	№ 1,2,3
Danilovskiy K. N.	№ 4	Nedomovnyy B. N.	№ 2
Deev E. V.	№ 4	Nedospasov A. I.	№ 3
Dolgushin A. P.	№ 2	Nevedrova N. N.	№ 2
Dolgushin S. S.	№ 2	Nikitenko M. N.	№ 3
Dushenin D. I.	№ 3	Novikov P. I.	№ 3
Efimov A. S.	№ 1,3	Obut O. T.	№ 4
Egorova N. E.	№ 1	Pavlova K. A.	№ 1
Emelyanov D. V.	№ 4	Pecherichenko D. A.	№ 4
Epov M. I.	№ 3	Petrov A. M.	№ 4
Fateev A. V.	№ 3	Petrova N. V.	№ 3
Fedorov D. A.	№ 4	Plyusnin A. V.	№ 2
Fedoseev G. S.	№ 4	Podobina V. M.	№ 1,2
Gibsher A. S.	№ 3	Popov B. M.	№ 4
Glazyrin P. A.	№ 4	Preys Yu. I.	№ 1
Glinskikh L. A.	№ 3	Prokofyev V. Yu.	№ 2
Glinskikh V. N.	№ 3	Ptitsyn A. B.	№ 4
Golovanov S. E.	№ 1	Redin Yu. O.	№ 3
Golovina E. I.	№ 4	Ryasnoy A. A.	№ 2
Gonta T. V.	№ 4	Safronov P. P.	№ 3
Gornostalev D. I.	№ 3	Salikhov V. A.	№ 3
Grishchenko M. A.	№ 2	Sanchaa A. M.	№ 2
Igolnikov A. E.	№ 2	Sapyanik V. V.	№ 3,4
Ivanova N. A.	№ 2	Sennikov N. V.	№ 4
Khilko A. P.	№ 3	Sevostyanova R. F.	№ 1
Khogoev E. A.	№ 1	Shaporina M. N.	№ 2
Khogoeva E. E.	№ 1	Shemin G. G.	№ 4
Kholmanskikh N. V.	№ 4	Shemyakin M. L.	№ 1
Khomichev V. L.	№ 1,2,4	Shiganova O. V.	№ 2
Korsun O. V.	№ 4	Shtabel N. V.	№ 2
Kozyrev V. I.	№ 1	Sidorov D. A.	№ 4
Krasnov O. S.	№ 3	Sitnikov V. S.	№ 1
Kudamanov A. I.	№ 2	Skuzovatov M. Yu.	№ 3
Kurchikov A. R.	№ 1	Smirnov M. Yu.	№ 4
Kuznetsova I. V.	№ 3	Smolin S. N.	№ 1
Lapina L. V.	№ 4	Smyshlyaeva M. D.	№ 2
Lapkovskaya A. A.	№ 4	Sobolev P. N.	№ 2
Lapteva E. Yu.	№ 3	Sukhorukova K. V.	№ 3,4
Leonenko A. R.	№ 4	Surnin A. I.	№ 2
Leonova G. A.	№ 1	Sysoev A. P.	№ 3
Lipyanina A. V.	№ 2	Tarabarinova T. A.	№ 4
Loskutov Yu. I.	№ 2	Tatyanin G. M.	№ 1
Lyubutina E. V.	№ 3	Terleev A. A.	№ 2
Maksimov L. A.	№ 2	Timokhin A. V.	№ 4
Malikov D. G.	№ 1	Tokarev D. A.	№ 2
Maltsev A. E.	№ 1	Vakhromeev A. G.	№ 4
Malyutina A. V.	№ 3	Varaksina I. V.	№ 2
Marinov V. A.	№ 2	Vashurina M. V.	№ 1
Maslova O. A.	№ 4	Vedernikov G. V.	№ 2
Melgunov M. S.	№ 1	Yunasheva A. C.	№ 2
Melnikov L. P.	№ 4	Zakharkin A. K.	№ 3
Mezina K. A.	№ 1	Zubkov M. Yu.	№ 1
Mikhaylov I. V.	№ 3		

Подписано в печать 25.12.21. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м². Печать цифровая.
Тираж 100 экз. Гарнитура Calibri. Объем 14,67 печ. л. Заказ №
Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ПАО «Т8 Издательские Технологии»
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корпус 5.
Тел: 8 (495) 322 38 30
www.t8print.ru