



ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (35) ♦ 2018
Январь – март

Главный редактор –
д. г.-м. н. А. И. Варламов

Редакционная коллегия

Смирнов М. Ю., к.г.-м.н. (первый заместитель главного редактора)
Свиньин В. Ф. (отв. редактор)
Брехунцов А. М., д.г.-м.н. (Тюмень)
Герт А. А., д.э.н. (Новосибирск)
Голошубин Г., д.ф.-м.н., проф. (Хьюстон, США)
Добреев Н. Л., акад. РАН (Новосибирск)
Каменецкий Ф., проф. (Мюнхен, Германия)
Конторович А. Э., акад. РАН (Новосибирск)
Кулешов В. В., акад. РАН (Новосибирск)
Мельников Н. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Николаев А. В., чл.-корр. РАН (Москва)
Похиленко Н. П., акад. РАН (Новосибирск)
Птицын А. Б., д.г.-м.н. (Чита)
Сейфуль-Мулюков Р. Б., д.г.-м.н. (Москва)
Старосельцев В. С., д.г.-м.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)
Тригубович Г. М., д.т.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)
Шевченко А. А., к.г.-м.н., отв. секретарь (Новосибирск)
Шин Е. Ч., проф. (Инчхон, Республика Корея)
Элов М. И., акад. РАН (Новосибирск)

Редакционный совет

Алексеев Г. Ф., к.т.н. (Москва)
Будников И. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Васильев В. И., к.г.-м.н. (Иркутск)
Девятков В. П., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Ефимов А. С. (Новосибирск)
Жуков К. А., к.т.н. (Новосибирск)
Комаров А. В. (Томск)
Конторович В. А., чл.-корр. РАН (Новосибирск)
Краснов В. И., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Ларичев А. И., к.г.-м.н. (Санкт-Петербург)
Мизурский А. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Неволько А. И. (Новосибирск)
Рыльков С. А., к.г.-м.н. (Екатеринбург)
Сальников А. С., д.г.-м.н. (Новосибирск)
Смирнов Е. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Филипцов Ю. А., к.г.-м.н. (Красноярск)
Черных А. И., к.г.-м.н. (Москва)
Филатов В. В., д.ф.-м.н. (Новосибирск)
Шиганова О. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)
Шпильман А. В., к.г.-м.н. (Тюмень)
Шурыгин Б. Н., чл.-корр. РАН (Новосибирск)

Редакция

Воронина Т. А.
Изотова Е. С.
Першина М. В.

630091, Новосибирск,
Красный проспект, 67
Тел./факс (383) 221-75-52
E-mail: journal@sniiggims.ru
www.jourgimss.ru

Содержание

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

Я. М. Гутак, С. А. Родыгин, Л. Г. Перегоедов, С. Н. Макаренко, В. А. Антонова. Региональная стратиграфическая шкала девона западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая редакция) 3
Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, И. В. Котельникова. Нижнедевонские образования на территории учебного геологического полигона вузов Сибири в Хакасии: особенности строения, принципы картирования и корреляции 14
В. М. Подобина. Комплексы фораминифер и биостратиграфия альба Западной Сибири (п-ов Ямал) 24

Нефтегазовая геология

Г. Г. Шемин, А. В. Мизурский, М. Ю. Смирнов, А. Г. Вахрамеев, А. В. Поспеев. Комплексная характеристика и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа верхнедевонско-нижнекембрийского аллохтонного карбонатного макрокомплекса Предплатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) 32
В. С. Старосельцев, К. В. Старосельцев. О возможности дополнительных перспектив получения сланцевых углеводородов в Восточной Сибири 56
Ю. Н. Каргодин. Новый общий признак месторождений-гигантов 61
Л. В. Рябкова, О. Н. Лебедева, Н. В. Мангазеева. Перспективы нефтегазоносных комплексов осадочного чехла зоны сочленения Анабарской и Слюджерской нефтегазоносных областей 68
А. И. Сивцев, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева. Верхнеюрско-нижнемеловой нефтегазоносный комплекс востока Сибирской платформы 81

Минералогия, рудные и нерудные месторождения

В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев, В. В. Бабенко. Особо чистый жильный кварц – минеральное сырье полихронного и полигенного генезиса 88
Р. Х. Мансуров. Новый тип золоторудной минерализации на Енисейском крае 99

Геофизика, геофизическое приборостроение

Б. А. Канарейкин, Е. Ю. Гошко, Е. В. Мосягин, А. С. Сальников, А. В. Сагайдачный. Сейсморазведка – эффективный инструмент при поисках резервуаров подземных вод в горных условиях 110

Гидрогеология, геоэкология и мониторинг геологической среды

А. Д. Абалаков, Н. Б. Базарова. Воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду в Слюдянском районе Иркутской области 117

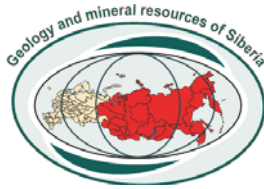
Гипотезы и дискуссионные материалы

И. А. Апанович. Синергетика – дополнение или основа в геологических науках будущего? 125

Персоналии

Памяти Геннадия Михайловича Голошубина 131
Наши авторы 132

ISSN 2078-0575



GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF SIBERIA

QUARTERLY SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

NI (35) ♦ 2018
January –
March

Editor
DSc A.I. Varlamov

Editorial board:

Smirnov M. Yu., PhD (senior associated editor)
Svinyin V. F. (executive editor)
Brekhtunsov A. M., DSc (Tyumen)
Gert A. A., DSc (Novosibirsk)
Goloshubin G., DSc, prof. (Houston, USA)
Dobretsov N. L., acad. RAS (Novosibirsk)
Kamenetskij F., prof. (Munich, Germany)
Kontorovich A. E., acad. RAS (Novosibirsk)
Kuleshov V. V., acad. RAS (Novosibirsk)
Melnikov N. V., DSc (Novosibirsk)
Nikolaev A. V., corr. memb. RAS (Moscow)
Pokhilenko N. P., acad. RAS (Novosibirsk)
Ptitsyn A. B., DSc (Chita)
Sejful'-Mulyukov R. B., DSc, prof. (Moscow)
Staroseltsev V. S., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk)
Trigubovich G. M., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk)
Shevtchenko A. A., PhD, executive secretary (Novosibirsk)
Shin E. Ch., PhD, Prof. (Incheon, Republic of Korea)
Eпов M. I., acad. RAS (Novosibirsk)

Editorial council:

Alekseev G. F., PhD (Moscow)
Budnikov I. V., PhD (Novosibirsk)
Vasilyev V. I., PhD (Irkutsk)
Devyatov V. P., DSc (Novosibirsk)
Efimov A. S. (Novosibirsk)
Komarov A. V. (Tomsk)
Kontorovich V. A., corr. memb. RAS (Novosibirsk)
Krasnov V. I., PhD (Novosibirsk)
Larichev A. I., PhD (St. Petersburg)
Migurskiy A. V., DSc (Novosibirsk)
Nevolko A. I. (Novosibirsk)
Rylkov S. A., PhD (Ekaterinburg)
Smirnov E. V., PhD (Novosibirsk)
Filipstov Yu. A., DSc (Krasnoyarsk)
Filatov V. A., DSc (Novosibirsk)
Chernykh F. I., PhD (Moscow)
Shiganova O. V., PhD (Novosibirsk)
Shpilman A. C., PhD (Tyumen)
Shurygin B. N., corr. memb. RAS (Novosibirsk)
Zhukov K. A., PhD (Novosibirsk)

Editorial staff

Voronina T. A.
Izotova E. S.
Pershina M. V.

Content

Regional Geology, Stratigraphy, Tectonics

- Ya. M. Gutak, S. A. Rodygin, L. G. Peregoedov, S. N. Makarenko, V. A. Antonova.* Regional stratigraphic scale of Devonian in the Western Altai-Sayany Folded Region (new edition) 3
- N. A. Makarenko, A. D. Kotelnikov, I. V. Kotelnikova.* Lower devonian formations of training geological ground of Siberian universities in Khakassia: structure features, mapping and correlation principles 14
- V. M. Podobina.* Foraminifera assemblages and Albian biostratigraphy of West Siberia (Yamal Peninsula) 24

Petroleum Geology

- G. G. Shemin, A. V. Migurskiy, M. Yu. Smirnov, A. G. Vakhrameev, A. V. Pospuev.* Comprehensive characteristics and quantitative assessment of prospects of petroleum content in the regional oil and gas reservoirs of the Upper Vendian – Lower Cambrian allochthonous carbon-bearing macrocomplex at the Predpatom regional trough (Siberian Platform) 32
- V. S. Staroseltsev, K. V. Staroseltsev.* On the possibility of additional production prospects for shale hydrocarbons in Eastern Siberia 56
- Yu. N. Karogodin.* New common feature of giant fields 61
- L. V. Ryabkova, O. N. Lebedeva, N. V. Mangazeeva.* Prospects of the sedimentary cover petroleum complexes in the areas of junction of the Anabar and Syugdzher petroleum regions 68
- A. I. Sivtsev, O. N. Chalaya, I. N. Zueva.* Upper Jurassic – Lower Cretaceous petroleum complex of the eastern Siberian Platform 81

Minerogenesis, ore and non-metallic mineral resources

- V. N. Ogorodnikov, Yu. A. Polenov, A. N. Savichev, V. V. Babenko.* High-purity vein quartz – mineral raw materials of polychronous and polygenous genesis 88
- R. Kh. Mansurov.* New type of gold ore mineralization within the Yenisey Ridge ... 99

Geophysics, Geophysical Industry

- B. A. Kanareikin, E. Yu. Goshko, E. V. Mosyagin, A. S. Salnikov, A. V. Sagaidachny.* Seismic exploration as an efficient instrument in searching for groundwater bodies under mountain conditions 110

Hydrogeology, Geoecology and Monitoring of the Geological Environment

- A. D. Abalakov, N. B. Bazarova.* Influence of mining industry on environment in the Slyudyanskiy District of Irkutsk Region 117

Controversial Issues and Hypotheses

- I. A. Apanovich.* Synergetics: addition or basis in geological sciences of future?.. 125

Personalia

- In memoriam of Gennadiy Goloshubin 131
- Our authors 134



РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ДЕВОНА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (НОВАЯ РЕДАКЦИЯ)

Я. М. Гутак¹, С. А. Родыгин², Л. Г. Перегоедов³, С. Н. Макаренко², В. А. Антонова¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия; ²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; ³Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Представлен проект региональных подразделений стратиграфической схемы западной части Алтае-Саянской складчатой области в ранге горизонтов. Работа подводит итог изучению стратиграфии девонской системы западной части Алтае-Саянской складчатой области за последние 38 лет. Используемые региональные горизонты распознаны и прослежены на всей исследуемой территории. Они положены в основу при составлении Государственной геологической карты России второго издания Кузбасской и Алтайской серии листов. Приведены характеристика предлагаемых горизонтов, обоснование их возраста, а также обзор предшествующих стратиграфических схем, существующие проблемы при разработке нового поколения стратиграфической схемы указанного региона. Изложена альтернативная точка зрения на наименование, стратиграфическое положение и последовательность региональных горизонтов.

Ключевые слова: девон, западная часть Алтае-Саянской складчатой области, региональные стратиграфические подразделения.

REGIONAL STRATIGRAPHIC SCALE OF DEVONIAN IN THE WESTERN ALTAI-SAYANY FOLDED REGION (NEW EDITION)

Ya. M. Gutak¹, S. A. Rodygin², L. G. Peregoedov³, S. N. Makarenko², V. A. Antonova¹

¹Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia; ²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia; ³Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The paper presents a project of regional stratigraphic units of the western Altai-Sayany folded regions in rang of horizons and sums up the studies of Devonian stratigraphy of the western Altai-Sayany folded region for the last 38 years. The regional horizons established by the authors are determined and traced over the whole region and are used in compiling of the second edition of the State geological map of Russia of the Kuzbass and Altai series sheets. The characteristics of the proposed horizons and justification of their age are given. The previous stratigraphic charts are reviewed. Some problems occur when a new generation of stratigraphic charts of the western Altai-Sayany folded region are drawn up. An alternative point of view on the name, stratigraphic position and sequence of the regional horizons is stated.

Keywords: Devonian, western Altai-Sayany folded region, regional stratigraphic units.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-3-13

В истории геологического изучения западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) региональные стратиграфические схемы для девонской системы составлялись три раза. Первый вариант отражал завершённый этап геологического изучения региона в м-бе 1:200 000 и был утверждён на Межведомственном совещании по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири во ВСЕГЕИ в 1956 г. [23].

Вскоре после этого в регионе началось массовое геологическое картирование м-ба 1:50 000, что потребовало детализации и корректировки прежних схем. Это было реализовано в 1964 г. в результате принятия на совещании по стратиграфии девона Сибири (Новосибирск) нового варианта региональной стратиграфической схемы, учитывающей новые данные крупномасштабных геологических съёмок [24, 26].

Третья редакция стратиграфической схемы региона была принята в 1979 г. на Всесоюзном совещании по разработке унифицированных стратигра-

фических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири [22]. Она уже 38 лет официально утверждена и используется в практике геологических работ.

Во всех случаях за основу региональной стратиграфической схемы девонских отложений западной части АССО принимались горизонты, установленные в разрезах северо-восточного Салаира (нижний – средний девон) и окраин Кузбасса (средний – верхний девон). Исходя из положений господствовавшей в то время в геологии России «геосинклинальной теории» подразумевалось, что эти регионы представляют собой окраины Кузнецкого прогиба с взаимопереходами между ними. Считалось, что разрезы Кузбасса непосредственно надстраивают (возможно, даже с частичным перекрытием) разрезы Салаира.

Принятая в 1979 г. региональная стратиграфическая схема девонских отложений западной части АССО де-юре действует до настоящего времени, хотя прошло уже без малого 40 лет. За это



время в регионе прекратились геолого-съёмочные работы крупного масштаба, в основном завершена работа над вторым поколением государственной геологической карты м-ба 1:200 000. Естественно, что и в области стратиграфии девонской системы региона накопилось много новых данных, требовавших осмысления. Было предпринято несколько попыток модификации существующей стратиграфической схемы, но каждый раз они завершались безрезультатно. Главной причиной такого положения дел стало полное отсутствие государственного финансирования подобных разработок в регионе.

Отсутствие усовершенствованного варианта стратиграфической схемы и одновременно начало работ по созданию второго поколения государственных геологических карт региона м-ба 1:200 000 побудили коллектив разработчиков легенды к поискам путей включения новых данных по геологии девонской системы в стратиграфическую схему. Результатом стала легенда к государственной геологической карте РФ (Алтайская и Кузбасская серии) утвержденные научно-редакционным советом (НРС) Министерства природных ресурсов РФ [17, 31]. Эти документы построены в виде матрицы и по своей сути представляют симбиоз схем: стратиграфической, корреляции магматических образований и тектонической [12]. Девонская часть стратиграфической схемы в этой легенде была существенно модернизирована. Она была рассмотрена и одобрена на заседании Сибирской региональной межведомственной стратиграфической комиссии (СибРМСК). При ее составлении были учтены результаты двух выездных сессий девонской комиссии МСК в Кузбассе в 1991 г. [29] и Рудном Алтае в 2000 г. [18].

Параллельно с начавшимися работами по созданию нового варианта среднemasштабных геологических карт региона было продолжено и составление корреляционных схем девонских отложений западной части АССО. Были организованы и проведены несколько рабочих совещаний девонской секции СибРМСК. Первое состоялось в Новосибирске в 2003 г. Оно было посвящено решению организационных вопросов и планированию дальнейших мероприятий. Уже на следующем рабочем совещании в Новокузнецке в 2005 г. [7] удалось в принципе согласовать корреляционную часть схемы и определить главные разногласия по структуре региональной шкалы. На последующих рабочих совещаниях 2012 и 2017 гг. в Новосибирске предпринимались попытки согласования единой позиции разработчиков схемы, но все они закончились безрезультатно. При этом четко обособились две точки зрения.

Первая, которой придерживаются авторы настоящей статьи, сохраняет в усовершенствованной схеме большую часть горизонтов, установленных предшественниками [13, 22, 25, 29 и др.].

Альтернативная точка зрения предполагает кардинальное изменение объема, ранга, стратигра-

фического положения, последовательности и наименования горизонтов [34]. Авторами данного варианта в иерархии региональных подразделений выделены категории надгоризонтов (шорский, теленгитский, телеутский, чатский), которым подчиняются горизонты. Всем горизонтам, кроме мамонтовского, даны новые названия. Низшим звеном региональной схемы значатся слои с фауной, которые в большей степени отвечают горизонтам региональной шкалы в традиционном для геологов понимании. Впрочем, и здесь достаточно нововведений: например, фабричные и буготагские слои. Слои с фауной автоматически следуют за последовательностью стандартных конодонтовых зон. Так, сухому горизонту соответствует конодонтовая зона *Caudicriodus hesperius*, и это при том, что до настоящего времени находок зональных конодонтов в типовом разрезе не известно. Томскозаводские слои отвечают зоне *Caudicriodus postwoschmidti*, петцевские, крековские, малобачатские, салаиркинские и раздольные слои – конодонтовой последовательности в объеме нескольких зон и т. д. При таком подходе полностью нивелируется событийный характер стратиграфической последовательности отложений в регионе. Не секрет, что выделявшиеся ранее горизонты соответствовали части трансгрессивно-регрессивных циклов седиментогенеза, а между циклами нередко признаки стратиграфических перерывов, например, в основании салаиркинского горизонта или в основании сухого.

Региональная схема западной части АССО составлена по двум опорным районам – Салаиру и северной окраине Кузбасса в зоне перехода к структурам Томь-Колыванской складчатой зоны. Оба региона тектонически разобщены и не имеют взаимопереходов. Согласно представлениям последнего времени Салаир рассматривается как крупный террейн, вдавленный в зону сочленения Кузнецкого прогиба и Томь-Колыванской складчатой зоны в мезозойское время (ранняя – средняя юра). Первичное формирование геологической структуры Салаира закончилось в начале живетского века среднего девона, а история Кузнецкого прогиба в это время только началась.

В стратиграфии девонской системы региона присутствуют две главнейшие проблемы. Первая касается нижней границы системы. Ряд исследователей [14, 20] полагает, что девонские отложения в регионе согласно надстраивают отложения пржидольского яруса верхнего силура (сухая свита). Другие, и их большинство [22], предполагают наличие перерыва между верхним силуром и нижним девоном. При этом разрез девона на Салаире начинается с той самой сухой свиты. Другими словами, перерыв в основании сухой свиты никем не отрицается, а вот относительный ее возраст оценивается по-разному. Причиной тому служит недостаточная изученность стратотипа сухой свиты. Известные там окаменелости (строматопороидеи, табуляты, ругозы, брахио-



поды, двустворчатые моллюски, остракоды) малоинформативны, встречаются в вышележащих отложениях нижнего девона (томьчумышская свита). Имеющиеся данные о составе комплексов конодонтов разреза сухой свиты полностью укладываются в рамки этой картины. В парастратотипическом разрезе свиты в южной стенке Толсточи́хинского карьера обнаружены конодонты *Pelekysgnathus serratus elatus* Carls et Gandl, *Pandorinellina philipi* (Klapper) [13], т. е. такие же, как в вышележащем томьчумышском горизонте. Они свидетельствуют о девонском возрасте отложений. Конодонты, обнаруженные Н. Г. Изох [2] в разрезе по р. Сухая у Гурьевска, подтверждают это. Следует обратить внимание и на очень малую мощность сухой свиты: в стратотипическом разрезе 40 м, в наиболее информативном разрезе по борту Толсточи́хинского карьера немногим больше 12 м. В геологическом плане накопление такой преимущественно терригенной толщи (конгломераты, гравелиты, песчаники) практически мгновенное. Мы, как и большинство исследователей, рассматриваем сухую свиту как базальный горизонт раннедевонского трансгрессивного цикла осадконакопления и включаем ее в состав томьчумышского горизонта.

Вторая проблема девонской стратиграфии (соотношение разрезов Салаира и Кузбасса) также пока однозначно не решена. На Салаире разрез завершается отложениями керлегешской и сафоновской свит живетского возраста. В Кузнецком прогибе девонский разрез начинается с отложений живетского яруса (барзасская, дмитриевско-перебойская, яйская, изылинская, мазаловско-китатская свиты). Возможны три варианта:

- разрез Кузбасса согласно надстраивает разрез Салаира;
- разрез Кузбасса частично перекрывает отложения Салаира (керлегешская и сафоновская свиты – аналоги слоев со *Stringocephalus* мазаловско-китатской свиты);
- между разрезами Кузбасса и Салаира имеется временное зияние.

Для решения этой проблемы нужно углубленное изучение фауны, в первую очередь конодонтов, типовых разрезов керлегешской и сафоновской свит Салаира. До настоящего времени конодонты в составе керлегешской свиты не найдены. Из бековских слоев сафоновской свиты известны конодонты, характерные для нижней и средней подзон зоны varcus: *Polygnathus parawebbi* Chatt. beta-Morph., *P. pseudofoliatus* Witt., *P. ovatinodosus* Ziegl. et Klapp., *Icriodus difficilis* Ziegl. et Klapp., *I. expansus* Br. et Mehl; ступенчатые слои этой свиты содержат комплекс конодонтов предположительно средней подзоны varcus: *Polygnathus I. linguiformis* Hinde epsilon-Morph., *P. I. linguiformis* Morph. indet., *Icriodus ex gr. expansus* Br. et Mehl [3, 13, 27]. По данным Л. М. Аксеновой и др. [1], нижние горизонты мазаловско-китатской свиты принадлежат к нижней

подзоне зоны varcus (нижняя часть среднего живета), поскольку в них обнаружены конодонты *Polygnathus timorensis* Klapper, Philip et Jackson, *Icriodus obliquimarginatus* Bischoff et Ziegler, *I. brevis* Stauffer, *Belodella devonica* (Stauffer).

Согласно изложенным данным, разрез Кузбасса частично перекрывает разрез Салаира. Перекрывание соответствует нижней и средней подзонам зоны varcus. Для подтверждения такого заключения желательны дополнительные исследования.

Горизонты стратиграфической схемы западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая редакция)

Разработанный и принятый СибРМСК проект региональной стратиграфической шкалы девонской системы западной части Алтае-Саянской складчатой области (см. рисунок) включает 17 региональных горизонтов (в схеме 1979 г. – 20 горизонтов [22]). Предлагаемая последовательность региональных горизонтов опубликована в 2017 г. в материалах IV Всероссийского совещания «Верхний палеозой России» [21]. К сожалению, небольшой объем тезисов сообщения не позволил нам дать развернутую характеристику. В настоящей статье мы пытаемся восполнить этот пробел.

Разрез девонской системы начинается томьчумышским горизонтом. В качестве базальных слоев в него включены отложения сухой свиты. Это решение продиктовано тем, что окаменелости сухой свиты (в том числе конодонты, как уже говорилось) идентичны окаменелостям в вышележащих слоях, а отложения сухой свиты имеют небольшую мощность и не выдержаны по простиранию. Относительный возраст горизонта по находкам конодонтовых комплексов в томьчумышских отложениях несколько удревлен по сравнению со схемой 1979 г. и примерно соответствует конодонтовым зонам *Caudicriodus hesperius* – *C. postwoschmidti* [10, 13]. Томьчумышский горизонт с несогласием залегает на отложениях лудловского яруса силура (потаповская свита). Вполне вероятно, что низам девона в объеме зоны *Caudicriodus hesperius* или ее части соответствует региональный перерыв в осадконакоплении.

Вышележащий петцевский горизонт (аналог нижнекрековских слоев) первоначально выделен группой сотрудников Института геологии нефти и газа (ИГНГ) СО РАН под руководством Е. А. Елкина в объеме верхней части зоны *Caudicriodus postwoschmidti* [11]. В настоящее время в связи с новыми находками конодонтов он понимается в интервале конодонтовых зон *Lanea omoalpha* – *L. transitans* (средняя часть лоховского яруса) [10]. Томьчумышский и петцевский горизонты составляют единый трансгрессивный цикл осадконакопления.

Разрез лоховского яруса венчает крековский горизонт [25]. Его объем в настоящее время определяется объемом конодонтовых зон *Ancyrodelloides trigonicus*, *Masaraella pandora* m. beta, *Pedavis gilberti*



Международная стратиграфическая шкала (2012)				Региональные стратиграфические подразделения 1979 г. (Решения..., 1982) [22]	Лона по брахиоподам (Решения..., 1982) [22]	Биозональный стандарт по конодонтам (Becker et al., 2012) [35]	Региональные стратиграфические подразделения (Проект, 2017)		
СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ЯРУС	ПОДЪЯРУС						
ДЕВОНСКАЯ	Верхний	Фаномский	358,9	Подонинский		Siphonodella praesulcata	Топкинский		
				Пещёркинский	Cyrtospirifer tschernyschewi	Palmatolepis gracilis expansa Palmatolepis perlobata postera Palmatolepis rugosa trachytera Palmatolepis m. marginifera Palmatolepis rhomboidea Palmatolepis crepida Palmatolepis triangularis	Подонинский ----- Митихинский ----- Косоутесовский		
		Франский	372,2	Верх.	Соломинский	Anathyris ussofi	Palmatolepis linguiformis	Соломинский	
				Сред.	Глубокинский	Hypothyridina cuboides	Palmatolepis rhenana	Вассинский	
				Ниж.	Курлякский	Anathyris tishnoffi – Cyrtospirifer conoideus	Palmatolepis jamieae Palmatolepis hassi		
				Верх.	Терёхинский	Leiorynchus depressus – Manticoceras intumescens	Palmatolepis punctata Palmatolepis transitans		
				Сред.	Вассинский	Anathyris phalaena – Cyrtospirifer achmet	Mesotaxis guanwushanensis (= falsiovalis) norrisi		
				Ниж.	Изылинский	Anathyris sibirica – Mucrospirifer vassinensis	Klapperina disparilis Schmidtnognathus hermanni	Мазаловско- китатский	
		Средний	382,7	Верх.	Алчедатский	Euryspirifer cheehiel	Polygnathus varcus	Сафоновский	
				Сред.	Сафоновский	Indospirifer pseudowilliamsi	Polygnathus hemiansatus	Кергелешский	
				Ниж.	Кергелешский	Chascothyris salairica – Lasutkinia subhians	Polygnathus ensensis Tortodus k. kockelianus	Мамонтовский	
				Верх.	Акарачинский	Urella asiatica elongata	Polygnathus c. costatus		
	Эйфельский			391,8	Верх.	Мамонтовский	Salairotoechia pseudocarens Lasutkina mamontovensis	Polygnathus c. partitus Polygnathus c. patulus	Шандинский
					Ниж.	Шандинский	Megastrophia uralensis – Zdimir pseudobaschkiricus	Linguipolygnathus serotinus	Раздольный
	Нижний	407,6	Эмский	Беловский	Nymphorhynchia bischofioides	Polygnathus inversus Eocostapolygnathus nothoperbonus Eocostapolygnathus gronbergi Eocostapolygnathus excavatus Eocostapolygnathus kitabicus	Салаиркинский		
				Салаиркинский	Paraspirifer gurjevskiensis	Eocostapolygnathus pireneae	Малобачатский		
				Малобачатский	Latonotoechia latona – Karpinskia conjungula	Gondwania kindlei			
				Пражский	Крековский	Gypidula (Plicogipa) kayseri и др. Uncinulus krekovensis и др.	Gondwania irregularis	Крековский	
			Лохкумский	410,8	Верх.	Томьчумышский	Remnevitoechia pseudoancilans	Pedavis gilberti Masaraella pandora morph. beta Ancyrodelloides trigonicus	Петцевский
					Ниж.	Томьчумышский	Lanceomyonia borealiformis	Lanea transitans Lanea eleanorae Lanea omoalpha	Томьчумышский
	Сухой	419,2			Caudicriodus postwoschmidti Caudicriodus hesperius				

Проект региональной стратиграфической шкалы девонской системы западной части Алтае-Саянской складчатой области



и нижней части зоны *Gondwania irregularis*. Относительный возраст по сравнению со схемой 1979 г. несколько понижен: ранее горизонт помещался в основание пражского яруса.

Пражскому ярусу в разрезе Салаира соответствует малобачатский горизонт [25]. Его объем – верхняя часть зоны *Gondwania irregularis* и зоны *Gondwania kindlei*, *Eocostapolygnathus pireneae*. В событийном плане крековский и малобачатский горизонты выполняют единый трансгрессивный цикл.

Эмский ярус нижнего девона традиционно состоит из трех горизонтов, включающих отложения единого трансгрессивного цикла. Нижний салаирский [25] соответствует конодонтовым зонам *Eocostapolygnathus kitabicus*, *E. excavatus*, *E. gronbergi*, *E. nothoperbonus*, *Polygnathus inversus*. Для средней части эмского интервала, занятой ранее беловским горизонтом, предлагается новое подразделение – раздольный горизонт со стратотипом у пос. Раздольный Гурьевского района. Это предложено геологами ИГНГ СО РАН в связи с тем, что стратотип беловского горизонта соответствует нижней части шандинского [2]. По сравнению со схемой 1979 г. изменилось понимание относительного возраста последнего. В настоящем проекте он включает конодонтовые зоны *Linquipolygnathus serotinus*, *Polygnathus costatus patulus*, *Po. costatus partitus*. Последняя зона отвечает началу среднего девона. Об этой особенности шандинского горизонта было известно и ранее [13], однако некоторые исследователи не придавали ей должного значения. Салаирский, раздольный и шандинский горизонты составляют единый трансгрессивный цикл осадконакопления.

Большую часть объема эйфельского яруса среднего девона занимает мамонтовский горизонт, характеризующийся конодонтовыми зонами *Po. costatus costatus*, *Tortodus kockelianus kockelianus*, *Po. ensensis*.

Живетский ярус Салаира представлен разрезами керлегешского и сафоновского горизонтов [25]. Такую их последовательность в настоящее время признают не все. Группа исследователей ИГНГ СО РАН [32] считает ее обратной, и в такой трактовке для сафоновского горизонта допускался даже эйфельский возраст [2, 16, 33]. С точки зрения авторов статьи, такая кардинальная смена представлений о геологии среднего девона Салаира безосновательна. Она не учитывает результаты геологического картирования региона, где сафоновские отложения выполняют центриклинальные части синклинальных структур и, соответственно, венчают разрез девона. Найденные в разрезах свиты аммоноидеи представлены новыми видами и не могут однозначно указывать на эйфельский возраст отложений. Попытки удревнить относительный возраст брахиопод индоспириферовой ассоциации несколько натянуты, это только предположения. Отнесение разрезов с находками конодонтов зоны *kockelianus* к сафоновской свите не подтверждается данными

по другим группам окаменелостей. В нашем понимании возраст керлегешского горизонта можно предположительно соотносить с конодонтовой зоной *Po. hemiansatus* (до настоящего времени находок конодонтов в разрезах керлегешского горизонта не было).

Акарачкинский горизонт живета из схемы 1979 г. включен нами в керлегешский горизонт в качестве его субаэрального аналога. Исходным материалом для этого служит комплекс ископаемых растений в акарачкинских слоях, характерных для живетского яруса среднего девона. Разрезы данного стратиграфического подразделения везде представлены отложениями прибрежных аккумулятивных равнин (континентальный тип литогенеза), и провести их надежную корреляцию с отложениями открытого моря трудно. По этой причине корреляция акарачкинских слоев неоднократно менялась – то нижний живет [22, 25], то эйфель [33]. Положение керлегешского горизонта в стратиграфической последовательности среднего девона Салаира нами понимается в трактовке М. А. Ржонсницкой 1968 г. [25], при этом мы осознаем, что необходимо его доизучение с целью находок и определений конодонтов. Девонский разрез Салаира, по нашему мнению, венчается отложениями сафоновского горизонта, содержащего характерный комплекс брахиопод индоспириферовой ассоциации. В ряде разрезов (бековские, степнобачатские слои) найдены конодонты нижней и средней частей конодонтовой зоны *varcus* [3, 13, 27].

Дальнейший разрез девона западной части Алтае-Саянской складчатой области с частичным перекрытием средне-верхнедевонскими отложениями доступен для изучения на северо-западной окраине Кузбасса и в примыкающей к нему Колывань-Томской складчатой зоне. Живетская часть этого разреза в стратиграфической схеме представлена мазаловско-китатским горизонтом. Его стратотипический разрез составлен по фрагментарным обнажениям одноименной свиты в русле и бортах р. Мазаловский Китат у с. Лебедянское в окрестностях Анжеро-Судженска. К мазаловско-китатскому горизонту отнесены отложения алчедатского и изылинского горизонтов схемы 1979 г. Такое объединение стало возможным после анализа материалов глубокого поискового бурения в районе Анжеро-Судженска, по результатам которого установлено неоднократное чередование в разрезе свиты слоев чистых органогенных известняков со *Stringocephalus sibiricus* E. Ivan. и глинистых карбонатных алевролитов с *Euryspirifer pseudochehel* (Hou) [4, 5, 15 и др.]. Изылинский горизонт исключен из региональных как полный фациальный аналог мазаловско-китатского горизонта, а также в связи с наличием тектонического разрывного нарушения в верхней части его стратотипического разреза. В своем типовом разрезе по р. Малые Изылы выше с. Вассино (Новосибирская область)

эти отложения с несогласием перекрывают вулканогенные образования буготагской свиты и, в свою очередь, надстраиваются отложениями вассинского горизонта франского яруса верхнего девона, т. е. занимают такую же позицию, как и мазаловско-китатская свита (подстиляется вулканогенными отложениями митрофановской свиты и перекрывается отложениями нижнего франа с *Anathyris phalaena*). Среднедевонский возраст отложений изылинского горизонта (свиты) был доказан результатами работ V выездной сессии девонской комиссии МСК России в начале 1990-х гг. [19, 29]. Впоследствии рядом исследователей предпринимались попытки вернуться к прежней интерпретации относительного возраста рассматриваемого разреза [30] на основании единичных находок верхнедевонских брахиопод вида *Euryspirifer pseudocheehiel* (Hou). Однако данные находки не привязаны к разрезу, отобраны из свалов и могут относиться к расположенному выше по руслу реки разрезу франского яруса верхнего девона (стратотип вассинского горизонта). При интерпретации строения изылинского разреза подстилающие осадочный разрез вулканогенные отложения буготагской свиты коррелируются с отложениями сафоновской свиты Салаира, что очень дискуссионно и не подтверждается находками окаменелостей.

В корреляционном плане мазаловско-китатский горизонт включает в себя отложения нижней, средней и верхней подзон зоны varcus, зон *Schmidtognathus hermanni*, *Klapperina disparilis*, *Mesotaxis norrisi*. Имеющиеся материалы показывают, что горизонт перекрывает отложения сафоновского горизонта Салаира на уровне нижней и средней зон varcus. Кроме того, следует указать, что нижние части разреза мазаловско-китатского горизонта конодонтами не охарактеризованы. Возможно, что он будет полным аналогом керлегешского и сафоновского горизонтов и тогда его можно будет исключить из региональной стратиграфической схемы региона.

Нижней части франского яруса в схеме соответствует вассинский горизонт со стратотипом по р. Малые Изылы выше с. Вассино. Нужно отметить, что это не самый лучший разрез, так как его нижняя часть срезана тектоническим нарушением. Это подтверждается анализом конодонтовых ассоциаций вассинского горизонта, но поскольку термин очень широко укоренился в геологической литературе, использован на всех составленных геологических картах региона и приложениях к ним, мы сочли возможным сохранить это название для характеристики отложений нижней части франского яруса верхнего девона. Горизонт соответствует конодонтовым зонам *Mesotaxis falsiovalis*, *Palmatolepis transitans*, *P. punctata*, *P. hassi*, *P. jamieae*. В настоящее время лучшим в западной части АССО разрезом этого горизонта может служить разрез яя-петропавловской свиты в борту р. Яя в окрестностях Анжеро-Судженска. Нижние части горизон-

та хорошо изучены на территории Рудного Алтая в разрезе по р. Золотуха [18].

Верхнему франу в проекте стратиграфической схемы соответствует соломинский горизонт со стратотипом по правому борту р. Томь от пос. Известковый Завод до скалы Косой Утес. Выделявшийся ранее глубокинский горизонт [22] исключен из схемы в силу того, что его отложения – это рифовые фации соломинского горизонта. Прилегание пород соломинского горизонта к рифовой постройке хорошо видно в стратотипическом разрезе у пос. Известковый Завод, где рифовое тело в значительной мере отработано карьером. Синхронность соломинской и глубокинской свит подтверждается и анализом окаменелостей [6, 28].

Фаменскому ярусу верхнего девона в региональной стратиграфической схеме региона соответствуют косоутесовский, митихинский, подонинский и топкинский горизонты. Все они, кроме подонинского, выделены впервые, но эти нововведения на самом деле – только детализация и уточнение предыдущей стратиграфической схемы. Так, два нижних горизонта проекта – прежний пещеркинский горизонт, в котором выделялись косоутесовские и митихинские слои [25]. Теперь слоям придан более высокий статус, что соответствует их корреляционным возможностям. Косоутесовский горизонт не только прослежен и хорошо выражен по всему северному фасу Кузбасса, но и хорошо опознается в разрезах девона юго-восточной части Горного Алтая. Стратотипом подразделения выступает разрез, обнаженный на склоне скалы Косой Утес в правом борту р. Томь между поселками Известковый Завод и Пещерка. В корреляционном плане горизонт соответствует конодонтовой зоне *Palmatolepis triangularis*. Стратотип митихинского горизонта расположен в нижнем течении р. Митиха (правый приток р. Иня на границе Кемеровской и Новосибирской областей). В разрезе по р. Томь между Известковым Заводом и Пещеркой обнажается только нижняя его часть. В конодонтовой последовательности митихинский горизонт объединяет зоны *Palmatolepis crepida*, *Pa. rhomboidea*, *Pa. marginifera*.

Вышележащий подонинский горизонт – единственное в стратиграфической схеме девона западной части Алтае-Саянской складчатой области подразделение, для которого отсутствует палеонтологическая характеристика большей части разреза. Морские окаменелости зафиксированы только в самой кровле горизонта в одном районе Кузбасса (правобережье р. Яя в районе бывшего пос. Невский, выше устья р. Барзас). Полученные данные позволяют утверждать принадлежность отложений нижней конодонтовой зоне *Siphonodella praesulcata* [8]. Исходя из этого нижележащие слои условно коррелируются с конодонтовыми зонами *Palmatolepis rugosa trachytera*, *Pa. perlobata postera*, *Pa. gracilis expansa*.



В качестве терминального горизонта региональной стратиграфической схемы девона западной части АССО предложен топкинский горизонт. Его стратотип расположен у пос. Топки неподалеку от Кемерово. Ранее он включался в качестве слев в абышевский горизонт нижнего карбона [22]. К девону горизонт отнесен на основании ревизии ассоциации брахиопод, мшанок и находок конодонтов в стратотипическом разрезе [9]. Он соответствует верхней части конодонтовой зоны *Siphonodella praesulcata* стандартной конодонтовой последовательности. Граница с отложениями нижнего карбона проводится в основании залегающего выше крутовского горизонта, сложенного туфами и туффитами кислого состава. Крутовское событие – это крупный рубеж в геологической истории региона, по нашему мнению, синхронный с глобальным событием Хангенберг, ниже которого проводится глобальная граница девонской и каменноугольной систем.

Выводы

Предложенный авторами проект региональных подразделений стратиграфической схемы западной части АССО подводит итог изучению стратиграфии девонской системы западной части Алтае-Саянской складчатой области за последние 40 лет.

Установленные авторами региональные горизонты опознаются на всей территории региона и использованы при составлении Государственной геологической карты России второго издания (серии Кузбасская и Алтайская).

В дальнейшем, при возможном развертывании в регионе нового этапа геолого-съёмочных работ, целесообразно проведение работ по составлению опережающей региональной стратиграфической схемы девонской системы, которая была бы лишена недостатков настоящего варианта (типовые разрезы горизонтов должны иметь нижнюю и верхнюю границы, находиться в одной структурной зоне и обладать непрерывностью разреза). Такие протяженные разрезы в регионе имеются и на Салаире, и в приалатауской части Кузбасса.

Авторы выражают искреннюю признательность геологам съёмочных партий ОАО «Горноалтайская ГРЭ» (Ю. А. Туркину, С. И. Федаку, В. И. Крупчатникову, А. Л. Пономареву), ОАО «Запсибгеолсъёмка» (В. Н. Токареву, В. С. Куртигешеву, Л. А. Гладких), СНИИГГиМС (В. И. Краснову, Л. С. Ратанову, О. В. Мурзину, Н. П. Кулькову, Г. Д. Исаеву, Л. М. Аксеновой), с которыми неоднократно обсуждались варианты построения региональной стратиграфической схемы девона западной части АССО. Мы благодарны здравствующим и ушедшим палеонтологам ВСЕГЕИ (М. А. Ржонсницкой, Н. М. Петросян, В. Ф. Куликовой, А. Ф. Абушик, О. Б. Тимофеевой), Института геологии нефти и газа СО РАН (Е. А. Елкину, Р. Т. Грациановой, Н. К. Бахареvu, О. А. Родиной, В. Н. Дубатолову, Ю. А. Дубатоловой), палеонтологической лаборатории бывшего ПГО «Запсибгеоло-

гия» (В. А. Желтоноговой, Л. В. Галенко), СВКНИИ (М. Х. Гагиеву), Казанского государственного университета (В. Г. Халымбадже). Их определения использованы при составлении проекта схемы. Мы также благодарны нашим оппонентам (Н. Г. Изох, Н. В. Сенникову, А. Ю. Языкову), замечания которых позволили максимально улучшить доказательную базу схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенова Л. М., Родыгин С. А., Халымбаджа В. Г. Конодонтовая характеристика пограничных средне-верхнедевонских отложений северной окраины Кузбасса // Вопросы геологии Сибири. Вып. 2: сб. статей, посвященный 100-летию со дня рождения В. А. Хахлова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – С. 320–337.
2. Бахарев Н. К., Изох Н. Г., Языков А. Ю. Новые данные и новые проблемы в стратиграфии нижнего и среднего девона Салаира // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия: матер. III Всерос. совещ. «Верхний палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия», 24–28 сентября 2012 г., Санкт-Петербург. – СПб: ВСЕГЕИ, 2012. – С. 37–40.
3. Гагиев М. Х., Родыгин С. А. Зональное расчленение и корреляция отложений среднего девона Салаира и северо-востока СССР по конодонтам // Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 1988. – С. 28–44.
4. Гутак Я. М. Граница среднего и верхнего девона в Алтае-Саянской складчатой области // Актуальные проблемы региональной геологии Сибири (стратиграфия, тектоника, палеогеография, минералогия). – Новосибирск, 1992. – С. 51–52.
5. Гутак Я. М. Объем алчедатского горизонта Алтае-Саянской области // Геология позднего докембрия и палеозоя Сибири. – Новосибирск, 1990. – С. 104–106.
6. Гутак Я. М. Региональные подразделения геохронологической шкалы верхнего девона // Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской области. – Новокузнецк, 1995. – С. 87–90.
7. Гутак Я. М., Краснов В. И. Второе рабочее совещание по разработке и совершенствованию региональных стратиграфических схем девонских образований Сибири // Природные ресурсы Горного Алтая. Геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. Бюллетень. – 2006. – № 1. – С. 10–12.
8. Гутак Я. М., Родыгин С. А., Родина О. А. Палеонтологическая характеристика подонинского горизонта (фаменский ярус, девон) Алтае-Саянской складчатой области // Эволюция жизни на Земле. – Томск, 2001. – С. 170–171.
9. Гутак Я. М., Родыгин С. А., Толоконникова З. А. Нижняя граница каменноугольной системы



в западной части Алтае-Саянской складчатой области // Верхний палеозой России: Стратиграфия и палеогеография: матер. Всерос. конф., посвящ. памяти В. Г. Халымбаджи, 25–27 сентября 2007 г. – Казань, 2007. – С. 94–97.

10. **Изох Н. Г., Язиков А. Ю.** Схема расчленения нижнего девона Салаира // Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология, геодинамика и металлогеническое прогнозирование: матер. Второго Российско-Казахстанского междунар. науч. совещ., 1–4 апреля 2014 г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С. 67–68.

11. **Ключевые** разрезы девона Рудного Алтая, Салаира и Кузбасса / отв. ред. Е. А. Елкин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 104 с.

12. **Компьютерные** технологии создания серийных легенд листов государственных геологических карт нового поколения в России / Б. И. Котельников, С. П. Шокальский, А. Н. Мещнер, А. Ф. Карпузов // Региональная геология и металлогения. – 2000. – № 12. – С. 87–101.

13. **Конодонты** и корреляция девонских отложений Салаира // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири / М. Х. Гагиев, М. А. Ржонническая, С. А. Родыгин, О. Б. Тимофеева. – Томск: ТГУ, 1987. – С. 30–46.

14. **Краснов В. И., Кульков Н. П.** Пржидольский ярус и силурийско-девонская граница в Сибири // Региональная геология. Стратиграфия и палеонтология фанерозоя Сибири: сб. науч. тр. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2009. – С. 39–51.

15. **Кульков Н. П., Перегоедов Л. Г.** Брахиоподы и криноидеи верхнего живета Северо-Западного Алтая // Региональная геология. Стратиграфия и палеонтология фанерозоя Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2009. – С. 66–93.

16. **Кульков Н. П., Перегоедов Л. Г.** Новый взгляд на возраст керлегешских и сафоновских слоев среднего девона на Салаире по брахиоподам // Эволюция жизни на Земле: матер. IV Междунар. симп., 10–12 ноября 2010 г. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – С. 261–265.

17. **Легенда** Алтайской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (изд. 2-е) / С. П. Шокальский, В. А. Зыбин, В. П. Сергеев и др. – Новокузнецк, 1999. – 136 с.

18. **Опорные** разрезы девона Рудного Алтая и граница среднего и верхнего девона / Я. М. Гутак, О. В. Мурзин, В. А. Жданов и др. // Путеводитель VII выездной сессии Девонской комиссии МСК России в Рудном Алтае, Змеиногорск, 15–20 августа 2000 г. – Змеиногорск, 2000. – 75 с.

19. **Перегоедов Л. Г.** Брахиоподы изылинских и вассинских слоев среднего – верхнего девона стратотипического разреза по р. Изылы // Региональная стратиграфия докембрия и палеозоя Сибири: сб. науч. тр., посвящ. памяти Л. Л. Халфина. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2013. – С. 156–167.

20. **Пограничные** отложения силура и девона в Алтае-Саянской области / В. И. Краснов, В. Ф. Асташкина, Н. В. Миронова и др. // Девон и карбон азиатской части СССР. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 63–81.

21. **Региональные** стратиграфические подразделения девона западной части Алтае-Саянской складчатой области / Я. М. Гутак, С. А. Родыгин, Л. Г. Перегоедов и др. // Международная стратиграфическая конференция Горюшкинского – 2017 и Четвертая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». Планетарные системы верхнего палеозоя: биостратиграфия, геохронология и углеводородные ресурсы (19–23 сентября 2017 г., Казань, Россия). – Казань: Изд-во ун-та, 2017. – С. 76–77.

22. **Решения** Всесоюзного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири, 1979 г. / ред. В. И. Краснов. – Новосибирск, 1982. – 129 с.

23. **Решения** Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 91 с.

24. **Решения** совещания по стратиграфии девона Сибири в связи с поисками полезных ископаемых и подготовкой к Международному симпозиуму по границам нижнего девона (Новосибирск, 1967) // Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск, 1968. – С. 178–184.

25. **Ржонническая М. А.** Биостратиграфия девона окраин Кузнецкого бассейна. Т. I. Стратиграфия. – Л.: Недра, 1968. – 287 с.

26. **Ржонническая М. А., Харин Г. С.** Девон Салаира, Кузнецкого бассейна, Кольвань-Томской складчатой дуги // Стратиграфия палеозоя Средней Сибири. – Новосибирск, 1967. – С. 131–133.

27. **Родыгин С. А.** Конодонты в девонских отложениях северо-восточного Салаира // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Т. I. – Томск: ТГУ, 2017. – С. 594–598.

28. **Тимохина И. Г., Родина О. А.** Новые данные по стратиграфии верхнедевонских отложений северо-западной части Кузнецкого бассейна по форамениферам и хрящевым рыбам // Стратиграфия и геологическая корреляция. – 2015. – Т. 23, № 5. – С. 60–71.

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

30. **Фауна** и возраст изылинского горизонта (верхний девон, западная окраина Кузнецкого бассейна) / А. Ю. Язиков, Н. К. Бахарев, Н. Г. Изох и др. // Региональная стратиграфия докембрия и палеозоя Сибири: сб. науч. тр., посвящ. памяти



Л. Л. Халфина. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2013. – С. 146–155.

31. Шокальский С. П., Котельников Б. И., Метнер Д. Б. Серийные легенды Госгеолкарты-200 на базе компьютерных технологий как основа долговременных геоинформационных систем (на примере легенды Алтайской серии листов Госгеолкарты-200) // Региональная геология и металлогения. – 1999. – № 9. – С. 44–67.

32. Язиков А. Ю., Изох Н. Г. Биостратиграфия девона Салаира // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 1-й науч.-практ. конф. Т. 1. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2014. – С. 254–258.

33. Язиков А. Ю., Изох Н. Г., Соболев Е. С. Взаимоотношения акарачкинского, сафоновского и керлегешского «горизонтов» среднего девона Салаира // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 1-й науч.-практ. конф. Т. 1. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2014. – С. 250–254.

34. Язиков А. Ю., Изох Н. Г., Соболев Е. С. Эволюционные преобразования биот (брахиоподы, конодонты, аммоноидеи) в эмс-эйфельских отложениях Салаирского палеобассейна // Матер. LXII сес. Палеонт. об-ва. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2016. – С. 202–203.

35. Becker R. T., Gradstein F. M., Hammer O. The Devonian period // The geologic Time Scale. Ch. 22. – Elsevier Press, 2012. – P. 559–601.

REFERENCES

1. Aksenova L.M., Rodygin S.A., Khalymbadzha V. G. [Conodont characteristics of marginal Middle-Upper Devonian deposits of the northern outskirts of the Kuzbass]. *Voprosy geologii Sibiri – Issues of Siberia Geology*. Tomsk, Tomsk University Publ., 1994, issue 2, pp. 320–337. (In Russ.).

2. Bakharev N.K., Izokh N.G., Yazikov A.Yu. [New data and new problems in the stratigraphy of the Lower and Middle Devonian of Salair] *Paleozoy Rossii: regional'naya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiy. Materialy III Vserossiyskogo soveshchaniya «Verkhniy paleozoy Rossii: regional'naya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiya», 24–28 sentyabrya 2012 g., Sankt-Peterburg* [Paleozoic of Russia: regional stratigraphy, paleontology, geo- and bioevents]. [Materials of the III All-Russian meeting “Upper Paleozoic of Russia: regional stratigraphy, paleontology, geo- and bioevents”, September 24–28, 2012, St. Petersburg]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2012, pp. 37–40. (In Russ.).

3. Gagiev M.Kh., Rodygin S.A. [Zonal sequence and correlation of the Middle-Devonian deposits of Salair and the northeastern USSR on conodonts]. *Materialy po stratigrafii i paleontologii Sibiri* [Materials on stratigraphy and paleontology of Siberia]. Tomsk, TGU Publ., 1988, pp. 28–44. (In Russ.).

4. Gutak Ya.M. [Middle and Upper-Devonian boundary in the Altai-Sayany folded region]. *Aktual'nye problemy regional'noy geologii Sibiri (stratigrafiya, tektonika, paleogeografiya, minerageniya)* [Actual problems of regional geology of Siberia (stratigraphy, tec-

tonics, paleogeography, minerogenesis)]. Novosibirsk, 1992, pp. 51–52. (In Russ.).

5. Gutak Ya.M. [The volume of the Alchadan Horizon of the Altai-Sayany Region]. *Geologiya pozdnego dokembriya i paleozoya Sibiri* [Geology of late Precambrian and Paleozoic of Siberia]. Novosibirsk, 1990, pp. 104–106. (In Russ.).

6. Gutak Ya.M. *Regional'nye podrazdeleniya geokhronologicheskoy shkaly verkhnego devona* [Regional units of the geochronological scale of Upper Devonian] *Novye dannye o geologii i poleznykh iskopayemykh zapadnoy chasti Altae-Sayanskoj oblasti* [New data on geology and minerals of the western part of the Altai-Sayany region]. Novokuznetsk, 1995, pp. 87–90. (In Russ.).

7. Gutak Ya.M., Krasnov V.I. [Second working meeting on development and improvement of regional stratigraphic charts of the Devonian formations of Siberia]. *Prirodnye resursy Gornogo Altaya. Geologiya, geofizika, gidrogeologiya, geoekologiya, mineral'nye i vodnye resursy. Byulleten'* [Natural resources of Mountain Altai. Geology, geophysics, hydrogeology, geoecology, mineral and water resources. Bulletin]. 2006, no. 1, pp. 10–12. (In Russ.).

8. Gutak Ya.M., Rodygin S.A., Rodina O.A. [Paleontological characteristics of the Podinsky Horizon (Famenian stage, Devonian) of the Altai-Sayany folded region]. *Evolutsiya zhizni na Zemle – Evolution of life on the Earth*. Tomsk, 2001, pp. 170–171. (In Russ.).

9. Gutak Ya.M., Rodygin S.A., Tolokonnikova Z.A. [Lower boundary of the Carboniferous system in the western Altai-Sayany folded region] *Verkhniy paleozoy Rossii: Stratigrafiya i paleogeografiya. Materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Vyacheslava Georgievicha Khalymbadzhi, 25–27 sentyabrya 2007 g.* [Upper Paleozoic of Russia: Stratigraphy and paleogeography. Materials of the All-Russian conference devoted to Vyacheslav Georgiyevich Halymbadzhi's memory, September 25–27th, 2007]. Kazan, 2007, pp. 94–97. (In Russ.).

10. Izokh N.G., Yazikov A.Yu. [Lower Devonian sequence chart of Salair]. *Korrelyatsiya altaid i uralid: magmatizm, metamorfizm, stratigrafiya, geokhronologiya, geodinamika i metallogenicheskoe prognozirovaniya. Materialy Vtorogo Rossiysko-Kazakhstanskogo Mezhdunarodnogo nauchnogo soveshchaniya. 1–4 aprelya 2014 g.* [Correlation of altoids and uralids: magmatism, metamorphism, stratigraphy, geochronometry, geodynamics and metallogenic forecasting. Materials of Second Russian-Kazakhstan international scientific meeting, April 1–4th, 2014]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2014, pp. 67–68. (In Russ.).

11. Elkin E.A., ed. *Klyuchevye razrezy devona Rudnogo Altaya, Salaira i Kuzbassa* [Key sections of Devonian of Rudny Altai, Salair and Kuzbass]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 104 p. (In Russ.).

12. Kotel'nikov B.I., Shokal'skiy S.P., Metsner A.N., Karpuzov A. F. [Computer technologies of creating se-



rial legends of sheets of the state geological maps of new generation in Russia]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya – Regional geology and metallogeny*, 2000, no. 12, pp. 87–101. (In Russ.).

13. Gagiev M. Kh., Rzhonsnitskaya M.A., Rodygin S.A., Timofeeva O.B. [Conodonts and correlation of Devonian sediments of Salair]. *Materialy po stratigrafii i paleontologii Sibiri* [Materials on stratigraphy and paleontology of Siberia]. Tomsk, TGU Publ., 1987, pp. 30–46. (In Russ.).

14. Krasnov V.I., Kul'kov N.P. [Přidoli stage and Silurian-Devonian boundary of Siberia]. *Regional'naya geologiya. Stratigrafiya i paleontologiya fanerozoya Sibiri* [Regional geology. Phanerozoic stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2009, pp. 39–51. (In Russ.).

15. Kul'kov N.P., Peregoedov L.G. [Brachiopods and crinoids of Upper Givetian of north-western Altai]. *Regional'naya geologiya. Stratigrafiya i paleontologiya fanerozoya Sibiri* [Regional geology. Phanerozoic stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2009, pp. 66–93. (In Russ.).

16. Kul'kov N.P., Peregoedov L.G. [New view on the age of kerlegeshian and safonian layers of the Middle Devonian in Salair by brachiopods]. *Evolyutsiya zhizni na Zemle: Materialy IV Mezhdunarodnogo simpoziuma, 10–12 noyabrya 2010 g.* [Evolution of life in the Earth: Materials IV International Symposium, November 10–12th, 2010]. Tomsk, TML Press Publ., 2010, pp. 261–265. (In Russ.).

17. Shokal'skiy S.P., Zybin V.A., Sergeev V.P., Butvilovskiy V.V., Gusev N.I., Gutak Ya.M., et al. *Legenda Altayskoy serii Gosudarstvennoy geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii masshtaby 1:200000 (Izдание vtoroe)* [Legend of the Altai series of the State geologic map of the Russian Federation at scale of 1:200000 (second edition)]. Novokuznetsk, 1999. 136 p. (In Russ.).

18. Gutak Ya.M., Murzin O.V., Zhdanov V.A., et al. *Opornye razrezy devona Rudnogo Altaya i granitsa srednego i verkhnego devona* [Reference sections of Devonian of Rudny Altai and Middle-Upper Devonian boundary]. *Putevoditel' VII vyezdnoy sessii Devonской комиссии MSK Rossii v Rudnom Altae*. [Guide VII field session of Devonian Commission of ISC of Russia in Rudny Altai. Zmeinigorsk, August 15–20th, 2000]. Zmeinigorsk, 2000. 75 p. (In Russ.).

19. Peregoedov L.G. [Brachiopods of Izyl'ian and Vassinian layers of Middle-Upper Devonian of the stratotype section along Izly River]. *Regional'naya stratigrafiya dokembriya i paleozoya Sibiri: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny pamyati L. L. Khalfina* [Regional stratigraphy of Pre-Cambrian and Paleozoic of Siberia: collection of scientific papers in honor of L. L. Khalfin]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2013, pp. 156–167. (In Russ.).

20. Krasnov V.I., Astashkina V.F., Mironova N.V., et al. [Maginal deposits of Silurian and Devonian in the Altai-Sayany region]. *Devon i karbon Aziatskoy chasti SSSR* [Devonian and Carboniferous of the Asian area of

the USSR]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1980, pp. 63–81. (In Russ.).

21. Gutak Ya.M., Rodygin S.A., Peregoedov L.G., et al. [Regional stratigraphic units of Devonian in the western Altai-Sayany folded region]. *Mezhdunarodnaya stratigraficheskaya konferentsiya Gorovkinskogo – 2017 i Chetvertaya Vserossiyskaya konferentsiya «Verkhniy paleozoy Rossii»*. *Planetarnye sistemy verkhnego paleozoya: biostratigrafiya, geokhronologiya i uglerodnye resursy (19–23 sentyabrya 2017 g., Kazan', Rossiya)* [International stratigraphic Gorovkin conference – 2017 and 4th All-Russian conference “Upper Paleozoic of Russia”. Planetary systems of Upper Paleozoic: biostratigraphy, geochronology and carbon resources (September 19–23rd, 2017, Kazan, Russia)]. Kazan, Kazan. Univ. Publ., 2017, pp. 76–77. (In Russ.).

22. *Resheniya Vsesoyuznogo soveshchaniya po razrabotke unifikirovannykh stratigraficheskikh skhem dokembriya, paleozoya i chetvertichnoy sistemy Sredney Sibiri* [Decisions of the All-Union meeting on development of unified stratigraphic charts of Precambrian, Paleozoic and Quarternary system of Middle Siberia, 1979]. Novosibirsk, 1982. 129 p. (In Russ.).

23. *Resheniya Mezhdovedomstvennogo soveshchaniya po razrabotke unifikirovannykh stratigraficheskikh skhem Sibiri* [Decisions of the Interdepartmental meeting on the development of unified stratigraphic charts of Siberia]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1959. 91 p. (In Russ.).

24. *Resheniya soveshchaniya po stratigrafii devona Sibiri v svyazi s poiskami poleznykh iskopaemykh i podgotovkoy k Mezhdunarodnomu simpoziumu po granitsam nizhnego devona (Novosibirsk, 1967). Materialy po regional'noy geologii Sibiri* [Decisions of a meeting on the Devonian stratigraphy of Siberia in connection with searching for minerals and preparation for the International symposium on the Lower Devon boundaries (Novosibirsk, 1967). Materials on regional geology of Siberia]. Novosibirsk, 1968, pp. 178–184. (In Russ.).

25. Rzhonsnitskaya M.A. *Biostratigrafiya devona okrain Kuznetskogo basseyna. T. 1* [Stratigraphy, Vol. 1: Devonian biostratigraphy of the Kuznetsk Basin margins]. Leningrad, Nedra Publ., 1968. 287 p. (In Russ.).

26. Rzhonsnitskaya M.A., Kharin G.S. [Devonian of Salair, Kuznetsk Basin, Kolyvan-Tomsk bogen structure]. *Stratigrafiya paleozoya Sredney Sibiri* [Paleozoic Stratigraphy of Middle Siberia]. Novosibirsk, 1967, pp. 131–133. (In Russ.).

27. Rodygin S.A. [Conodonts in Devonian deposits of northeastern Salair]. *Mater. IV Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. “Sovremennye problemy geografii i geologii: k 100-letiyu otkrytiya estestvennogo otdeleniya v Tomskom gosudarstvennom universitete”*. Tom 1 [Mater. IV All-Russian Sci.-Prac. Conf. with internat. participation “Modern problems of geography and geology: to the 100th anniversary of the opening of the natural department at the Tomsk State



University". Vol. 1]. Tomsk, TSU Publ., 2017, pp. 594–598. (In Russ.).

28. Timokhina I.G., Rodina O.A. [New data on the stratigraphy of Upper-Devonian deposits of the north-western Kuznetsk basin in foraminifers and cartilaginous fishes]. *Stratigrafiya i geologicheskaya korrelyatsiya – Stratigraphy and geological correlation*, 2015, vol. 23, no. 5, pp. 60–71. (In Russ.).

29. *Tipovye razrezy pogranichnykh otlozheniy srednego i verkhnego devona, franskogo i famenskogo yarusev okrain Kuznetskogo basseyna. Mater. V vyezdnoy sessii komissii MSK po devonskoy sisteme 1991 g.* [Standard sections of boundary deposits of Middle and Upper Devonian, Frasnian and Famennian stages of the Kuznetsk basin margins. Mater. V field session of the ISC commission on the Devonian system, 1991]. Novosibirsk, 1992. 136 p. (In Russ.).

30. Yazikov A.Yu., Bakharev N.K., Izokh N.G., Rodina O.A., Saraev S.V., Shcherbanenko T.A. [Fauna and age of the Izylinsky Horizon (Upper Devonian, western margin of the Kuznetsk basin). *Regional'naya stratigrafiya dokembriya i paleozoya Sibiri: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny pamyati L. L. Khal'fina* [Regional stratigraphy of Pre-Cambrian and Paleozoic of Siberia: collection of scientific papers in honor of L. L. Khal'fin]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2013, pp. 146–155. (In Russ.).

31. Shokal'skiy S.P., Kotel'nikov B.I., Metsner D.B. [Serial legends of Stategeolmap-200 on the basis of computer technologies as a basis of long-term geo-

graphic information systems (case study of the Altai series of the State Geological map-200 sheets legend)]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya – Regional geology and metallogeny*, 1999, no. 9, pp. 44–67. (In Russ.).

32. Yazikov A.Yu., Izokh N.G. [Biostratigraphy of Salair Devonian]. *Geologiya, geofizika i mineral'noe syr'e Sibiri: Materialy 1-y nauchno-prakticheskoy konferentsii. T. 1.* [Geology, geophysics and minerals of Siberia: Materials 1st scientific-practical conference. Vol. 1]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2014, pp. 254–258. (In Russ.).

33. Yazikov A.Yu., Izokh N.G., Sobolev E.S. [Interrelations between the Akarakchinsky, Safonovsky and Kerlegeshsky "horizons" of Salair Middle Devonian]. *Geologiya, geofizika i mineral'noe syr'e Sibiri: Materialy 1-y nauchno-prakticheskoy konferentsii. T. 1.* [Geology, geophysics and minerals of Siberia: Materials 1st scientific-practical conference. Vol. 1]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2014, pp. 250–254. (In Russ.).

34. Yazikov A.Yu., Izokh N.G., Sobolev E.S. [Evolution biota transformations (brachiopods, Conodonts, Ammonoidea) in Emsian-Eifelian deposits of the Salair paleobasin]. *Materialy LXII sessii Paleontologicheskogo ob-va* [Materials LXII session of Paleontological society]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2016, pp. 202–203. (In Russ.).

35. Becker R.T., Gradstein F. M., Hammer O. The Devonian period. *The Geologic Time Scale. Ch. 22.* Elsevier Press, 2012, pp. 559–601.

© Я. М. Гутак, С. А. Родыгин, Л. Г. Перегоедов,
С. Н. Макаренко, В. А. Антонова, 2018



УДК 551.734.2.02:552(571.513)

НИЖНЕДЕВОНСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УЧЕБНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ВУЗОВ СИБИРИ В ХАКАСИИ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, ПРИНЦИПЫ КАРТИРОВАНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ

Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, И. В. Котельникова

Томский государственный университет, Томск, Россия

Изучены наиболее характерные особенности всех нижнедевонских стратонев на учебном полигоне вузов Сибири в Хакасии. Оценена роль вулканитов основного состава в смежных стратиграфических разрезах. Впервые охарактеризованы прослеженные по простиранию лито- и биостратиграфические маркирующие горизонты и проведены их предполагаемые границы под рыхлыми четвертичными отложениями. Приведены варианты региональной и детальной корреляции Ширинско-Марченгашского и Матарак-Шунетского участков. Выявлены индивидуальные и общие особенности нижнедевонских образований, намечены главные типы раннедевонского седиментогенеза в контурах изученной территории, высказано предположение о возможном присутствии неопознанных корреляционных маркеров как на территории учебного полигона, так и за его пределами.

Ключевые слова: учебный полигон, Ширинско-Марченгашский и Матарак-Шунетский участки, нижнедевонские образования, лито- и биостратиграфические маркеры, корреляция разрезов, типы осадконакопления.

LOWER DEVONIAN FORMATIONS OF TRAINING GEOLOGICAL GROUND OF SIBERIAN UNIVERSITIES IN KHAKASSIA: STRUCTURE FEATURES, MAPPING AND CORRELATION PRINCIPLES

N. A. Makarenko, A. D. Kotelnikov, I. V. Kotelnikova

Tomsk State University, Tomsk, Russia

The most typical features of all Lower Devonian strata of the Siberian Universities training ground in Khakassia were studied. The role of vulcanites with basic structure in adjacent stratigraphic sequences was estimated. Litho- and biostratigraphic horizon markers traced on the strike have been characterized for the first time and their relative borders under friable quaternary deposits have been drawn. Variants of regional and detailed correlation of Shirinsko-Marchengash and Matarak-Shunet sections were given. Individual and general features of the Lower Devonian formations have been revealed, the main types of the Early Devonian sedimentogenesis within the studied territory were marked, the hypothesis of possible presence of unidentified correlation markers, both in training ground territory, and beyond its boundaries has been made.

Keywords: training ground, Shirinsko-Marchengash and Matarak-Shunet sections, the Lower Devonian deposits, litho- and biostratigraphic markers, sections correlation, sedimentation types.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-14-23

На протяжении многих десятилетий ежегодные полевые учебные практики по геологическому картированию проводятся в контурах учебного полигона четырех вузов Сибири, базы которых расположены в Ширинском районе Республики Хакасия вблизи озер Иткуль и Шира. Традиционно главными объектами картирования являются нижнедевонские образования двух участков – Ширинско-Марченгашского и Матарак-Шунетского (врезка к рис. 1). Целенаправленное изучение пород нижнего девона в данном районе имеет длинную (более чем полувековую) историю, поэтому количество публикаций, посвященных полигону и его окрестностям весьма значительно. Вместе с тем ряд положений, касающихся деталей строения, типов осадконакопления, корреляции стратиграфических разрезов, недостаточно освещены в печати и даже являются предметом непрекращающихся дискуссий. Многолетний личный опыт проведения геологических практик, выполнения ряда госбюджетных, хозяйственных и инициативных исследований на террито-

рии учебного полигона и за его пределами дает нам основание высказать собственные соображения по данному кругу вопросов.

Обратимся к анализу фактического материала, имеющегося в нашем распоряжении.

На геологическую схему (см. рис. 1), максимально разгруженную от деталей и составленную с учетом опубликованных картографических материалов [2, 3, 5, 7, 9, 13, 14, 19], вынесены границы и площади распространения всех свит девонской системы, развитых на территории Ширинско-Марченгашского и Матарак-Шунетского участков. На этом фоне в контурах нижнедевонских свит показаны прослеженные по простиранию **реальные** геологические тела, имеющие, по нашему мнению, статус маркирующих горизонтов.

Схема полностью отражает главные особенности геологического строения территории и в комментариях с нашей стороны не нуждается. Отметим только, что четвертичные отложения широких долин рр. Сохочул, Туим, Карыш частично перекрывают



Рис. 1. Схема пространственного расположения прослеженных по простиранию био- и литостратиграфических маркирующих горизонтов в контурах нижедевонских свит Ширинско-Марченгатского (а) и Матарак-Шунетского (б) участков

1 – четвертичные отложения; 2–8 – свиты: 2 – ойдановская, 3 – бейская, 4 – илемовская, 5 – марченгатская, 6 – придорожная, 7 – армачакская, 8 – шунетская; 9–10 – подсвиты: 9 – верхнематаракская, 10 – нижнематаракская; 11 – породы додевонского фундамента; 12 – геологические границы: а – достоверные, б – открытые рыхлыми отложениями, в – несогласного залегания, г – фациальных замещений; 13 – тектонические нарушения (разломы): а – достоверные, б – скрытые под рыхлыми отложениями; 14 – оси главных синклинальных (а) и антиклинальных (б) складок и их номера (1 – Ширинская, 2 – Безымянная, 3 – Круглинская, 4 – Иткульская синклинали; 5 – Придорожная, 6 – Приразломная, 7 – Марченгатская, 8 – Иткульская антиклиналь); литостратиграфические маркеры: 15–16 – прослеженные маркирующие горизонты эксплозивно-обломочных пород («туфовые козырьки») в отложениях: 15 – придорожной свиты и верхнематаракской подсвиты: а – нижний, б – верхний, 16 – марченгатской и шунетской свит: а – нижний, б – верхний; биостратиграфические маркеры: 17 – прослеженные маркирующие горизонты строматолитовых известняков: а – нижний, б – верхний; 18 – прослеженные терригенные слои с фауной: а – нижний, б – верхний; на врезке – учебные базы сибирских вузов: Томского государственного университета (ТГУ), Томского политехнического университета (ТПУ), Новосибирского государственного университета (НГУ), Сибирского федерального университета (СФУ), Красноярск

нижнедевонские образования Ширинско-Марченгашского участка, что существенно затрудняет общее восприятие реальной геологической структуры.

Учитывая, что строение, состав, возраст и последовательность формирования нижнедевонских образований двух участков охарактеризованы достаточно подробно [5], а стратотипические разрезы придорожной, матаракской и шунетской свит опубликованы [9, 11], в дальнейшем рассмотрим лишь наиболее характерные детали строения стратонев (от древних к молодым), которые либо ранее не рассматривались, либо до сих пор трактуются неоднозначно.

Нижнематаракская подсвита установлена на обоих участках, и состоит из вулканических пород, оконтуривающих в субширотном направлении юго-западную периферию Северо-Минусинской впадины и залегающих несогласно на додевонском фундаменте (рис. 1, 2). Подсвита отличается двумя главными особенностями – резкими колебаниями мощностей вулкаников (300–900 м) в частных разрезах в интервале от северного борта оз. Матарак до лога Сохочул, и полярностью петрографических составов в контурах Ширинско-Марченгашского и Матарак-Шунетского участков. В первом случае это лавы и пирокластиты сложного трахириолит-трахиандезит-трахитового состава, во втором – базальты, чередующиеся с пластовыми телами долеритов.

Резкие вариации вещественных составов и мощностей вулкаников в латеральном направлении, по нашему мнению, не являются результатом формирования пород в течение разновременных циклов и этапов, как утверждается в [14], это следствие одновременного функционирования пространственно разобщенных вулканических аппаратов центрального (Карышский палеовулкан) [12] и трещинного типов. В первом случае в продуктах вулканизма будут преобладать щелочно-салические и кислые магматиты, во втором – базальты и долериты. В случае пространственного совмещения двух вулканических типов следует ожидать наиболее сложные сочетания пород основного, среднего и кислого ряда, что и наблюдается на широте оз. Бerezовое.

Придорожная свита занимает центральную часть Ширинско-Марченгашского участка. Она расчленена на три подсвиты суммарной мощностью 750 м [11]. Для нее характерны несогласные контакты с нижнематаракской подсвитой с возникновением мощного пласта базальных конгломератов (см. рис. 2) и неравномерное распределение по стратиграфической нормали эффузивов основного состава: от слабого развития в нижней крупнообломочной части терригенного разреза до заметного увеличения их количественной роли в средних и верхних алевролитно-песчанистых частях. При этом наблюдается значительное возрастание по латерали доли базальтов в западном направлении, где они

фациально замещают (вытесняют) осадочные породы средней и верхней подсвит придорожной свиты.

Марченгашская свита (мощность до 550 м) широко развита в северной половине Ширинско-Марченгашского участка, имеет несогласные контакты с придорожной свитой, а также с породами среднего девона, и на 85 % состоит из эффузивов основного состава (базальтов, трахибазальтов, трахиандезитбазальтов), сопровождаемых силлами долеритов, остальные 15 % приходятся на прослои и линзы красноцветных вулканотерригенных разнообломочных пород с примесью туфов, тефроидов, туфоконгломератов.

Контакты базальтоидов с подстилающими породами сложные – от субсогласных на востоке и в центре участка (скрытое несогласие), до резко несогласных на крайнем западе, где в зоне стыка разнородных геологических структур – салаирид Кузнецкого Алатау с герцинидами Северо-Минусинской впадины, базальтоиды свиты перекрывают («запечатывают») не только породы придорожной свиты и нижнематаракской подсвиты, но и частично, интрузивные образования додевонского фундамента (см. рис. 1, 2). Это, вероятно, связано с формированием синхронно с вулканизмом узкой (2–3 км) субмеридиональной тектонической долины, впоследствии «ингрессивно» заполненной лавой основного состава, что и привело к миграции марченгашских вулкаников в южном направлении с образованием заливообразного выступа. Контакты предполагаемого конседиментационного грабена на современном эрозионном срезе вполне заметны – восточный трассируется (частично «залечен») серией поздних субвулканических даек трахириолитов и трахидацитов значительной протяженности – до 4,5 км (см. рис. 2), западный (за пределами участка) параллелен фасу Кузнецкого Алатау.

Среди базитов марченгашской свиты преобладают породы с бесспорными признаками их эффузивной природы, а именно: с «корявыми» шлаковыми корками; с лавобрекчиями в кровле палеопотоков; с кавернами и трещинами в верхних контактах, заполненными терригенными осадками вышележащих пород с четко выраженной градационной сортировкой материала (в кавернах) и с типичным обликом кластических (нептунических) даек (в трещинах). При этом нам не удалось встретить ни одного классического признака, свидетельствующего о возможной принадлежности пластовых тел к силлам: нет экзоконтактовых зон ороговикования и метасоматоза, нет апофиз, инъекций и дочерних даек-перемычек. Поэтому картирование силлов (долеритов) в Марченгашском лавовом поле производилось нами по набору второстепенных признаков (плотное сложение, полнокристаллическое зернистое макростроение, высокая механическая прочность, свежий макро- и микроскопический облик, повышенная магнитность и некоторые другие). Таких тел немного – не

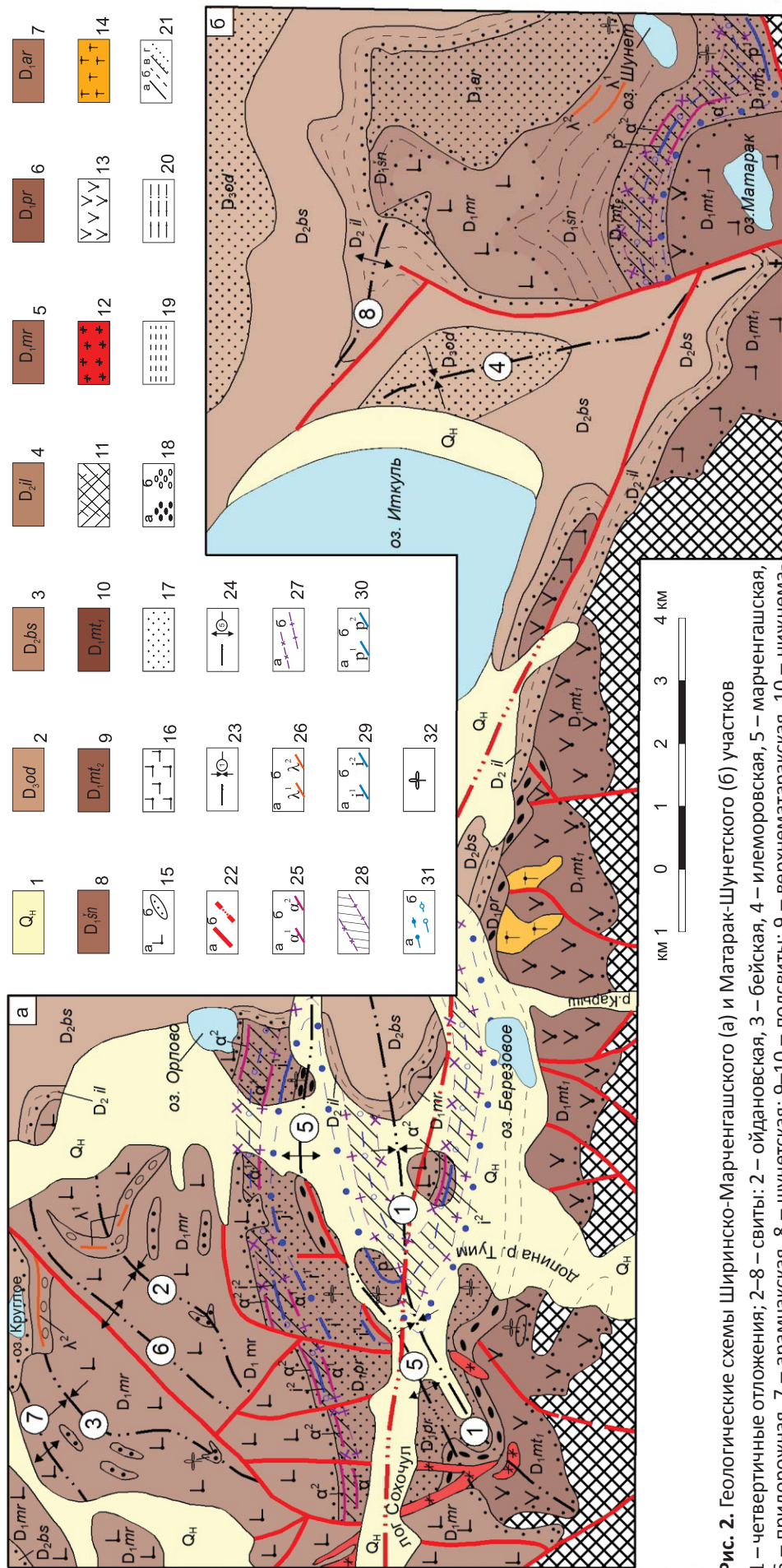


Рис. 2. Геологические схемы Ширинско-Марченгашского (а) и Матарак-Шунетского (б) участков

1 – четвертичные отложения; 2–8 – свиты: 2 – ойдановская, 3 – бейская, 4 – илеморовская, 5 – марченгашская, 6 – придорожная, 7 – арамчакская, 8 – шунетская; 9–10 – подсвиты: 9 – верхнематаракская, 10 – нижнематаракская; 11 – породы додевонского фундамента; 12 – субвулканические тела трахириодитов и трахириолитов; 13 – лавы и туфы трахириолит-трахиандезит-трахитового состава; 14 – субвулканические трахиты Карышского палеовулкана; 15 – базальтоиды марченгашской свиты (а) и линзы красноцветных марченгашских песчаников среди них (б); 16 – базальтоиды нижнематаракской подсвиты; 17 – песчаники, алевролиты, редко аргиллиты; 18 – конгломераты, гравелиты, грубозернистые песчаники в основании придорожной свиты (а) и среди марченгашских базальтоидов (б); 19 – мергели, известковые песчаники; 20 – туфоалевролиты, туфоаргиллиты; 21 – геологические границы достоярные (а), перекрытые рыхлыми отложениями (б), несогласное залегания (в), фациальных замещений (г); 22 – тектонические нарушения (разломы): достоярные (а), скрытые под рыхлыми отложениями (б); 23 – оси главных синклиналильных складок (1 – Ширинская, 2 – Безымянная, 3 – Круглинская, 4 – Иткульская синклинали); 24–26 – оси главных антиклиналильных складок (5 – Придорожная, 6 – Приразломная, 7 – Марченгашская, 8 – Иткульская антиклинали); литостратиграфические маркеры: 25–26 – прослеженные маркирующие горизонты эксплозивно-обломочных пород («туфовые козырьки») в отложениях: 25 – придорожной свиты и верхнематаракской подсвиты: нижний (а), верхний (б); 27 – предполагаемые стратиграфические пачки; биостратиграфические маркеры: 29 – прослеженные маркирующие уровни маркеров: верхний (а), нижний (б); 28 – стратиграфическое положение маркирующей литостратиграфической пачки; биостратиграфические маркеры: 30 – прослеженные терригенные слои с фауной: нижний (а), верхний (б); 31 – предполагаемые стратиграфические уровни маркеров: нижний (а), верхний (б); 32 – важнейшие местонахождения проптеридофитовой (риниофитовой) флоры

более 10–15 %. Отметим, что наш опыт картирования по программе ГДП-200 двух номенклатурных листов (N-45-XXIV и N-46-XIX) показал, что доля долеритовых силлов в нижнедевонских существенно вулканогенных свитах (тастрезенской, большесырской, матаракской, тарланской) также невелика (5–15 %) [6]. В связи с этим высказанные в печати предположения о том, что чуть ли не все базиты таких свит, как марченгашская, тонская и др. состоят из серии («этажерки») параллельных долеритовых интрузивных тел, и поэтому эти свиты невалидны, их надо упразднить и удалить из стратиграфических колонок [8, 10, 18], вряд ли можно считать конструктивными.

Верхнематаракская подсвита Матарак-Шунетского участка мощностью до 400 м (в стратотипе 250 м) характеризуется согласными контактами с нижнематаракской подсвитой (без базальных конгломератов) и шунетской свитой; слабым развитием пластовых тел базитов; отсутствием признаков замещения осадочных пород (гравелитов, песчаников, алевролитов) какими-либо вулканитами. Породы подсвиты перекрыты не эффузивами, а терригенными отложениями. Отметим, что положение нижней границы подсвиты дискуссионно. По нашему мнению, ее надо проводить по подошве слоя № 7 стратотипа, описанного В. И. Красновым и Л. С. Ратановым [9], т. е. сразу после окончания непрерывного вулканогенного разреза.

Шунетская свита (мощность 340 м) отличается выдержанным тонкообломочным составом осадочных пород (туфоалевролитов и туфоаргиллитов), согласными контактами с нижележащими породами верхнематаракской подсвиты и несогласными – с перекрывающей арамчакской свитой. Главная особенность – интенсивное фациальное замещение (вытеснение осадочных пород) на северо-западном фланге (гора Кузьме) базальтами и долеритами марченгашского возрастного уровня (см. рис. 2).

Арамчакская свита (мощность до 370 м) завершает разрез нижнего девона на Матарак-Шунетском участке. Она полностью амагматична и состоит из монотонных разнообломочных красноцветных отложений, на севере полностью перекрыта карбонатными слоями среднего девона. Из-за отсутствия достоверных находок макрофоссилий существуют разногласия в определении возраста свиты (нижний или средний девон).

Замечательной особенностью учебного полигона является заметное присутствие лито- и биостратиграфических маркирующих горизонтов в составе многих свит нижнего девона.

Литостратиграфические маркеры наиболее детально изучены нами в контурах придорожной свиты (см. рис. 1). Они представлены одиннадцатью пластами взрыво-обломочных пород («туфовыми козырьками»), расположенными в прикровельной части свиты в рамках ее верхней подсвиты. Характерные признаки:

– линзообразные формы залегания на двух стратиграфических уровнях (α^1 и α^2 , см. рис. 1);

– своеобразный внешний облик в виде отпрепарированных эрозией и денудацией скальных выступов красноцветных образований значительной протяженности (до 800–900 м) при относительно небольшой мощности (до 10 м);

– сложное внутреннее строение: основу составляют разнообломочные *туфы трахириолит-трахиандезит-трахитового состава* с прослоями, линзами, пятнами *тефроидов и вулканокластоосадочных пород* (туфоконгломератов, туфогравелитов, туфопесчаников).

Одновременное присутствие в породах остроугольных и окатанных обломков свидетельствует о частичном размыве пироклаستيку временными потоками, синхронными пароксизмальному вулканизму, что в конечном итоге и привело к появлению генетически взаимосвязанной триады: туфы – тефроиды – вулканокласто-осадочные породы.

В верхнематаракской подсвите литостратиграфические маркеры также представлены смешанными пирокласто-терригенными породами, очень похожими на «туфовые козырьки», но с той разницей, что они не формируют скальных выступов (за исключением обнажения горы Шунет). Они встречаются на двух стратиграфических уровнях (α^1 и α^2 , см. рис. 1) и их литологическая характеристика у разных авторов в разные годы неодинакова: *туфы* [7, 9, 13 и др.], *вулканические конгломераты* [8], *лавоконгломераты* [19], *лахаровые брекчии* [5], *диамиктитовые брекчии*, *внутриформационные конгломераты с вулканомиктовым матриксом* [8, 10]. Все эти несоответствия связаны со сложным генезисом указанных пород, образующих даже во внешне единых геологических телах отдельные участки с неясными границами, с различной сортировкой материала, с разной степенью окатанности лито- и витрокластов.

В марченгашской свите, по нашему мнению, к литостратиграфическим маркерам относятся *игнимбритоподобные туфы* кислого состава в ядрах Безымянной и Круглинской синклиналей (см. рис. 2), а в шунетской – прослой *витрокластических туфов* в прикровельной части свиты (слои λ^1 и λ^2 , см. рис. 1, 2).

Биостратиграфические маркеры представлены строматолитовыми известняками (придорожная свита) и терригенными слоями с фауной (верхнематаракская подсвита, частично придорожная свита).

Строматолитовые известняки занимают два стратиграфических уровня: нижний на границе нижней и средней подсвит придорожной свиты (слой i^1 , см. рис. 1) и верхний между двумя «туфовыми козырьками» (слой i^2 , см. рис. 1). Они представлены двенадцатью установленными линзами – девять тел в нижнем горизонте и три – в верхнем. Длина линз, сохраняющих свой стратиграфический уровень, разная – от «внемасштабной» (первые десятки метров)



до первых сотен метров. Мощности пластов невелики – от 0,4–0,5 до 2–3 м. Внешний вид органогенных построек формы *Collenia undosa* [4] своеобразен из-за частого срастания трех-пяти «шаров» различного диаметра (до 20–30 см) со скорлуповатой отдельностью и сложной слоистостью. Внутренняя структура сферических образований концентрически-зональная и представлена чередованием карбонатных или халцедоновидных (при вторичном окремнении) слоев, напоминающих микроскладки различных морфологических типов. Описанные органические постройки возникли в результате фоссилизации водорослево-бактериальных сообществ, заселяющих соленозерные водоемы [4, 11].

Кроме строматолитовых известняков в районе высоты 536,5 м в песчаниках придорожной свиты на нижнем стратиграфическом уровне (слой r^1 , см. рис. 1) найдены и описаны ископаемые остатки ихтиофауны (остеостраков) вида *Ilemorasps kirinskayae* Obruchev [16].

В верхнематаракской подсвите давно известны терригенные слои с филлоподами и эвриптеридами, также занимающие два стратиграфических уровня. Нижний (слои с филлоподами) находится в основании подсвиты (слой r^1 , см. рис. 1) и встречается совместно с риниофитовой флорой [1]. Верхний (с эвриптеридами) занимает четкую позицию между двумя «туфовыми козырьками» (слой r^2 , см. рис. 1).

Значительное количество прослеженных по простираению маркеров создает предпосылки для расшифровки геологических структур, скрытых под рыхлыми отложениями. Для этого на геологической схеме с литолого-петрографической нагрузкой (см. рис. 2) нанесены структурные линии предполагаемых стратиграфических уровней маркеров и оконтурена маркирующая литостратиграфическая пачка, подошва которой совпадает с нижним (α^1) «туфовым козырьком», а кровля – с верхним (α^2). Как видно из рис. 2, маркирующие горизонты придорожной свиты, включенные в две крупные «погребенные» складки, отреставрированные с использованием данных по реальным («непогребенным») геологическим маркерам в районе выс. 536,5 и 528,4 м (см. рис. 1), протягиваются под четвертичным покровом вплоть до северо-восточной оконечности оз. Березовое, снова появляясь на земной поверхности лишь на водоразделе озер Матарак и Шунет уже в составе верхнематаракской подсвиты.

Биостратиграфическая корреляция нижнедевонских образований двух участков в региональном плане базируется на многочисленных находках риниофитовой ископаемой флоры почти по всему вертикальному интервалу разрезов, что дает основание надежно определить прагиен-эмский возраст стратона в контурах саглинского и таштыпского горизонтов [15].

Литостратиграфическая корреляция выполнялась при производстве региональных геолого-съемочных работ по программе ГДП-200 и основывалась на «посвитном» сопоставлении разрезов. При этом придорожная свита была упразднена и ее базальные части произвольно заменены верхнематаракской подсвитой, а средние и верхние части – шунетской свитой, в результате чего марченгашские вулканиды оказались на одном стратиграфическом уровне с арамчакскими красноцветными отложениями [7]. Существуют и иные представления. Например, В. Л. Хомичев [19] утверждает, что нижнедевонские образования всего Минусинского прогиба вообще не могут быть расчленены на валидные стратиграфические подразделения и их корреляция в силу резких фациальных различий практически невозможна.

Попытка **детальной корреляции** реализована Н. А. Макаренко [13]. В результате сопоставления разрезов по характерным «туфовым козырькам» было сделано предположение о том, что придорожная свита примерно одновозрастна с верхнематаракской подсвитой, а шунетская свита изохронна марченгашским вулканидам. Отложения, синхронные арамчакской свите, на Ширинско-Марченгашском участке отсутствуют (размыты?). Однако до сих пор не были систематизированы данные по детальному картированию биостратиграфических маркеров, отсутствовали послойные описания разрезов в контурах Ширинско-Марченгашского участка, что делало эти построения недостаточно убедительными. В настоящее время вполне возможно проведение комплексной послойной био- и литостратиграфической корреляции с использованием опубликованных материалов по стратотипам придорожной [11], матаракской и шунетской [9] свит.

Как видно из рис. 3 корреляционные линии свидетельствуют о том, что верхнематаракские отложения изохронны двум подсвитам придорожной свиты (средней и верхней), а терригенных пород, синхронных нижней подсвите, в Матарак-Шунетском разрезе нет. Примечательно, что поведение маркирующей литостратиграфической пачки в сравниваемых разрезах однотипно. Кроме того, несмотря на разный видовой состав фауны, наблюдается полное совпадение стратиграфических уровней биомаркеров: нижний горизонт находится под литостратиграфической пачкой, верхний – внутри пачки между двумя «туфовыми козырьками». Что касается марченгашской свиты, то туфы и тефроиды Безымянной и Круглинской синклиналей надежно коррелируются с туфами шунетской свиты, а базальты и долериты горы Кузьме по положению в разрезе соответствуют марченгашским вулканидам.

Если абстрагироваться от деталей, то корреляция стратиграфических разрезов двух смежных участков может быть представлена в виде схемы (рис. 4).

Подводя итоги, подчеркнем, что Ширинско-Марченгашский и Матарак-Шунетский участки об-

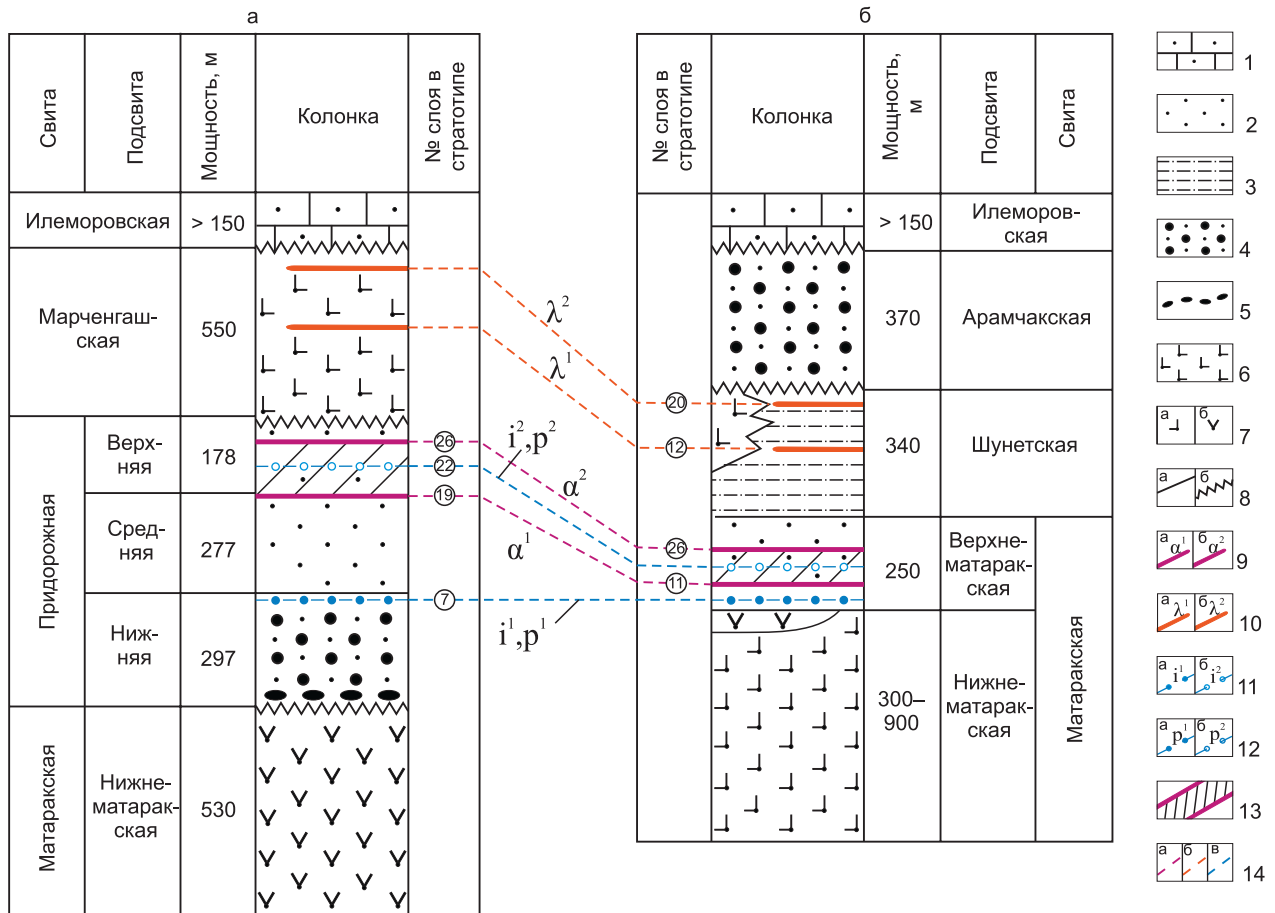


Рис. 3. Схема послойной корреляции нижнедевонских образований в стратотипических разрезах придорожной, матаракской и шунетской свит в Ширинско-Марченгашском (а) и Матарак-Шунетском (б) участках

1 – известняки, мергели; 2 – песчаники, алевролиты, редко аргиллиты; 3 – туфоалевролиты, туфоаргиллиты; 4 – переслаивание песчаников, конгломератов, гравелитов; 5 – базальные конгломераты; 6 – базальтоиды марченгашской свиты; 7 – вулканиты нижнематаракской подсвиты: а – базальтоиды, б – лавы и туфы трахириолит-трахиандезит-трахитового состава; 8 – геологические границы: а – согласные, б – несогласные; *литостратиграфические маркеры*: 9–10 – в отложениях: 9 – придорожной свиты и верхнематаракской подсвиты: а – нижний, б – верхний горизонты, 10 – марченгашской и шунетской свит: а – нижний, б – верхний горизонты; *биостратиграфические маркеры*: 11 – строматолитовые известняки: а – нижний, б – верхний горизонты; 12 – терригенные слои с фауной: а – нижний, б – верхний горизонты; 13 – маркирующая литостратиграфическая пачка; 14 – корреляционные линии: а – для литостратиграфических маркеров придорожной свиты и верхнематаракской подсвиты, б – для марченгашской и шунетской свит, в – для биостратиграфических маркеров

ладают разным набором индивидуальных особенностей нижнедевонских вулканогенно-осадочных образований и заметно отличаются друг от друга, что подтверждается изложенными материалами. Участки различаются:

- разной активностью и скоростью процессов седиментогенеза: низкой («вялой») и высокой, что объективно отразилось как на значительном сокращении общей мощности верхнематаракской подсвиты (250 м в стратотипе) по сравнению с придорожной свитой (750 м), так и на появлении в составе последней мощного пласта базальных конгломератов;
- различной количественной ролью базальтоидов внутри осадочной составляющей сравниваемых разрезов;
- полным несоответствием вещественного состава кровли верхней части нижнего девона: суще-

ственно эффузивной в Ширинско-Марченгашском и терригенной в Матарак-Шунетском участках.

С учетом выявленных отличий в изученном районе можно наметить два типа осадконакопления – придорожный и матаракский.

Придорожный тип осадконакопления проявился там, где терригенные отложения формируются в напряженной геодинамической обстановке во время длительной межвулканической паузы, когда вулканические процессы были относительно слабо выражены, а доминировал активный седиментогенез за счет энергичного разрушения подстилающих пород. На финальных стадиях «затянувшейся» паузы происходит усиление вулканизма вплоть до несогласного перекрытия сформированных ранее вулканогенно-осадочных отложений новыми порциями эффузивно-пирокластического материала. Стандартная схема разреза такова: «нижние»



Рис. 4. Принципиальная внemasштабная схема корреляции нижнедевонских образований Ширинско-Марченгашского (а) и Матарак-Шунетского (б) участков

эффузивы и пирокластиты, залегающие на додевонском фундаменте → вулканогенно-осадочные отложения с базальными конгломератами → «верхние» эффузивы → осадочные слои среднего девона.

Матаракский тип осадконакопления развивается в условиях, когда терригенные отложения образуются в спокойной геодинамической обстановке после окончания активной фазы раннедевонского вулканизма, поэтому преобладают обломочные осадочные породы при незначительной доле эффузивов и пирокластитов. Схема стандартного разреза: «нижние» вулканиты и пирокластиты, залегающие на додевонском фундаменте → существенно терригенные нижнедевонские отложения (без базальных конгломератов) → терригенно-карбонатные слои среднего девона. Здесь нет «верхних» эффузивов. Разумеется, между близко расположенными участками с разными типами седиментогенеза в латеральном направлении будут возникать фациальные взаимопереходы одного типа осадконакопления в другой.

Общий объединяющий фактор – синхронное появление на определенных стратиграфических уровнях маркирующих горизонтов – продуктов кратковременных всплесков вулканической (эксплозивной) и органической активности, выраженных в различных палеогеографических условиях (горных и субравнинных).

В заключение отметим, что полученные нами новые данные могут оказаться полезными при детализации разрезов нижнего девона на сопредельных территориях, где в Коксинской, Уленьской и Сисимской структурно-формационных подзонах,

судя по опубликованным в Региональной стратиграфической схеме [15] материалам, намечается определенное сходство процессов раннедевонского седиментогенеза с придорожным типом осадконакопления, а в Уйбатской, Быстрянской, Саралинской структурно-фациальных подзонах – с матаракским. Это вселяет надежду на потенциальную возможность открытия в данных районах неопознанных до сих пор корреляционных маркеров.

Авторы благодарны коллеге А. И. Третьяк за помощь в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ананьев А. Р.** Проблемы фитостратиграфии девона и нижнего карбона Саяно-Алтайской горной области // Итоги исследований по геологии и географии за 50 лет. – Томск: ТГУ, 1968. – С. 65–83.
2. **Ананьев А. Р., Макаренко Н. А., Парначев В. П.** О стратиграфическом положении и возрасте псилофитовой флоры окрестностей райцентра Ширы (Хакасия) // Геология и полезные ископаемые Сибири. Т. 1. – Томск: ТГУ, 1974. – С. 12–14.
3. **Ананьев А. Р., Парначев В. П., Макаренко Н. А.** Некоторые вопросы геологического строения и возраста девонских вулканогенных образований района озер Матарак и Шунет (Северо-Минусинская впадина) // Проблемы комплексных геолого-географических исследований девонских прогибов Алтая. – Новокузнецк: Кемеровский ГПИ, 1972. – С. 3–13.
4. **Генетические** особенности нижнедевонских карбонатных отложений окрестностей пос. Ширы (Республика Хакасия) / Н. А. Макаренко, С. Н. Макаренко, С. А. Родыгин и др. // Геология и минераль-



но-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1с. – С. 30–36.

5. **Геология** и минерагения Северной Хакасии. Путеводитель по учебному геологическому полигону вузов Сибири / под ред. В. П. Парначева, Б. Д. Васильева. 3-е изд. – Томск: ТПУ, 2007. – 235 с.

6. **Государственная** геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Минусинская. Лист N-45-XXIV (Балыкса). Объяснительная записка / А. Д. Котельников, А. Г. Дербан, Н. А. Макаренко и др. – СПб.: 2013. – 261 с.

7. **Государственная** геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Минусинская. Лист N-45-XVIII (Шира). Объяснительная записка / М. Н. Секретарев, А. П. Липишанов, В. Н. Зайцев и др. – СПб., 2000. – 151 с.

8. **Краснов В. И., Ратанов Л. С.** Корреляция раннедевонских осадочно-туфогенных образований Минусинского прогиба // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. – С. 87–92.

9. **Краснов В. И., Ратанов Л. С.** О стратотипах матаракской и шунетской свит в Северо-Минусинской впадине // Тр. СНИИГГиМС. – 1974. – Вып. 173. – С. 82–89.

10. **Краснов В. И., Федосеев Г. С.** Быскарская серия Минусинского межгорного прогиба: современная интерпретация (к совершенствованию легенды Госгеолкарты-200 и 1000) // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. – С. 93–99.

11. **Макаренко Н. А., Котельников А. Д., Котельникова И. В.** Придорожная свита нижнего девона – общая характеристика, стратотипический разрез (Ширинский район, Республика Хакасия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 2. – С. 3–12.

12. **Новые** данные о строении и составе раннедевонской вулканогенной быскарской серии юго-западной части Чебаково-Балахтинской впадины / В. П. Парначев, А. Ф. Беженцев, Ф. Р. Сатаев и др. // Центр учебных геологических практик ТПУ в Хакасии и его основатель Г. А. Иванкин. – Томск: ТПУ, 2009. – С. 37–48.

13. **Новые** данные по геологии учебного полигона Томского университета в Хакасии / Н. А. Макаренко, С. А. Родыгин, Ю. М. Елистратов, В. Е. Номоконов // Вопросы геологии Сибири. – Томск: ТГУ, 1982. – С. 123–132.

14. **Особенности** состава и строения раннедевонской вулканогенно-осадочной формации Сохочул-Иткульского района Северо-Минусинского прогиба / Л. В. Пешехонов, Б. Д. Васильев, Г. А. Иванкин и др. // Геологические формации Сибири и их рудоносность. – Томск: ТГУ, 1991. – С. 8–14.

15. **Региональная** стратиграфическая схема девонских образований восточной части Алтае-Саянской области / под ред. В. И. Краснова. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2012. – 52 с., табл. (23 л.).

16. **Родыгин С. А.** О находке бесчелюстных в раннедевонских отложениях окрестностей пос. Шира (Хакасия) // Современная палеонтология: классическая и нетрадиционная: тез. докл. III сес. Палеонт. об-ва при РАН. – СПб., 2006. – С. 111–112.

17. **Федосеев Г. С.** Недифференцированные базитовые силлы: новый тип контактов и гипотеза континентального силлогенеза // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Т. 1. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 156–162.

18. **Федосеев Г. С., Краснов В. И., Ратанов Л. С.** Интрузивные комплексы в быскарской осадочно-вулканогенной серии Минусинского межгорного прогиба // Формационный анализ в геологических исследованиях. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 106–108.

19. **Хомичев В. Л., Единцев Е. С., Косорук А. П.** Эталон ширинского (быскарского) трахит-трахибазальтового комплекса (Минусинский межгорный прогиб). – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2008. – 278 с.

REFERENCES

1. Anan'yev A.R. [Problems of the Devonian and Lower Carboniferous phytostratigraphy in the Sayan-Altai mountain region]. *Itogi issledovaniy po geologii i geografii za 50 let* [Research results on geology and geography for 50 years]. Tomsk, Tomsk University Publ., 1968, pp. 65–83. (In Russ.).

2. Anan'yev A.R., Makarenko N.A., Parnachev V.P. [About stratigraphic position and the age of psilophyte flora in the environs of the Shira town (Khakassia)]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Sibiri* [Geology and mineral resources of Siberia]. Tomsk, Tomsk University Publ., 1974, vol. 1, pp. 12–14. (In Russ.).

3. Anan'yev A.R., Parnachev V.P., Makarenko N.A. [Some questions of the geological structure and the age of the Devonian volcanic rock formations around lakes Matarak and Shunet (the North Minusa depression)]. *Problemy kompleksnykh geologogeograficheskikh issledovaniy devonskikh progibov Altaya* [Problems of complex geological and geographical studies of the Altai Devonian troughs]. Novokuznetsk, Kemerovo State University Publ., 1972, pp. 3–14. (In Russ.).

4. Makarenko, N.A., Makarenko S.N., Rodygin S.A., Arkhipov A.L., Kotelnikova I.V. [Genetic features of the Lower Devonian carbonate deposits in the vicinity of the Shira town (Republic of Khakassia)]. *Geologiya i mineralno-syryevye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*. Novosibirsk, 2012, no. 1c, pp. 30–36. (In Russ.).

5. Parnachev V.P., Vasil'yev B.D. eds. *Geologiya i minerageniya Severnoy Khakassii. Putevoditel po uchebnomu geologicheskomu poligonu vuzov Sibiri* [Geology and metallogeny of the North Khakassia. Guidebook to training geological ground of Siberian Universities]. Tomsk, Tomsk University Publ., 2007. 235 p. (In Russ.).

6. Kotel'nikov A.D., Derban A.G., Makarenko N.A., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF*



masshtaba 1:200 000. Seriya Minusinskaya. List N-45-XXIV (Balyksa). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the RF, scale 1:200.000, sec. ed., Series Minusinskaya, sheet N-45-XXIV (Balyksa). Explanatory note]. St. Petersburg, 2013. 261p. (In Russ.).

7. Sekretarev M.N., Lipishanov A.P., Zaitsev V.N., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:200 000. Izd. vtoroye. Seriya Minusinskaya. List N-45-XVIII (Shira). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the RF, scale 1:200.000, sec. ed., Series Minusinskaya, sheet N-45-XVIII (Shira). Explanatory note]. St.-Petersburg, 2000. 151 p. (In Russ.).

8. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Correlation of Early Devonian sedimentary-tuffogenic formations of the Minusa trough]. *Stratigraphiya i paleontologiya Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia], Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 87–92.

9. Krasnov V.I., Ratanov L.S. *O stratotipakh matakarskoy i shunetskoy svit v Severo-Minusinskoy vpadine* [About stratotypes of Matarak and Shunet formations in the North-Minusa depression]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1974, pp. 82–89. (In Russ.).

10. Krasnov V.I., Fedoseev G.S. [Byskarskaya Series of the Minusa intermountain trough: modern interpretation (to the improvement of legend of Gosgeolmap 200 and 1000)]. *Stratigrafiya i paleontologiya Sibiri* [Stratigraphy and Paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 93–99. (In Russ.).

11. Makarenko N.A., Kotelnikov A.D., Kotelnikova I.V. [The Lower Devonian Pridorozhnaya Formation-general description, stratotype section (Shirinskiy Region, Republic of Khakassia)]. *Geologiya i mineralno-syryevye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2017, no. 2, pp. 3–12. (In Russ.).

12. Parnachev V.P., Bezhentsev A.F., Satayev F.R. *Novye dannye o stroenii i sostave nizhnedevonskoy vulcanogennoy byskarskoy serii yugo-zapadnoy chasti Chebakovo-Balakhtinskoy vpadiny* [New data on the structure and composition of the Lower Devonian volcanogenic Byskar Series of the south-western Chebakovo-Balakhtinskaya depression]. Tomsk, Tomsk Politech. Univ. Publ., 2009, pp. 37–48. (In Russ.).

13. Makarenko N.A., Rodygin S.A., Yelistratov Yu.M., Nomokonov V.E. [New geological data on

the training ground of the Tomsk State University in Khakassia]. *Voprosy geologii Sibiri* [Problems of the Siberian geology]. Tomsk, Tomsk State University Publ., 1982, pp. 123–132. (In Russ.).

14. Peshekhonov L.V., Vasilyev B.D., Ivankin G.A. [Peculiar properties of the composition and structure of the Early Devonian volcanogenic-sedimentary formations within the Sokhochul-Itkul'skiy Region, the North-Minusa trough]. *Geologicheskkiye formatsii Sibiri i ikh rudonosnost'* [Geologic formations in Siberia and its ore content]. Tomsk, Tomsk University Publ., 1991, pp. 8–14. (In Russ.).

15. Krasnov V.I. ed. *Regionalnaya stratigraficheskaya skhema devonskikh obrazovaniy vostochnoy chasti Altae-Sayanskoy oblasti* [Regional stratigraphic chart of the Devonian formations of the eastern Altai-Sayan region], tables (23 sheets). Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2012. 52 p. (In Russ.).

16. Rodygin S.A. [About discovery of *agnostostoma* in the Lower Devonian deposits in the vicinity of the Shira town (Republic of Khakassia)]. *Sovremennaya paleontologiya: klassicheskaya i netraditsionnaya: Tez. Dokl. LII sessii Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN* [Modern paleontology: classic and untraditional: Proceedings of LII session of the Paleontological society attached to RAS]. St. Petersburg, 2006, pp. 111–112. (In Russ.).

17. Fedoseev G.S. [Undifferentiated basic sills: new type of contacts and sill genesis]. *Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov* [Petrology of igneous and metamorphic complexes]. Tomsk, Tomsk University Publ., 2002, vol. 1, pp. 156–162. (In Russ.).

18. Fedoseev G.S., Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Igneous complexes in the Byskarskaya sedimentary-vulcanogenic series of the Minusa intermountane trough]. *Formatsionniy analiz v geologicheskikh issledovaniyakh* [Formational analysis in geological investigations]. Tomsk, Tomsk University Publ., 2002, pp. 106–108. (In Russ.).

19. Khomichev V.L., Yedintsev E.S., Kosorukov A.P. *Etalon shirinskogo (byskarskogo) trakhit-trakhibazaltovogo kompleksa (Minusinskiy mezhgorniy progib)* [Etalon of the Shirinskiy (Byskarskiy) trachyte-trachybasalt complex (Minusa intermountane trough)]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2008. 278 p. (In Russ.).

© Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, И. В. Котельникова, 2018

УДК 563.12:551.763.13(571.121)

КОМПЛЕКСЫ ФОРАМИНИФЕР И БИОСТРАТИГРАФИЯ АЛЬБА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (П-ОВ ЯМАЛ)

В. М. Подобина

Томский государственный университет, Томск, Россия

Получены новые сведения по альбским комплексам фораминифер из разрезов новых скважин, пробуренных на п-ове Ямал. Эту территорию автор относит к северному палеобиогеографическому району, южная граница которого проводится по широтному течению р. Обь. Наиболее разнообразные альбские комплексы фораминифер обнаружены в разрезе скв. 50 Малыгинской площади, а также в разрезе скв. 124 Западно-Тамбейской и скв. 201, 205 Северо-Тамбейской площадей. Сходные альбские комплексы фораминифер ранее изучены автором в 10 разрезах скважин Самотлорской площади в Широтном Приобье. Наиболее устойчивым и разнообразным в видовом отношении является среднеальбский комплекс, который обнаружен не только в указанных разрезах скважин, но и южнее на ранее изученных площадях.

Ключевые слова: фораминиферы, биостратиграфия, альб, Западная Сибирь.

FORAMINIFERA ASSEMBLAGES AND ALBIAN BIOSTRATIGRAPHY OF WEST SIBERIA (YAMAL PENINSULA)

V. M. Podobina

Tomsk State University, Tomsk, Russia

New data on Albian foraminifera assemblages were obtained from recently drilled well columns of the Yamal Peninsula. The author refers this territory to the northern paleobiogeographical district, the southern boundary of which is drawn along the latitudinal Ob River stream. The most diverse Albian foraminifera assemblages were found in the well column 50 at the Malyginskaya area, as well as in columns of well 124 of the West-Tambeyskaya and the wells 201, 205 of the North-Tambeyskaya areas. Slightly similar Albian foraminifera assemblages have earlier been studied by the author from 10 columns at the Samotlorskaya area in the Shirotnoye Priobye (Latitudinal Ob River Region). The most changeless and diverse in species is the middle Albian assemblage. It was revealed not only in the columns of the Yamal Peninsula, but also in more south previously studied areas.

Keywords: foraminifera, biostratigraphy, Albian, West Siberia.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-24-31

Альбские комплексы фораминифер за последние годы обнаружены в ханты-мансийском горизонте на Самотлорской, Полярной, Восточно-Лодочной площадях Западной Сибири [4]. Ранее были получены сведения об этих комплексах для Зауралья [1–3], наиболее детальные исследования с описанием многих альбских видов проведены З. И. Булатовой [1].

По палеобиогеографическому районированию Западной Сибири указанные площади (кроме Зауралья) относятся к северному району, а Зауралье, по мнению автора, западный район [8]. Альбские комплексы северного района наиболее детально изучены в 10 разрезах скважин Самотлорской площади, расположенной в средней части широтного течения р. Обь. Во всех разрезах встречены только агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы довольно разнообразного видового состава. В. А. Маринов изучал альбские фораминиферы в Зауралье и отразил свои исследования в региональной стратиграфической схеме [6]. В результате всех находок альбских фораминифер в северном районе появилась возможность их сравнения с зауральскими, а также с таковыми из Канадской провинции [4, 5, 7, 9, 10]. В пределах Самотлорской площади автором установлены две зоны фораминифер:

Ammobaculites fragmentarius, *Gaudryinopsis filiformis* (средний альб) и *Ammotium braunsteini*, *Verneuilinoides borealis assanoviensis* (верхний альб). В противоположность зауральским комплексам в разрезах Самотлорской и других площадей северного района, кроме п-ова Ямал, раннеальбские фораминиферы пока не обнаружены.

В последней региональной стратиграфической схеме [6] по альбу Западной Сибири (западный район Зауралья) А. В. Мариновым предложен вид *Verneuilinoides borealis* Tappan *assanoviensis* (Zaspelova) как один из видов-индексов для слоев среднего и верхнего альба совместно с разными видами рода *Ammosiphonia* (*A. jamaica* – верхний, *A. beresoviensis* – средний альб). На наш взгляд эти виды, как и род *Ammosiphonia* в Зауралье и в других разрезах, не прослежены. Этот род установлен в отложениях триаса на юге Китая.

По всем родовым признакам, в том числе и по химическому составу стенки раковины (кварцево-кремнистый), здесь присутствует род *Ammotium*, характерный для альбских отложений Западно-Сибирской и Канадской провинций. Вид-индекс *Verneuilinoides borealis* Tappan *assanoviensis* (Zaspelova) в основном приурочен к верхним сло-



ям ханты-мансийского горизонта и может являться видом-индексом для одноименной зоны верхнего альба. З. И. Булатова [1] впервые выделила верхнеальбскую зону с указанным видом-индексом. Автор считает, что к этому виду следует добавить не менее характерный для верхнего альба второй вид-индекс *Ammotium braunsteini* (Cushman et Applin) [4, 7]. В 10 разрезах скважин Самотлорской площади, как указывалось, раннеальбский комплекс фораминифер не обнаружен. Здесь известны комплексы среднего и верхнего альба.

В среднеальбских отложениях самотлорских разрезов в фораминиферной зоне *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis* присутствуют следующие виды фораминифер: *Hyperammina pulverea* Bulatova, *Reophax troyeri* Tappan, *Haplophragmoides reconditus* Bulatova, *Recurvoides leushiensis* Bulatova, *Ammobaculites fragmentarius* Cushman, *Ammomarginulina cragini* Loeblich et Tappan, *Spiroplectammina cognata* Podobina, *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin), *G. cf. oblongus* (Zaspelova), *Pseudoverneuillina albica* Podobina. Количество их экземпляров неодинаково. Преобладают раковины родов *Haplophragmoides*, *Recurvoides*, *Ammobaculites*, *Pseudoverneuillina* и *Gaudryinopsis*. Сохранность форм также различная, однако неразрушенные раковины дают возможность установить основной систематический состав комплекса среднего альба. Наиболее характерны для среднего альба упомянутые виды-индексы, а также *Recurvoides leushiensis* Bulatova и новый вид *Pseudoverneuillina albica* Podobina нового рода *Pseudoverneuillina* Podobina, 1913. Этот род имеет некоторое сходство с родом *Verneuillina* Orbigny, 1840, но отличается кварцево-кремнистым составом стенки (не известковым), быстро расширяющейся низкой раковиной (пирамидкой) с отчетливыми тремя боковыми углами и плотно прилегающими низкими камерами.

Наиболее многочисленны в самотлорских разрезах в позднеальбском комплексе, кроме видов-индексов с *Ammotium braunsteini*, *Verneuillinoidea borealis assanoviensis*, представители родов *Haplophragmoides*, *Ammomarginulina*, *Ammotium*, *Verneuillinoidea* и *Gaudryinopsis*, наиболее типичны, кроме видов-индексов, *Ammomarginulina obscura* (Loeblich), *Spiroplectammina sibirica* Podobina, *Gaudryinopsis oblongus* (Zaspelova). Отмытый осадок почти полностью состоит из грубо- и среднезернистых раковин фораминифер. Сохранность раковин различна, однако видовой состав, характерный для верхнего альба, в разрезах Самотлорской площади также определен, несмотря на то что многие формы разрушены и деформированы. В единичных образцах прослежены псевдоморфозы известковых фораминифер, по которым трудно определить их систематическое положение. В Зауралье альбские раковины агглютированных и секреторных известковых фораминифер имеют хорошую сохранность. Здесь ранее установлены систематически

довольно разнообразные комплексы этих организмов. Видимо, зауральский бассейн, образованный бореальной альбской трансгрессией, был более глубоким и отличался нормальным гидрологическим режимом, приведшим к разнообразию и хорошей сохранности фораминифер.

В других скважинах северного района (Полярной скв. 1, Восточно-Лодочной скв. 1, Южно-Русских скв. 53, 54, 55 обнаружен среднеальбский комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Кроме видов-индексов определены характерные для среднего альба виды, сходные с самотлорскими. Подобный видовой состав и грубозернистость раковин фораминифер указывают на мелководные условия обитания и бореальной трансгрессии, распространившейся в среднем альбе до широтного течения р. Обь.

Многие виды альбских комплексов Самотлорской, Южно-Русской и других площадей северного района являются викариантами или общими видами с таковыми Канадской провинции (Западная Канада, Северная Аляска), которая вместе с Западно-Сибирской провинцией относится к Арктической палеобиогеографической области одноименного циркумполярного пояса.

Новые сведения по комплексам фораминифер из разрезов скважин п-ова Ямал дают возможность судить о систематическом составе и количестве особей каждого вида. Наиболее четко по составу видов в разрезах скважин здесь выделяется среднеальбский комплекс фораминифер. Ранне- и особенно позднеальбские комплексы содержат малоразнообразные виды, раковины которых разной степени сохранности. Если в среднеальбском комплексе исследованы секреторные известковые раковины хорошей сохранности, то в ранне- и позднеальбских комплексах они единичны. По-видимому, среднеальбская трансгрессия на п-ове Ямал, как и на территории всего северного района, была обширной, а бассейн этой территории – более глубоким с хорошим гидрологическим режимом для жизни фораминифер.

Материал и методы исследований

На п-ове Ямал пробурено несколько скважин, и из керна четырех из них микрофаунистическим анализом получены фораминиферы и ядра остракод. В разрезах Малыгинской скв. 50, Западно-Тамбейской скв. 124 и Северо-Тамбейских скв. 201, 205 из отложений ханты-мансийского горизонта выделены агглютированные кварцево-кремнистые и единичные секреторно-известковые раковины фораминифер. При их изучении выяснилось, что в большинстве образцов обнаружены среднеальбские комплексы фораминифер. Находки ранне- и позднеальбских комплексов единичны и малоразнообразны в видовом отношении.

Микрофаунистическим методом исследованы многочисленные образцы керна (около 70) из

разрезов указанных скважин. Так, фораминиферы и ядра остракод обнаружены в пяти образцах керна Малыгинской скв. 50. Вмещающие породы состоят из темно-серых аргиллитов местами с переслаиванием серых алевролитов ханты-мансийского горизонта. В этих образцах отобраны в основном агглютированные кварцево-кремнистые формы раннеальбского возраста. В семи образцах пород керна такого же литологического состава из отмытых порошков отобраны среднеальбские фораминиферы более разнообразного видового состава и лучшей сохранности. Вместе с ними присутствуют многочисленные разнообразные ядра остракод.

В разрезе Западно-Тамбейской скв. 124 в одном образце выделены агглютированные кварцево-кремнистые (плохой сохранности), секреционно-известковые (хорошей сохранности) фораминиферы и ядра остракод. Вмещающая порода состоит из темно-серого аргиллита с линзовидными прослоями серого алевролита. Возраст пород данного образца определен как раннеальбский.

В двух образцах из этого разреза обнаружены разнообразные в видовом отношении агглютированные и секреционно-известковые фораминиферы средне- и позднеальбского возраста.

В одном из вышележащих отложений ханты-мансийского горизонта в образце (скв. 124) установлены фораминиферы и единичные ядра остракод. Там же выделены виды агглютированных фораминифер с кварцево-кремнистой стенкой. Они разнообразны в видовом отношении и многочисленны по количеству экземпляров каждого вида. В этом же разрезе в одном образце обнаружены немногочисленные недостаточно хорошей сохранности агглютированные кварцево-кремнистые фораминиферы и большое количество ядер остракод (более 50 экз. на 100 г породы). Среди фораминифер присутствуют роды *Ammotium*, *Verneuilinoides*, характерные для верхнего альба Западной Сибири.

В разрезе Северо-Тамбейской скв. 201 отобраны 22 образца керна, где из отмытого осадка выделены фораминиферы и многочисленные ядра остракод. В комплексе фораминиферы немногочисленные. Кроме агглютированных кварцево-кремнистых форм, относимых к нижнему альбу, в нем обнаружены ядра секреционно-известковых раковин отряда *Rotaliida*. В 20 образцах найдены фораминиферы разнообразного систематического состава. Преобладают агглютированные фораминиферы хорошей сохранности, среди которых установлены среднеальбские виды, в том числе и виды-индексы. Совместно с ними отобраны характерные секреционно-известковые формы.

В другом разрезе (скв. 205) Северо-Тамбейской площади в шести образцах подобных темно-серых аргиллитов с прослоями серых алевролитов ханты-мансийского горизонта из отмытого порошка от-

браны агглютированные кварцево-кремнистые, секреционно-известковые фораминиферы и ядра остракод альбского возраста.

Результаты исследований

Полученные комплексы фораминифер из образцов керна четырех разрезов скважин (Малыгинской 50, Западно-Тамбейской 124, Северо-Тамбейских 201, 205) состоят из агглютированных кварцево-кремнистых и в меньшей мере секреционно-известковых раковин. Определение их систематического состава дало возможность установить в ханты-мансийском горизонте три подъяруса альбского яруса. Наиболее устойчивым, состоящим из характерных и широко распространенных видов фораминифер, является среднеальбский комплекс. Он отчетливо представлен по составу видов во всех четырех указанных разрезах скважин. В трех разрезах выделены ранне- и позднеальбские комплексы фораминифер, состоящие из немногочисленных и недостаточно хорошей сохранности видов (особенно позднеальбский).

Биостратиграфия альба

Меловая система (K)

Нижний отдел (K₁)

Альбский ярус (K₁al)

Нижний подъярус (K₁al₁)

Ханты-мансийский горизонт

В разрезе Западно-Тамбейской скв. 124 по находкам агглютированных кварцево-кремнистых и секреционно-известковых раковин фораминифер установлен их раннеальбский комплекс. Вместе с ними найдены немногочисленные ядра остракод. Вмещающие породы – темно-серые аргиллиты с линзовидными прослоями серого алевролита.

В комплексе фораминифер определены виды, которые в среднем альбе достигли значительного разнообразия и большого количества экземпляров каждого вида. Здесь секреционно-известковые формы сравнительно мелких размеров, однако (в противоположность агглютированным раковинам) довольно хорошей сохранности. В составе комплекса определены виды *Haplophragmoides* aff. *topagorukensis* Tappan, *Ammobaculites* cf. *fragmentarius* Cushman, *Gaudryinopsis* sp. indet., *Marginulina planiscula* (Reuss), *Saracenaria solita* Bulatova, *Gavelinella stictata* (Tappan). Наблюдаются и другие раковины, но недостаточно хорошей сохранности, относимые к семействам *Haplophragmoididae* и *Ataxophragmiidae*.

Пока трудно судить о более точном возрасте комплекса, но в том, что он является альбским и, возможно, раннеальбским, мало сомнений.

В Северо-Тамбейской скв. 201 в темно-серых аргиллитах, серых алевролитах и светло-серых песчаниках в нижних слоях ханты-мансийского горизонта обнаружены раннеальбские фораминиферы. Вместе с ними встречены многочисленные ядра

остракод. Раковины фораминифер агглютинированные грубозернистые кварцево-кремнистые, относительно крупных размеров. Сохранность некоторых экземпляров удовлетворительная.

Встречены также окварцованные псевдоморфозы известковых форм преимущественно отряда Rotaliida.

В комплексе фораминифер (скв. 201) определены виды фораминифер следующего состава: *Saccamina micra* Bulatova, *Labrospira rotunda* Podobina, *Haplophragmoides* aff. *variabilis* Podobina, *Ammobaculites wenonahae* Tappan, *Ammoscalaria* aff. *cenomanica* Podobina, *Ammomarginulina obscura* (Loeblich), *Flabellamina* aff. *acuminata* Podobina, *Spiroplectammina longula* Podobina, *Verneulinoides* aff. *borealis* Tappan, *Gauryinopsis* aff. *teilleuri* Tappan, *Trochammina imiatensis* Tappan. Исследуемый комплекс по составу видов очень близок к альбским, обнаруженным в междуречье Таза и Пура (Южно-Русская скв. 55). По систематическому составу фораминифер и положению в разрезе он датирован раннеальбским возрастом (рис. 1).

В разрезах Западно-Тамбейской скв. 124 и Северо-Тамбейской скв. 201 присутствуют альбские виды, известные в формации Топагорук Северной Аляски [9].



Рис. 1. Комплекс раннеальбских фораминифер. Западная Сибирь, Северо-Тамбейская скв. 201, ханты-мансийский горизонт, нижний альб

1 – *Saccamina micra* Bulatova; 2–6 – *Labrospira rotunda* Podobina; 7–13 – *Haplophragmoides* aff. *variabilis* Podobina; 14–20 – *Ammomarginulina obscura* (Loeblich); 21–23 – *Trochammina imiatensis* Tappan; 24 – *Flabellamina* aff. *acuminata* Podobina; 25 – *Spiroplectammina longula* Podobina; 26–33 – *Verneulinoides* aff. *borealis* Tappan; 34 – *Gauryinopsis* aff. *teilleuri* Tappan; 35–40 – окварцованные ядра фораминифер отряда Rotaliida; 41 – обломок раковины

Средний подъярус (K₁al₂) Ханты-мансийский горизонт

Наиболее разнообразный и многочисленный комплекс агглютинированных кварцево-кремнистых и секреционно-известковых фораминифер обнаружен в разрезе Малыгинской скв. 50 (рис. 2, 3). Автором установлен среднеальбский комплекс с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*, в котором преобладает вид *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan. В комплексе определены следующие виды: *Psammosphaera laevigata* White, *Labrospira* aff. *rotunda* Podobina, *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan, *Recurvoides* aff. *leushiensis* Bulatova, *Ammobaculites fragmentarius* Cushman, *Pseudobolivina contorta* Bulatova, *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin), *Miliammina manitobensis* Wickenden, *Lenticulina topagorukensis* Tappan, *Saracenaria solita* Bulatova, *Gavelinella* aff. *stictata* (Tappan). В комплексе совместно с преобладающими агглютинированными кварцево-кремнистыми формами встречены секреционно-известковые раковины родов *Lenticulina*, *Saracenaria*, *Gavelinella*. Подобный комплекс с разнообразными раковинами фораминифер хорошей сохранности обнаружен впервые среди аналогичных комплексов северного палеобиогеографического района. Многие виды характерны для альбского комплекса Канадской провинции [9, 10].

В разрезе Западно-Тамбейской скв. 124 в восьми образцах исследованы агглютинированные кварцево-кремнистые и секреционно-известковые фораминиферы. В одном образце встречены единичные ядра остракод.

В среднеальбском комплексе фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis* определены виды *Saccamina* aff. *sphaerica* (M. Sars), *Reophax* aff. *sherborniana* (Chapman), *Reophax* aff. *inordinatus* Young, *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan, *Protobolivina contorta* Bulatova, *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin), *Lenticulina topagorukensis* Tappan, *Gavelinella* aff. *stictata* (Tappan) (рис. 4). Подобный среднеальбский комплекс известен и в разрезах других скважин на п-ове Ямал, наиболее обильный и разнообразный в Малыгинской скв. 50. По видовому составу он имеет много общего с таковым Канадской провинции (общие, викарирующие виды, географические подвиды).

В разрезах Северо-Тамбейских скв. 201 и 205 на п-ове Ямал в образцах темно-серых аргиллитов обнаружены многочисленные фораминиферы и ядра остракод. Кроме агглютинированных кварцево-кремнистых, исследованы секреционно-известковые раковины. Видами-индексами для комплекса фораминифер являются *Ammobaculites fragmentarius* и *Gaudryinopsis filiformis*.

В составе среднеальбского комплекса с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis* (Северо-Тамбейская скв. 201) определены виды *Psammosphaera laevigata* White, *Saccamina com-*



Рис. 2. Комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Западная Сибирь, Малыгинская скв. 50; ханты-мансийский горизонт, средний альб

1 – *Psammosphaera laevigata* White; 2–3 – *Labrospira* aff. *rotunda* Podobina; 4–22 – *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan; 23–25 – *Recurvoides* aff. *leushiensis* Bulatova; 26–29 – *Ammobaculites wenonahae* Tappan; 30–31 – *Pseudobolivina contorta* Bulatova; 32–35 – *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin); 36–40 – *Miliammina manitobensis* Wickenden; 41–43 – *Lenticulina topagorukensis* Tappan; 44–45 – *Saracenaria solita* Bulatova; 46–49 – *Gavelinella* aff. *stictata* (Tappan); 50–51 – раковины отряда Rotaliida

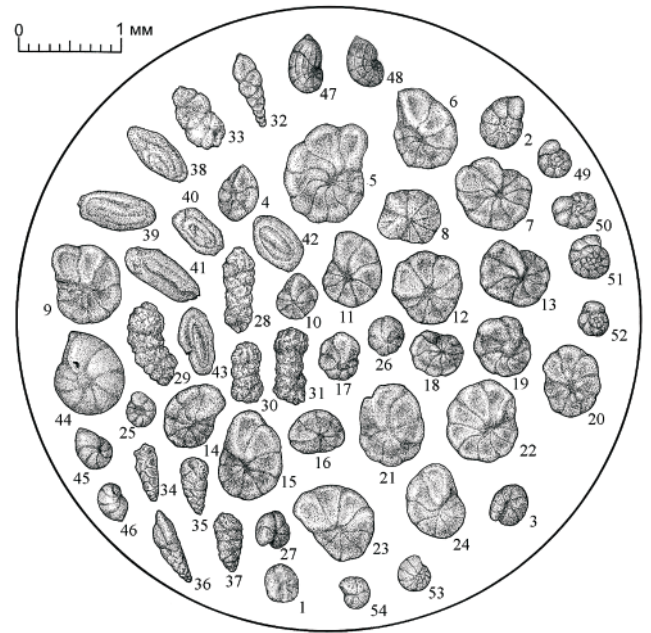


Рис. 3. Комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Западная Сибирь, Малыгинская скв. 50; ханты-мансийский горизонт, средний альб

1 – *Psammosphaera laevigata* White; 2–3 – *Labrospira* aff. *rotunda* Podobina; 4–24 – *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan; 25–27 – *Recurvoides* aff. *leushiensis* Bulatova; 28–31 – *Ammobaculites fragmentarius* Cushman; 32–33 – *Pseudobolivina contorta* Bulatova; 34–37 – *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin); 38–43 – *Miliammina manitobensis* Wickenden; 44–45 – *Lenticulina topagorukensis* Tappan; 46–48 – *Saracenaria solita* Bulatova; 49–54 – *Gavelinella* aff. *stictata* (Tappan)



Рис. 4. Комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Западная Сибирь, Западно-Тамбейская скв. 124; ханты-мансийский горизонт, средний альб

1 – *Saccammina* aff. *sphaerica* (M. Sars); 2 – *Reophax* aff. *sherborniana* (Chapman); 3 – *Reophax* aff. *inordinatus* Young; 4–8 – *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan; 9–12 – *Ammobaculites fragmentarius* Cushman; 13–14 – *Miliammina manitobensis* Wickenden; 15 – *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin); 16–19 – *Lenticulina topagorukensis* Tappan; 20–21 – *Gavelinella* aff. *stictata* (Tappan)

planata (Franke), *Hyperammina optica* (Dampel et Mjatljuk), *Reophax inordinatus* Young, *Labrospira* aff. *collyra* (Nauss), *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan, *Ammobaculites fragmentarius* Cushman, *Trochammina reinwateri* Cushman et Applin, *Gaudryinopsis nanushukensis* Tappan, *Gaudryinopsis filiformis* (Ber-

thelina), *Uvigerinammina manitobensis* (Wickenden), *Miliammina awunensis* Tappan, *Saracenaria projectura* Stelk et Wall, *Pallaimorphina ruckerae* Tappan, *Eponides morani* Tappan (рис. 5). Наиболее многочисленны представители рода *Haplophragmoides*, особенно вида *H. topagorukensis* Tappan. Раковины



Рис. 5. Комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Западная Сибирь, Северо-Тамбейская скв. 201; ханты-мансийский горизонт, средний альб

1–3 – *Labrospira* aff. *collyra* (Nauss); 4–6 – *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan; 7 – *Uvigerinammina manitobensis* (Wickenden); 8–11 – *Ammobaculites fragmentarius* Cushman; 12–14 – *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin); 15 – *Miliammina awunensis* Tappan; 16 – *Saracenaria projectura* Stelck et Wall; 17–23 – *Eponides morani* Tappan; 24–25 – *Pallai-morphina ruckerae* Tappan; 26 – раковина отряда Rotaliida

в основном хорошей сохранности. Их виды составляют среднеальбский комплекс, известный в рассмотренных ранее разрезах скважин на п-ове Ямал и северного района Западно-Сибирской провинции, а также Зауралья. Подобный комплекс прослежен и в разрезе Северо-Тамбейской скв. 205. Определены виды *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan, *Ammobaculites* aff. *fragmentarius* (Cushman), *Ammomarginulina obscura* (Loeblich), *Haplophragmium* aff. *ivlevi* Podobina, *Flabellammina* aff. *acuminata* Podobina, *Uvigerinammina manitobensis* (Wickenden), *Dentalina* aff. *basiplanata* Cushman, *Marginulina* aff. *curvatura* Cushman, *M. similis* Orb. *obliquenodes* Bandy, *Marginulina sphaerica* Podobina et Orlov, *Saracenaria solita* Bulatova, *Saracenaria projectura* Stelck et Wall, *Eponides morani* Tappan, *Rosalina?* *interposita* Mjatluk. Последние восемь видов – секреторно-известковые коричневатого цвета раковины, принадлежащие к отрядам Lagenida и Rotaliida (рис. 6).

Немного выше по разрезу обнаружен отличающийся среднеальбский комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*, в составе которого определены виды *Reophax inordinatus* Young, *Ammobaculites fragmentarius* (Cushman), *Ammomarginulina obscura* (Loeblich), *Uvigerinammina manitobensis* (Wickenden), *Trochammina* aff. *wetteri* Stelck et Wall *tumida* Podobina, *T. imiatensis* Tappan, *Verneuilinoides* aff. *borealis* Tap-



Рис. 6. Комплекс фораминифер с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. Западная Сибирь, Северо-Тамбейская скв. 205; ханты-мансийский горизонт, средний альб

1–6 – *Haplophragmoides topagorukensis* Tappan; 7–10 – *Ammobaculites fragmentarius* Cushman; 11–14 – *Ammomarginulina obscura* (Loeblich); 15 – *Haplophragmium* aff. *ivlevi* Podobina; 16–17 – *Uvigerinammina manitobensis* (Wickenden); 18–19 – *Dentalina* aff. *basiplanata* Cushman; 20 – *Marginulina* aff. *curvatura* Cushman; 21–22 – *M. similis* Orb. *obliquinoides* Bandy; 23–24 – *Marginulina sphaerica* Podobina et Orlov; 25–26 – *Saracenaria solita* Bulatova; 27 – *Saracenaria projectura* Stelck et Wall; 28–31 – *Eponides morani* Tappan; 32 – *Rosalina?* *interposita* Mjatluk; 33–34 – раковины отряда Rotaliida

pan *assanoviensis* (Zaspelova), *Gaudryinopsis filiformis* (Berthelin), *G. aff. nanushukensis* Tappan, *Marginulina* aff. *similis* Orb. *obliquenodes* Bandy. Раковины преимущественно агглютинированные грубозернистые с кварцево-кремнистой стенкой. В комплексе присутствует одна секреторно-известковая форма – вид *Marginulina* aff. *similis* Orb. *obliquenodes* Bandy, однако прослежены характерные для среднего альба оба вида-индекса [7].

Все исследованные раковины хорошей сохранности. Они известны в среднем альбе Зауралья, а также в формации Топагорук Северной Аляски [9].

Верхний подъярус (K₁a₁₃) Ханты-мансийский горизонт

В вышележащих отложениях ханты-мансийского горизонта исследован один образец (Западно-Тамбейская скв. 124). Обнаружены мало разнообразные агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы недостаточно хорошей сохранности и (в большем количестве) ядра остракод.

Среди фораминифер определены *Haplophragmoides* cf. *variabilis* Podobina, *Ammotium* cf. *braunsteini* (Cushman et Applin), *Verneuilinoides* sp. indet. и др. плохой сохранности таксоны семейств

Naiphragmoididae и Ataxophragmiidae. Комплекс по присутствию представителей родов *Ammotium* и *Verneuilinoides* характерен для верхнего альба Западной Сибири.

Выводы

Новые находки фораминифер из разрезов четырех скважин на п-ове Ямал дали новые сведения о распространении морских отложений альба в северном палеобиогеографическом районе Западной Сибири. Все альбские комплексы фораминифер обнаружены в темно-серых аргиллитах с прослоями серых алевролитов ханты-мансийского горизонта. Фораминиферы состоят в основном из агглютированных кварцево-кремнистых и в меньшей мере секреторно-известковых раковин. Раннеальбский комплекс фораминифер мало разнообразен и обнаружен в двух разрезах (Западно-Тамбейской скв. 124 и Северо-Тамбейской скв. 201).

Во всех четырех разрезах (Мальгинской скв. 50, Западно-Тамбейской скв. 124 и Северо-Тамбейских скв. 201, 205) исследованы сходные по систематическому составу комплексы фораминифер, которые объединены в один среднеальбский комплекс с *Ammobaculites fragmentarius*, *Gaudryinopsis filiformis*. В комплексе из ранее исследованных южных площадей (Самотлорской, Южно-Русской и др.) также обнаружены многие виды среднеальбского комплекса северного палеобиогеографического района Западной Сибири. Однако по сравнению со среднеальбским комплексом Зауралья [1] видовой состав ямальских и самотлорских значительно беднее. По-видимому, бореальная трансгрессия в Зауралье создала более углубленный сравнительно прогреваемый бассейн, в котором условия для жизни фораминифер были относительно хорошими. В Ямальском обмелевшем бассейне, также образованном бореальной трансгрессией, условия обитания менее благоприятные. Однако многие раковины фораминифер имеют хорошую сохранность. Обнаружены представительные экземпляры секреторно-известковых форм. В верхних слоях ханты-мансийского горизонта установлен позднеальбский комплекс фораминифер (Западно-Тамбейская скв. 124), в котором присутствуют виды родов *Ammotium* и *Verneuilinoides*. Однако их недостаточно хорошая сохранность и единичные находки не позволяют уверенно датировать этот комплекс поздним альбом. Многие виды альбских комплексов, особенно из среднего альба Западно-Сибирской провинции, имеют аналогичные или сходные виды в альбских отложениях Канадской провинции [9, 10]. Обе провинции, судя по сходству в составе фораминифер, относятся к Арктической палеобиогеографической области одноименного циркумполярного пояса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатова З. И. Стратиграфия апт-альбских нефтегазоносных отложений Западно-Сибирской

равнины по фораминиферам. – М.: Недра, 1976. – 152 с., 21 палеонт. табл.

2. Амон Э. О. Комплексы агглютинирующих фораминифер из ханты-мансийской свиты (альб, нижний мел) в Среднем и Южном Зауралье // Литосфера. – 2005. – № 2. – С. 97–134.

3. Захаров В. А., Маринов В. А., Агалаков С. Е. Альбский ярус Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 6. – С. 769–791.

4. Подобина В. М. Биостратиграфия альба Самотлорской площади Западной Сибири (по данным фораминифер) // Вестн. ТГУ. – 2013. – № 374. – С. 188–198, 4 палеонт. табл.

5. Подобина В. М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела Западной Сибири. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 388 с., 80 палеонтол. табл.

6. Региональная стратиграфическая схема меловых отложений Западной Сибири (апт – альб – сеноман). Региональные стратиграфические схемы меловых отложений Западной Сибири. Приняты VI Межведомственным стратиграфическим совещанием 16 октября 2003 г. Утверждена МСК РФ 8 апреля 2005 г. – Новосибирск, 2005.

7. Podobina V. M. New data on middle and late Albian foraminifera and biostratigraphy of the northern palaeobiogeographical district of Western Siberia // Geologos. – 2015. – Vol. 21, no. 1. – P. 71–78, 4 pls.

8. Podobina V. M. Paleozoogeographic regionalization of Northern Hemisphere Late Cretaceous basin based on foraminifera // Proc. 4th Int. Workshop on Agglutinated Foraminifera. Spec. Publ. – 1995. – No. 3. – P. 39–247.

9. Tappan H. Foraminifera from the Arctic slope of Alaska. Pt. 3. Cretaceous Foraminifera // U. S. Geol. Survey. Prof. Paper. 1962. – No. 236. – P. 91–209, pls. 29–58.

10. Wall J. Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta // Research Council Alberta. Bull. – 1967. – Vol. 20. – 185 p., 15 pls.

REFERENCES

1. Bulatova Z. I. *Stratigraphiya apt-al'bskikh neftegazonosnykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy ravniny po foraminiferam* [Stratigraphy of the Aptian-Albian oil-and-gas bearing deposits of the West Siberian Plain by foraminifera]. Moscow, Nedra Publ., 1976. 152 p., 21 pls. (In Russ.).

2. Amon E.O. [Agglutinated foraminifera assemblages from the Khanty-Mansi Formation (Albian, Lower Cretaceous) in the Middle and South Zauraly'e (Trans-Urals)]. *Litosfera – Lithosphere*, 2005, no. 2, pp. 197–134 (In Russ.).

3. Zakharov V.A., Marinov V. A., Agalakov S. E. [The Albian Stage in Western Siberia]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 2000, vol. 41, no. 6., pp. 769–791. (In Russ.).

4. Podobina V.M. [Biostratigraphy of the Albian of the Samotlor area of Western Siberia (according to the



data of foraminifera)]. *Vestnik TGU – Bulletin of Tomsk State University*, 2013, no. 374, pp. 188–198, 4 pls. (In Russ.).

5. Podobina V. M. *Foraminifery i biostratigrafiya verkhnego mela Zapadnoy Sibiri* [Foraminifera and the Upper Cretaceous biostratigraphy of Western Siberia]. Tomsk, NTL Publ., 2000. 388 p., 80 pls. (In Russ.).

6. *Regionalnaya stratigraficheskaya schema melovykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri (apt-alb-senoman) VI Mezhd. stratigr. soveshchaniye* [6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting, approv. by Stratigraphic Committee of the Russian Federation [The Regional Stratigraphic Chart of the Cretaceous deposits of Western Siberia (Aptian – Albion – Cenomanian)]. Novosibirsk, 2005. (In Russ.).

7. Podobina V. M. New data on middle and late Albian foraminifera and biostratigraphy of the northern palaeobiogeographical district of Western Siberia // *Geologos*. 2015, vol. 21, no. 1, pp. 71–78, 4 pls.

8. Podobina V. M. Paleozoogeographic regionalization of Northern Hemisphere Late Cretaceous basin based on foraminifera. *Proc. 4th Int. Workshop on Agglutinated Foraminifera. Spec. Publ.*, 1995, no. 3, pp. 39–247.

9. Tappan H. Foraminifera from the Arctic slope of Alaska. Pt. 3. Cretaceous Foraminifera. *U. S. Geol. Survey. Prof. Paper*, 1962, no. 236, pp. 91–209, pls. 29–58.

10. Wall J. Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta. *Research Council Alberta. Bull.*, 1967, vol. 20. 185 p., 15 pls.

© В. М. Подобина, 2018



УДК 553.981.04/982.04:551.72(571.5–12)

КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА ВЕРХНЕВЕНДСКО-НИЖНЕКЕМБРИЙСКОГО АЛЛОХТОННОГО КАРБОНАТНОГО МАКРОКОМПЛЕКСА ПРЕДПАТОМСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

Г. Г. Шемин¹, А. В. Мигурский², М. Ю. Смирнов², А. Г. Вахрамеев⁴, А. А. Поспеев⁵¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; ³Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; ⁴Иркутский филиал ООО «РН-Бурение», Иркутск, Россия

Предпатомский региональный прогиб расположен в юго-восточной части Сибирской платформы вдоль действующего нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан». Это потенциальный крупный объект подготовки запасов и добычи углеводородного сырья. Он характеризуется низкой степенью изученности сейсморазведкой и бурением, сложным строением, что затрудняет разработку моделей строения вендско-нижнекембрийских нефтегазоносных отложений и достоверную оценку перспектив их нефтегазоносности. Рассмотрены модели строения проницаемых комплексов и флюидоупоров нижне-даниловского, верхнеданиловского и усольского региональных резервуаров, составляющих верхневендско-нижнекембрийскую аллохтонную часть осадочного чехла. Приведены результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности резервуаров.

Ключевые слова: резервуар, проницаемый комплекс, флюидоупор, продуктивный пласт, перспективы нефтегазоносности, ресурсы, запасы, нефть, газ, конденсат.

COMPREHENSIVE CHARACTERISTICS AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PROSPECTS OF PETROLEUM CONTENT IN THE REGIONAL OIL AND GAS RESERVOIRS OF THE UPPER VENDIAN – LOWER CAMBRIAN ALLOCHTHONOUS CARBON-BEARING MACROCOMPLEX AT THE PREDPATOM REGIONAL TROUGH (SIBERIAN PLATFORM)

G. G. Shemin¹, A. V. Migursky², M. Yu. Smirnov², A. G. Vakhrameev⁴, A. A. Pospeev⁵¹Institute Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ³Institute of the Earth's crust SB RAS, Irkutsk, Russia; ⁴Irkutsk branch OOO «RN-Drilling», Irkutsk, Russia

The Predpatom regional trough is situated in the southeastern part of the Siberian Platform along the Eastern Siberia-Pacific Ocean active crude oil pipeline. This is an available large facility designed for developing reserves and hydrocarbon extraction. It is still not adequately studied by seismic exploration and drilling and characterized by complex structure, which hampers the development of structure models of Vendian-Lower Cambrian petroleum deposits and a reliable estimate of their hydrocarbon prospects. The authors have considered some structure models of permeable complexes and fluid seals of the Nizhnedaniilovsky, Verkhnedaniilovsky and Usolsky regional reservoirs composing an Upper Vendian- Lower Cambrian allochthonous part of the sedimentary cover. They also present some quantitative estimate results of hydrocarbon prospects of those reservoirs.

Keywords: Predpatom regional trough, reservoir, permeable complex, fluid seal, pay, quantitative estimate, hydrocarbon prospects, reference area, design area, resources, reserves, oil, gas, condensate.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-32-55

Предпатомский региональный прогиб (ПП) расположен в юго-восточной окраинной части Сибирской платформы, где имеет общие границы со следующими крупными структурами: юго-западная его часть – с Ангаро-Ленской ступенью; северо-западная – с Непско-Ботуобинской антеклизой; северо-восточная – с Вилючанской седловиной, Сунтарским сводом и Кемпендяйской впадиной; восточная – с Алданской антеклизой; юго-восточная – с Байкало-Патомской складчатой областью. Площадь прогиба 188 тыс. км². Осадочный чехол практически повсеместно сложен складчато-надвиговыми дислокациями.

В северо-восточной части ПП выделяются Нюйско-Джербинская и Березовская впадины, разделенные Джеюктинским выступом. Юго-западная

ветвь прогиба, условно названная Казачинской депрессией, отделяется от Нюйско-Джербинской впадины Вилюйско-Мархинским региональным разломом.

Степень изученности ПП сейсморазведочными и буровыми работами весьма низкая. На его огромной территории проведены в небольшом объеме сейсморазведочные работы (длина сейсморазведочных профилей составляет 11978 км) и пробурено лишь 46 глубоких скважин, многие из которых расположены на трех открытых месторождениях: Бысахтахском, Отраднинском и Хотого-Мурбайском.

Основные перспективы нефтегазоносности прогиба, как и смежных с ним крупных структур, связаны с двумя макрокомплексами: вендским

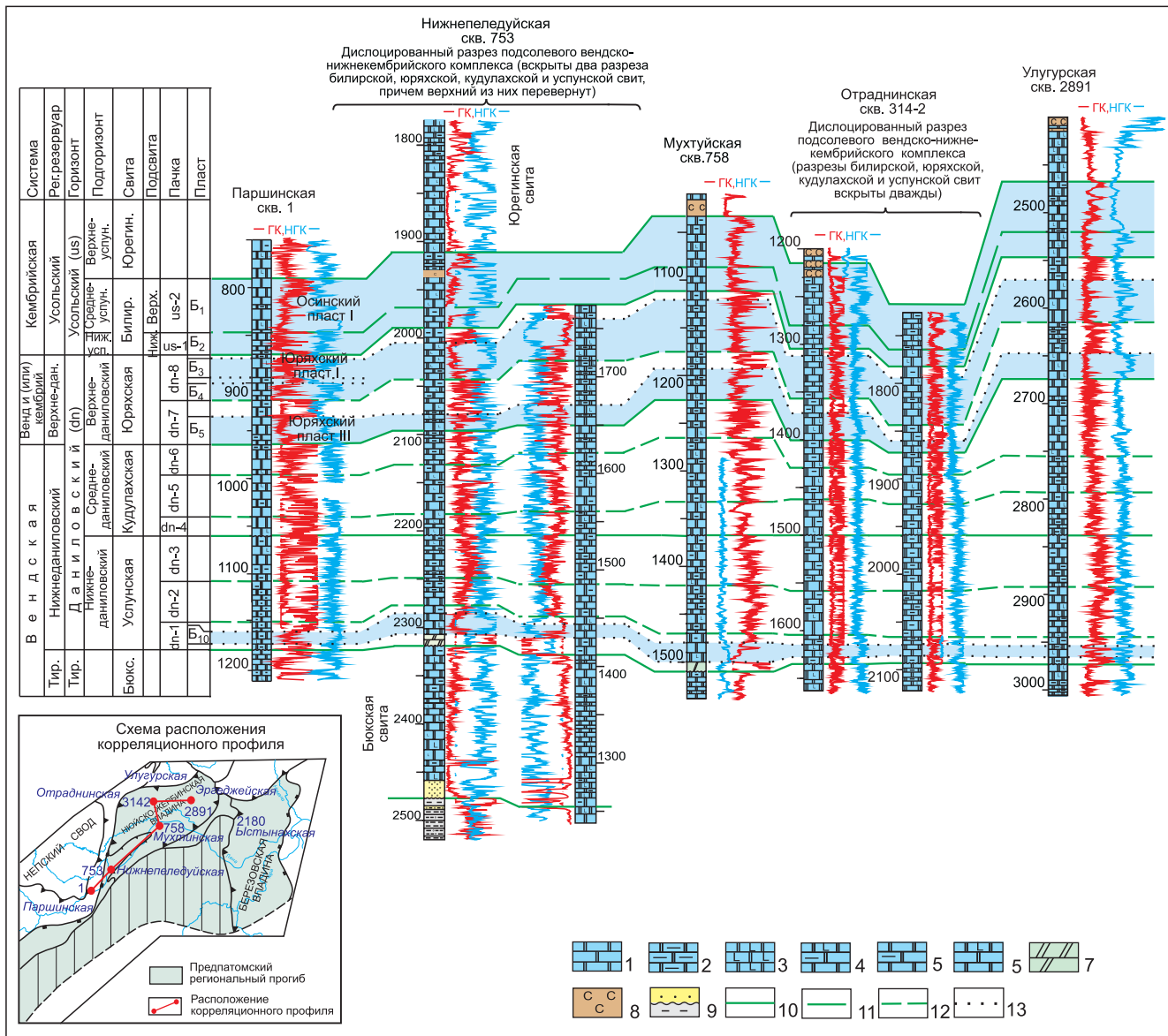


Рис. 1. Корреляция разрезов верхов венда и низов нижнего кембрия (даниловский горизонт, нижеусольский и среднеусольские подгоризонты) Ньюско-Джербинской впадины ПРП по профилю Паршинская – Улугурская площади 1–8 – породы: 1 – карбонатные, 2 – глинистые карбонатные, 3 – ангидрито-доломиты, 4 – доломиты глинистые и ангидритовые, 5 – доломиты глинистые, 6 – доломиты ангидритистые, 7 – мергели, 8 – каменная соль; 9 – перерывы; 10–13 – границы: 10 – свит, 11 – подсвит, 12 – пачек циклического строения, 13 – продуктивных пластов; индексы пластов: Б₁ – I пласт осинского горизонта, Б₂ – II пласт осинского горизонта, Б₃₋₄ – I-II пласты юряжского горизонта, Б₅ – III пласт юряжского горизонта, Б₁₀ – преобразженный горизонт

Экспертная оценка влияния параметров, контролирующих нефтегазоносность, на перспективу нефтегазоносности региональных резервуаров верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрокомплекса Предпатомского регионального прогиба

Современный структурный план		Параметр		Качество флюидоупора	
Категория земель	Оценка	Категория земель	Оценка	Качество флюидоупора	Оценка
Высокоперспективные	1	Высокоперспективные	1	Высокое	1
Перспективные	0,9	Перспективные	0,9	Среднее	0,8
Среднеперспективные	0,7			Пониженное	0,7
Пониженных перспектив	0,5	Среднеперспективные	0,8	Низкое	0,5
Низкоперспективные	0,3				



терригенным и перекрывающим его верхневендско-нижнекембрийским подсолевым карбонатным. Последний и является объектом приведенных в настоящей работе результатов исследований. Он подразделяется на три региональных резервуара: нижнеданиловский, верхнеданиловский и усольский.

Вопросы геологического строения и оценки перспектив нефтегазоносности верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрокомплекса ПРП освещены в работах специалистов СНИИГГиМС, ВостСибНИИГГиМС, ВНИГРИ, ВНИГНИ, Иркутскгеофизика, Якутскгеофизика, ИНГГ СО РАН, ИПН ЯФ СО РАН и других организаций. Однако низкая степень изученности ПРП геолого-разведочными работами и его осложнение надвиговыми образованиями не позволяли до настоящего времени разработать модели строения отмеченных региональных резервуаров для всей его территории и выполнить количественную оценку перспектив их нефтегазоносности. В последние годы авторами статьи проведены комплексные исследования, направленные на решение этих вопросов. Далее приведены результаты выполненных исследований, стратиграфической основой которых являются ранее опубликованные авторами материалы [19] (рис. 1).

Методика оценки качества флюидоупоров

Роль флюидоупоров в процессе формирования и сохранения залежей углеводородов отмечалась многими исследователями [5, 12, 16]. Критерии оценки экранов нефтяных и газовых залежей описаны в литературе [9, 13, 14]. Обычно для оценки качества флюидоупоров используют следующие основные параметры: вещественный и минералогический состав отложений, содержание и фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) проницаемых прослоев, толщина флюидоупоров, интенсивность проявления в них разрывной тектоники, трещиноватость и плотность пород. В ПРП для верхневендско-нижнекембрийских глинисто-карбонатных и галогенно-карбонатных флюидоупоров изучены лишь некоторые параметры, причем на ограниченном числе участков. Обычно имеются только сведения о толщинах флюидоупоров и содержании прослоев «чистых» карбонатов и каменной соли. Эти критерии были использованы при оценке качества флюидоупоров нижнеданиловского, верхнеданиловского и усольского резервуаров [17].

Методика количественной оценки перспектив нефтегазоносности карбонатных отложений верхнего венда – нижнего кембрия

При количественной оценке использовалось «Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России» [10]. Степень изученности отложений бурением и сейсморазведкой позволила количественно оценить перспективы их нефтегазоносности геологическим способом – методом внутренних геологических аналогий по удельным плотностям запасов УВ на единицу площади.

Сначала в соответствии с утвержденными требованиями были выделены и описаны эталонные участки с подсчетом удельных плотностей начальных суммарных ресурсов УВ: для усольского регионального резервуара – Среднеботуобинский, Талаканский, Пилюдинский; для верхнеданиловского – Даниловский, Иктехский, Бысахтахский; для нижнеданиловского – Верхнечонский.

Далее с учетом инструктивных требований области, выделенные по принципу схожести геологического строения и оцениваемые тем или иным эталонным участком, были разделены на расчетные участки. При этом использовался следующий набор нефтегазогеологических карт ПРП м-ба 1:1 000 000:

- структурные карты по кровле преобразованного, юряхского и осинского продуктивных горизонтов;
- карты толщин коллекторов проницаемых комплексов резервуаров;
- карты качества флюидоупоров региональных резервуаров.

Сведения о генерационном потенциале нефтематеринских пород заимствованы из публикаций [1, 4, 7].

В дальнейшем осуществлялось сравнение контролирующих нефтегазоносность параметров каждого расчетного участка с эталонными. В качестве таковых были выбраны и обоснованы следующие показатели: гипсометрия современного структурного плана объекта оценки, качество флюидоупора, толщина коллекторов и нефтегазогенерационный потенциал нефтематеринских пород. Оценка этих параметров производилась в основном экспертным путем (см. таблицу). Только при сравнении толщин коллекторов эталонных и расчетных участков использовались непосредственные их значения. Отмеченные показатели являлись поправочными коэффициентами расчетных участков.

Общий коэффициент аналогии расчетных участков, устанавливающий соответствие между плотностями начальных суммарных ресурсов углеводородов на эталонном и расчетных участках, вычислялся как произведение поправочных коэффициентов.

На завершающей стадии сначала производилась количественная оценка удельных плотностей ресурсов углеводородов на эталонных участках, а затем оценка ресурсов нефти, газа и конденсатов нижнеданиловского, верхнеданиловского и усольского региональных резервуаров на расчетных участках исследуемой территории в целом и входящих в нее Ньюско-Джербинской, Березовской впадин и Казачинской депрессии.

Тектоническое строение верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара

Верхневендско-нижнекембрийский карбонатный макрорезервуар в тектоническом отношении

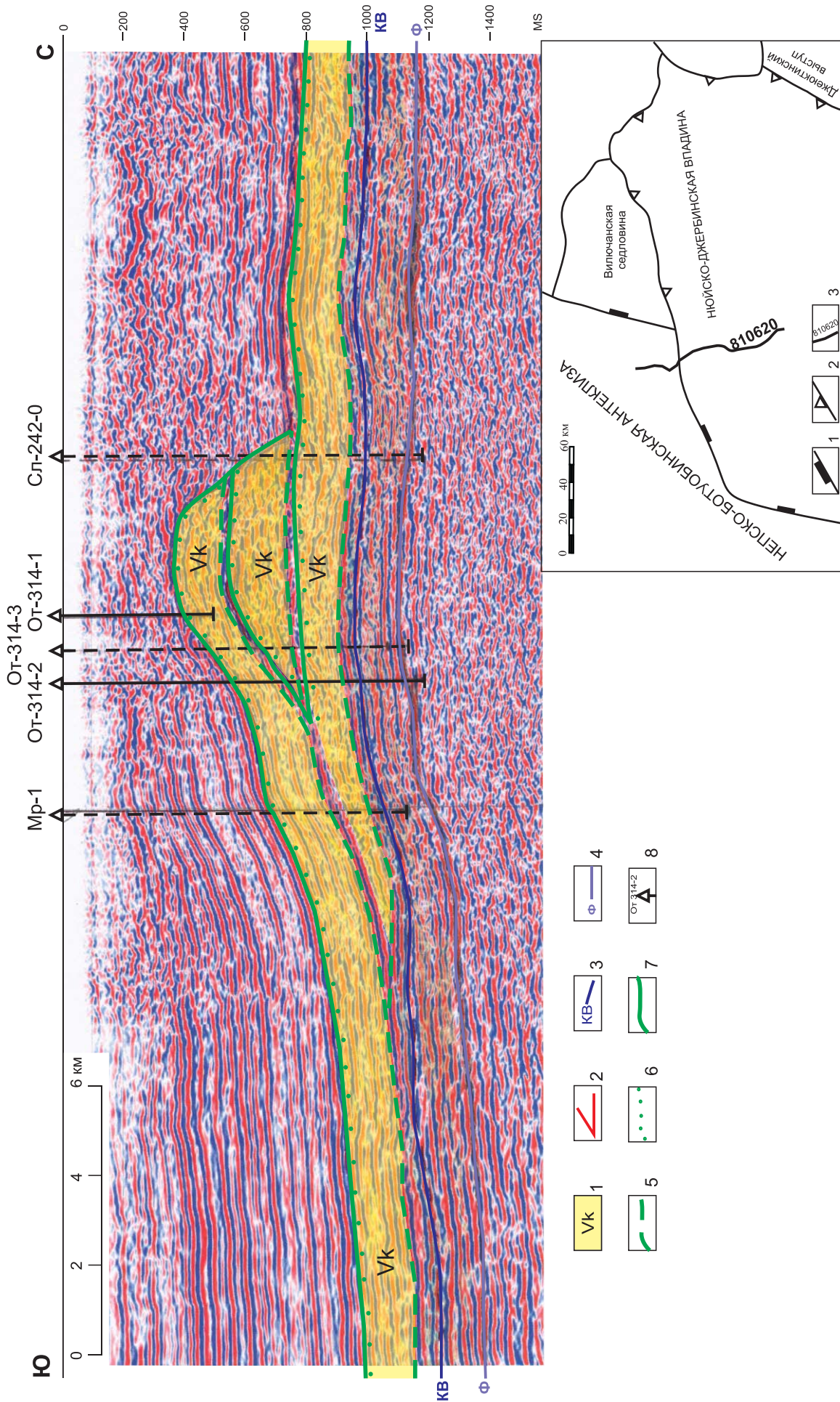


Рис. 2. Складчато-надвиговые дислокации по профилю 810620 через Отраднинское месторождение. Сост. А. В. Мигурский
 1 – карбонатный верхний венд-кембрий, 2 – разрывы; 3–4 – отражающие горизонты; 3 – кровля паршинской свиты, 4 – поверхность фундамента; 5–7 – пласты карбонатов; 5 – преобразованный, 6 – юрхский, 7 – осинский; 8 – глубокие скважины (удаленные скважины показаны пунктиром); скважины: Мр – Мурбайская, От – Отраднинская, Сл – Суларская; на врезке: 1–2 – границы; 1 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов), 2 – структур первого порядка (сводов, выстулов, впадин); 3 – расположение сейсмогеологического профиля 810620

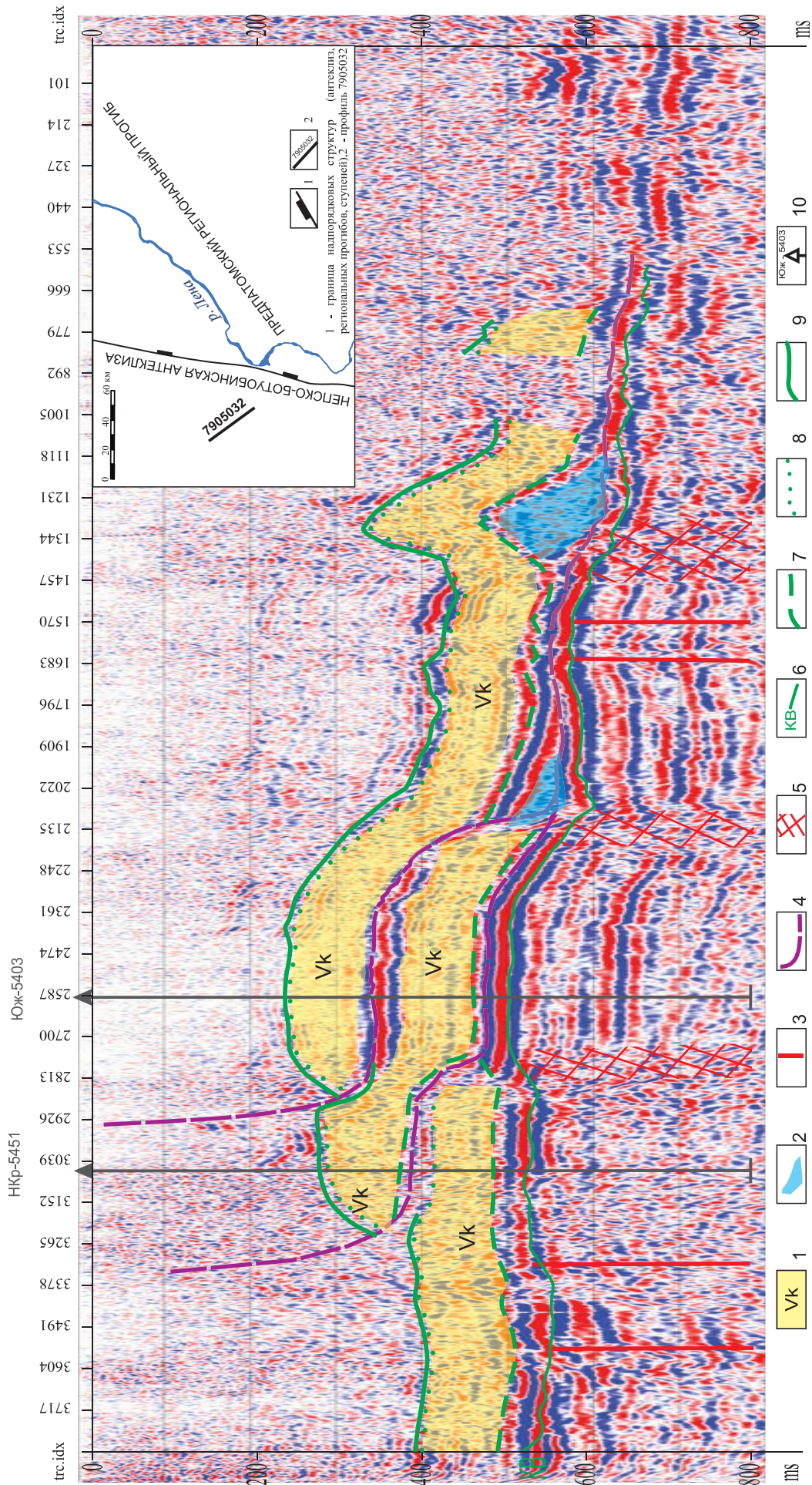


Рис. 3. Складчато-надвиговые дислокации по профилю 7905032 через Южную и Нижнекарамскую скважины. Сост. А. В. Мигурский

1 – карбонатный венд-кембрий; 2 – раздувы торсальских солей; 3–4 – разрывы; 3 – до тирского времени; 4 – каледонские шарьяжи, надвиги, взбросы; 5 – зоны разломов; 6 – отражающий горизонт кровли паршинской свиты; 7–9 – пласты карбонатов: 7 – преобразованный, 8 – юрхакский, 9 – осинский; 10 – глубокие скважины; скважины: Нкр – Нижнекарамская, Юж – Южная

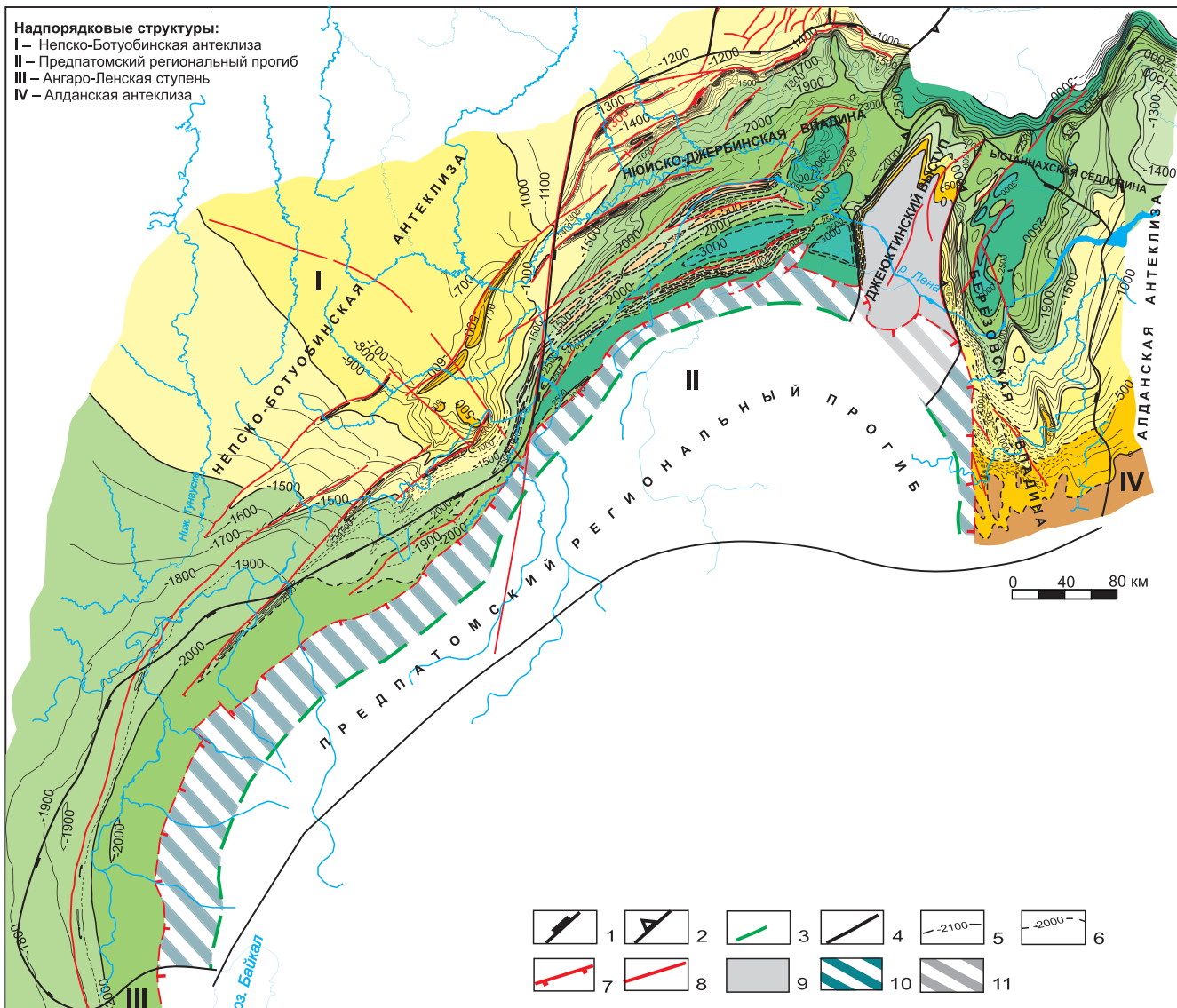


Рис. 4. Тектоническая карта ПРП по кровле тирского горизонта венда (подошва преобразованного горизонта)

1–4 – границы: 1 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 2 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 3 – предполагаемого выклинивания отложений осинского пласта под рифейским аллохтоном, 4 – Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции; 5–6 – изогипсы подошвы преобразованного продуктивного горизонта: 5 – уверенные, 6 – предполагаемые; 7–8 – разрывные нарушения: 7 – надвиги, 8 – разрывы неустановленной природы; 9 – отсутствие отложений тирского горизонта; 10 – отложения тирского горизонта под рифейским аллохтоном; 11 – отсутствие отложений тирского горизонта под рифейским аллохтоном

составляет аллохтонную часть осадочного чехла, которая имеет весьма сложное строение за счет проявления складчато-надвиговых деформаций [2, 8, 11]. Основание ее проходит по нижнему срыву (детachment), стратиграфически и гипсометрически ступенчато повышающемуся от внутренних частей Байкало-Патомского нагорья к фронту складчато-надвигового пояса. Самое глубокое (более 3 км) положение detachment фиксируется в пределах нагорья. Здесь он находится в отложениях рифея. Ближе к долине р. Лена detachment переходит в соленосные отложения торсальской пачки буюкской и тирской свит венда. С этой пачкой связано положение detachment на основной по площади части ПРП. Нижний срыв аллохтона переходит с вендского уровня в соленосные отложения нижнего кем-

брия вдоль границы выклинивания торсальских солей.

Тектоническое строение аллохтона охарактеризовано на корреляционном профиле (см. рис. 1), двух сейсмогеологических профилях (рис. 2, 3) и двух структурных картах, соответствующих подошве преобразованного (подошва пронизываемого комплекса нижнеданиловского резервуара) и кровле осинского (кровля пронизываемого комплекса усольского резервуара) горизонтов (рис. 4, 5).

В Нюиско-Джербинской впадине по подошве преобразованного горизонта с севера на юг выделены Борулахский, Мурбайско-Бетенчинский, Средненюиский, Мухтуйский и Еловский валы протяженностью от десятков до 200 км, шириной от единиц до 20 км, амплитудой от сотен метров до

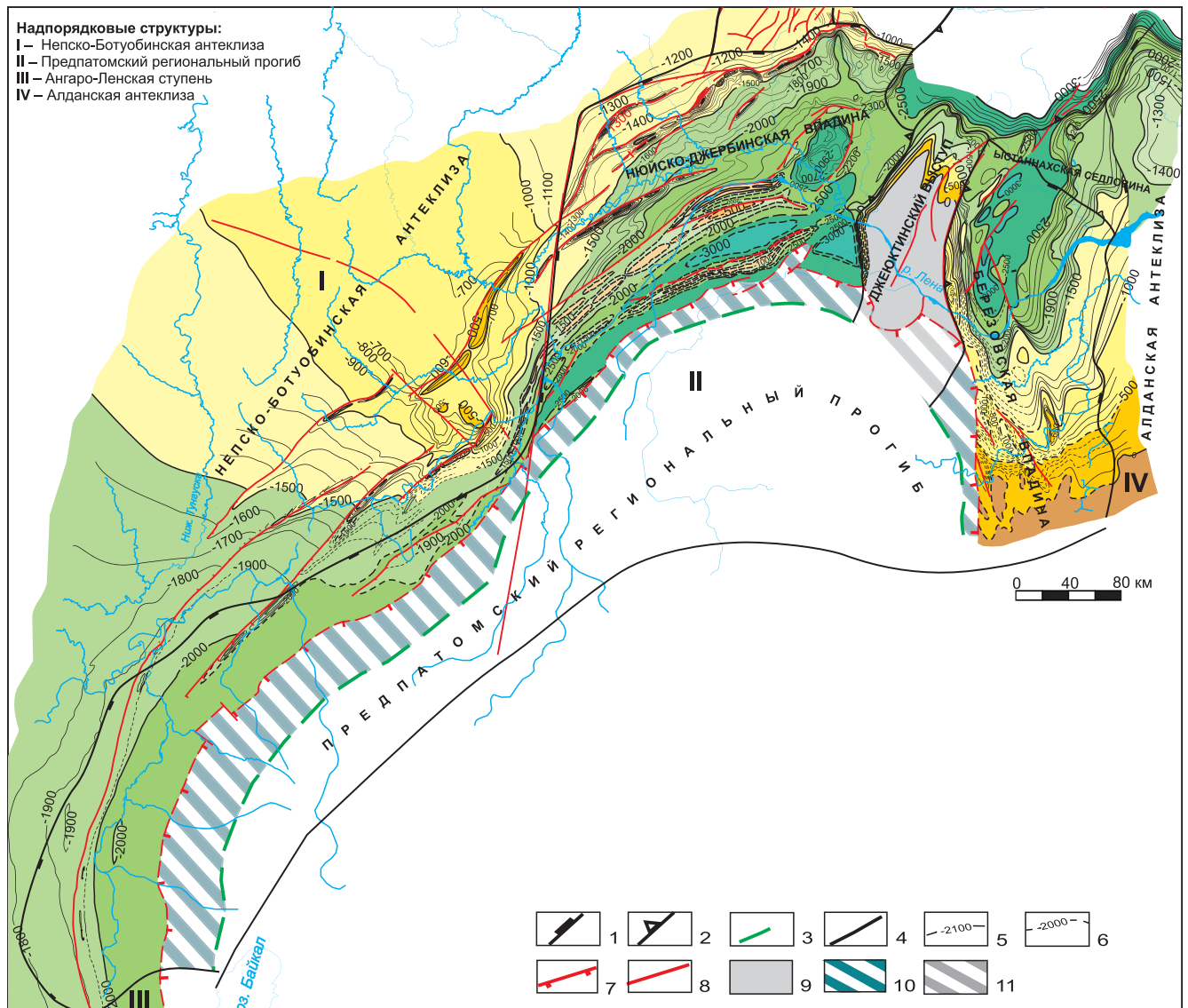


Рис. 5. Тектоническая карта ПРП по кровле осинского пласта усольского горизонта нижнего кембрия

1–4 – границы: 1 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 2 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 3 – предполагаемого выклинивания отложений осинского пласта под рифейским аллохтоном, 4 – Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции; 5–6 – изогипсы отражающего горизонта II (кровля билирской свиты): 5 – уверенные, 6 – предполагаемые; 7–8 – разрывные нарушения: 7 – надвиги, 8 – разрывы неустановленной природы; 9 – отсутствие отложений осинского пласта; 10 – отложения осинского пласта под рифейским аллохтоном; 11 – отсутствие отложений осинского пласта под рифейским аллохтоном

1 км. К северу от Мухтуйского вала расположена Нюйско-Хамринская депрессия, а к югу – Контайско-Джербинская. Некоторая условность выделения этих тектонических структур связана со слабой изученностью сейсморазведкой и заметными, иногда весьма резкими изменениями структурных планов внутри аллохтона.

В Березовской впадине с запада на восток намечены Усть-Жуинско-Меличанский, Молбо-Черендейский, Бирюкский и Эбетааский валы, вытянутые субмеридионально. Их протяженность 100–200 км, ширина 5–20 км, амплитуда составляет первые сотни метров.

В Казачинской депрессии линейные дислокации представлены юго-западными окончаниями Киренского, Иванушковского и Частинского валов,

фиксируемыми только геологической съемкой. Киренский вал крупнейший в ПРП: протяженность до 600 км, ширина 10–20 км, амплитуда до 1 км.

Структурные карты по кровле тэтэрской свиты и осинского горизонта усольской, которые соответствуют кровле проницаемых комплексов верхнеданиловского и усольского региональных резервуаров, в общих чертах аналогичны строению подошвы преобразованного горизонта (см. рис. 5). Их отличие заключается в нарастании расхождения между структурными горизонтами по подошве преобразованного горизонта и кровле тэтэрской свиты с северо-запада на юго-восток от 200–300 м у границы Нюйско-Джербинской впадины с Джюктинским выступом до 500 м и более. Аналогичное нарастание толщин пород между подошвой преобразованного горизонта



Рис. 6. Карта толщин проницаемого комплекса (преобразенный горизонт, пласт Б₁₀) нижнеданиловского резервуара ПРП и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы



Рис. 7. Карта прогноза коллекторов проницаемого комплекса (преобразенный горизонт, пласт Б₁₀) нижнеданиловского резервуара ПРП и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы



Рис. 8. Карта прогноза качества флюидоупора нижнеданиловского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы



Рис. 9. Карта толщин продуктивного пласта Б₃ (пласт Ю-III юрхского и пласт УК-II усть-кутского горизонтов) пронцаемого комплекса верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы



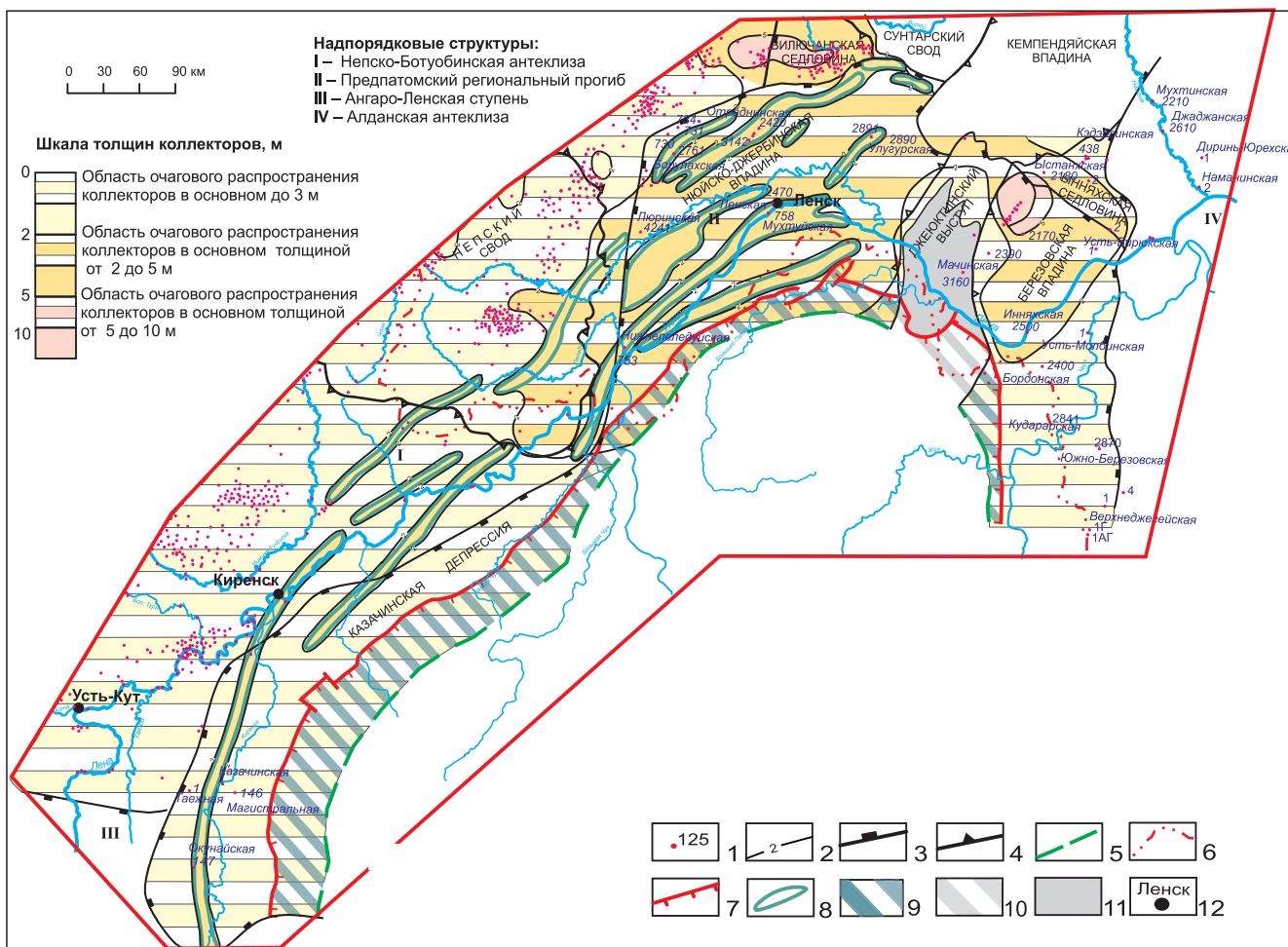


Рис. 10. Карта прогноза коллекторов продуктивного пласта B_5 (пласт Ю-III юрхского и пласт УК-II усть-кутского горизонтов) проницаемого комплекса верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубобинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопахиты коллекторов; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–6 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений юрхской и тэтэрской свит под аллохтоном, 6 – административная; 7 – надвиги; 8 – зоны развития контрастных складчато-надвиговых валов; 9 – отложения юрхской и тэтэрской свит под рифейским аллохтоном; 10 – зона отсутствия отложений юрхской и тэтэрской свит под аллохтоном; 11 – зона отсутствия отложений юрхской и тэтэрской свит; 12 – города

и кровлей тэтэрской свиты происходит с юго-востока от границы Алданской антеклизы с 200–300 до 400–500 м, иногда более, к сочленению Березовской впадины с Джеюктинским выступом.

Те же самые структурные элементы выделяются и по кровле осинского горизонта (см. рис. 6). Однако гипсометрическое расхождение между кровлей тэтэрской свиты и кровлей осинского горизонта не превышает 150 м. Более подробная характеристика строения верхневендско-нижнекембрийского карбонатного надвигового комплекса ПРП приведена в работах В. Л. Масайтиса и др. [8], А. В. Мигурского и В. С. Старосельцева [11], В. В. Гайдука, А. В. Прокопьева [2], Т. И. Ларионовой [6] и многих других исследователей.

Модели строения региональных резервуаров Нижнеданиловский региональный резервуар

Он представляет нижнюю часть верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара и распространен на большей части ПРП. Лишь

в южной части структуры, примыкающей к Байкало-Патомской складчатой области, он отсутствует. Представлен карбонатными, глинисто-карбонатными и сульфатно-глинисто-карбонатными породами одноименного подгоризонта. Толщина его изменяется от 80 до 170 м.

Проницаемый комплекс резервуара представлен преображенским горизонтом (пласт B_{10}). Толщина его варьирует от 15 до 30 м (рис. 6).

Строение горизонта и характер проявления вторичных процессов (доломитизации, перекристаллизации, выщелачивания, засоления и сульфатизации) наиболее полно и всесторонне освещены в работах Л. С. Черновой, М. М. Потловой, Н. Е. Гушиной, Г. Г. Шемина [3, 15, 17, 18] и др. Приведенная далее краткая литологическая характеристика горизонта в основном базируется на результатах их исследований.

Горизонт слогается преимущественно доломитами с прослоями и линзочками ангидритов, ангидрито-доломитов, глинистых доломитов и мерге-

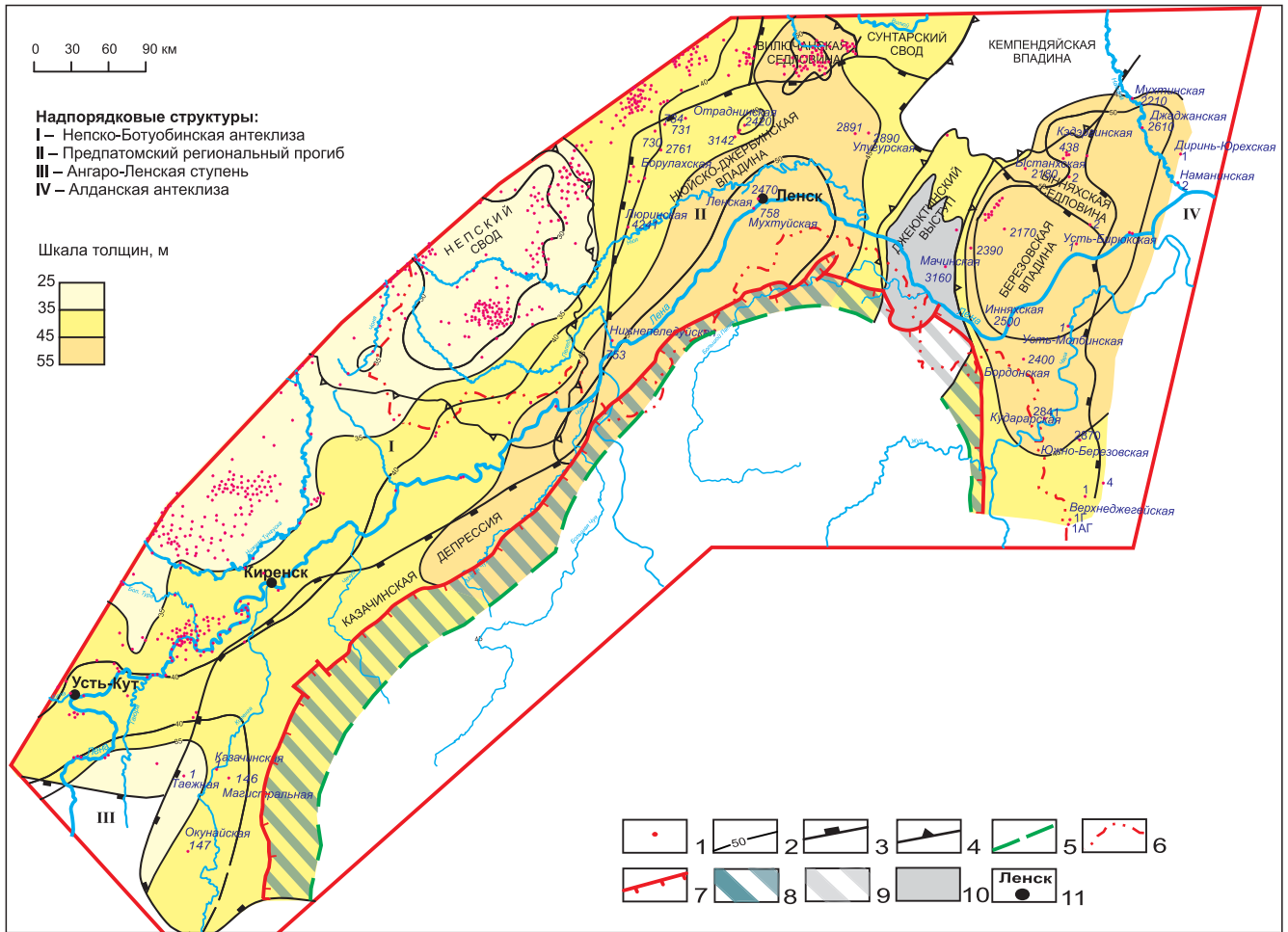


Рис. 11. Карта толщин продуктивных пластов B_{3-4} (пласты Ю-I, Ю-II юрасского и пласт УК-I усть-кутского горизонтов) проницаемого комплекса верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопахиты; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–6 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений юрасской и тэтэрской свит под аллохтоном, 6 – административная; 7 – надвиги; 8 – отложения юрасской и тэтэрской свит под рифейским аллохтоном; 9 – отсутствия отложений юрасской и тэтэрской свит под рифейским аллохтоном; 10 – зона отсутствия отложений юрасской и тэтэрской свит; 11 – города

лей. Среди них выделяются три основных генетических типа: хемогенный, органогенный (микрофитолитовый) и органогенно-обломочный. Первый представлен зернистыми доломитами, отмечается также постоянная примесь глинистого материала и ангидрита; второй характеризуется незначительным содержанием глинистого материала и ангидрита; третий состоит из продуктов разрушения хемогенных и органогенных доломитов.

Породы горизонта преобразованы разнообразными постседиментационными процессами. В диагенезе они претерпели активную перекристаллизацию, причем наиболее интенсивную – органогенные породы. Этот процесс способствовал возникновению пор диагенетической перекристаллизации.

Процесс сульфатизации наиболее негативно повлиял на ФЕС коллекторов. Ангидрит (1–3, прослоями до 15–35 %) обычно распространен в виде неправильных, игольчатых, призматических кристаллов.

Процесс выщелачивания, который привел к образованию пор, реже каверн, наиболее актив-

но затронул органогенные разности доломитов. Пустоты выщелачивания первоначально (до заполнения их вторичными минералами) составляли до 5–10 % объема пород. Вторичная минерализация (прежде всего образования ангидрита и галита), заполняя частично или полностью поры, каверны, уменьшила положительное влияние процесса выщелачивания на формирование ФЕС коллекторов.

В доломитах преобразованного горизонта установлены поровый, порово-трещинный, редко каверново-поровый типы коллекторов.

Коллекторы горизонта в РПП, по-видимому, имеют очаговое распространение. В Ньюско-Джербинской и Березовской впадинах их толщина прогнозируется от 1–2 до 5 м, а в Казачинской депрессии – до 2 м. Лишь в полосовидно выраженных узких складчато-надвиговых валах, распространенных преимущественно в Ньюско-Джербинской впадине, прогнозируется повсеместное развитие коллекторов толщиной до 5 м (рис. 7).

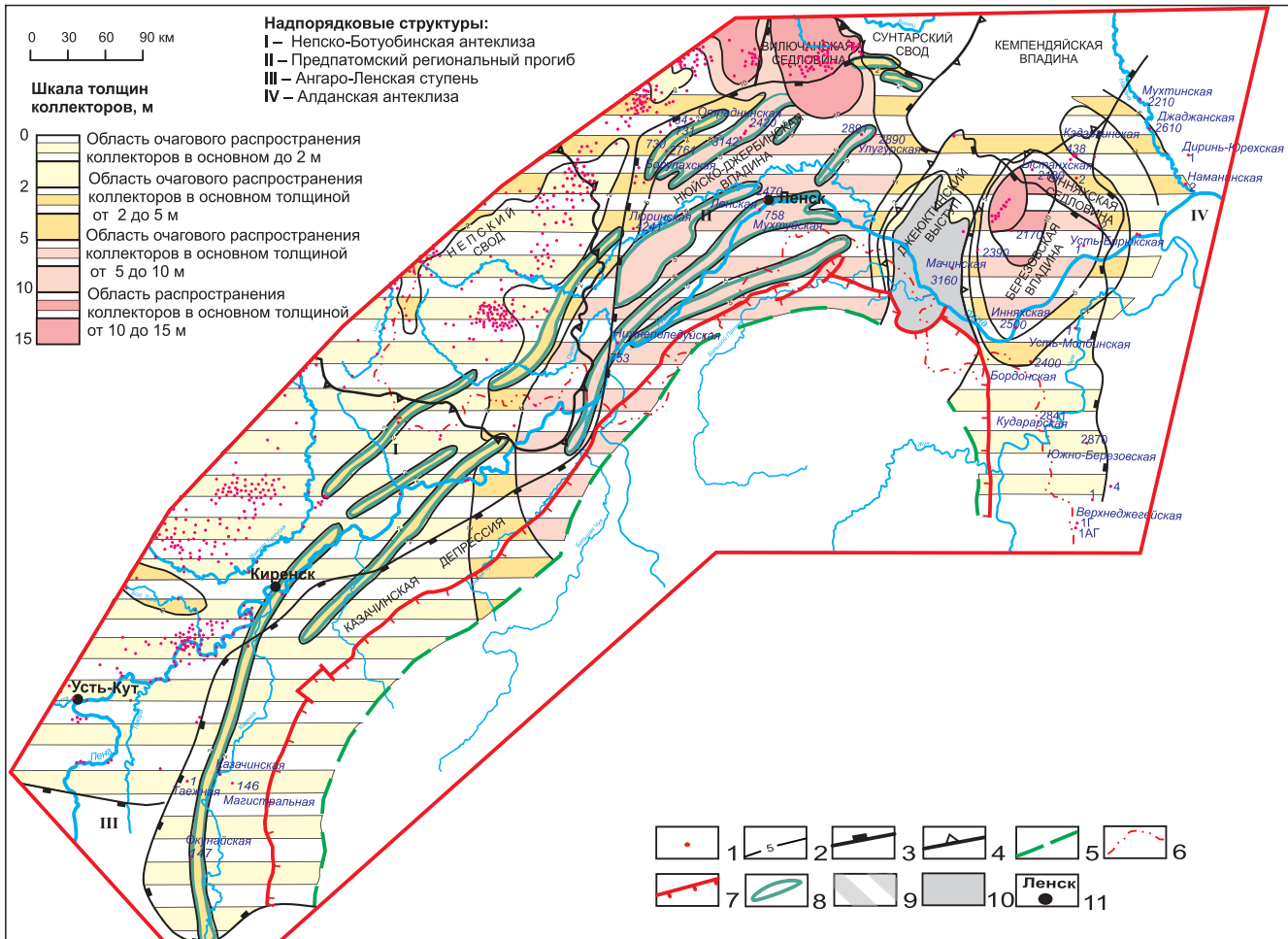


Рис. 12. Карта прогноза толщин коллекторов продуктивных пластов B_{3-4} (пласты Ю-I, Ю-II юрхского и пласт УК-I усть-кутского горизонтов) проницаемого комплекса верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботуобинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопахиты коллекторов; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–6 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений юрхской и тэтэрской свит под аллохтоном, 6 – административная; 7 – надвижки; 8 – зоны развития контрастных складчато-надвиговых валов; 9 – зона отсутствия отложений юрхской и тэтэрской свит под аллохтоном; 10 – зона отсутствия отложений юрхской и тэтэрской свит; 11 – города

Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов варьируют в широких пределах: открытая пористость от 5 до 12–15 %, проницаемость – от 0,2 до $(10–15) \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Флюидоупором нижнеданиловского резервуара служат глинисто-карбонатные и сульфатно-глинисто-карбонатные отложения успунской и катангской свит, которые повсеместно перекрывают преображенский горизонт. Толщина его изменяется от 60 до 140 м. Качество флюидоупора высокое и среднее (рис. 8).

В целом нижнеданиловский региональный резервуар характеризуется пониженным и низким качеством.

Верхнеданиловский региональный резервуар

Он охватывает среднюю часть верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара и распространен на большей части ПРП. Представлен карбонатными и галогенно-карбонатными отложениями одноименного и нижеусольского подгоризонтов. Толщина резервуара изменяется от 60 до 130 м.

Проницаемый комплекс верхнеданиловского резервуара представлен тремя карбонатными пластами: B_{3-4} (I пласт усть-кутского горизонта и его возрастной аналог I и II пласты юрхского) и B_5 (II пласт усть-кутского горизонта и его возрастной аналог III пласт юрхского), разделенными глинисто-сульфатно-карбонатной перемычкой небольшой толщины (5–10 м). Толщина его изменяется от 40 до 95 м.

Продуктивный пласт B_5 в юго-западной части ПРП представлен II пластом усть-кутского горизонта, а на остальной большей его части – юрхским пластом III. Толщина пласта B_5 изменяется от 15 до 35 м (рис. 9).

Пласт II усть-кутского горизонта представлен преимущественно доломитами. Среди них выделяются органогенные, зернистые и спорадически обломочные разновидности. В составе пласта в виде тонких микропрослоев отмечены линзы ангидритодолмитов и ангидритов.

По вещественному составу в разрезах доминируют породы, содержащие до 60–98 % зерен

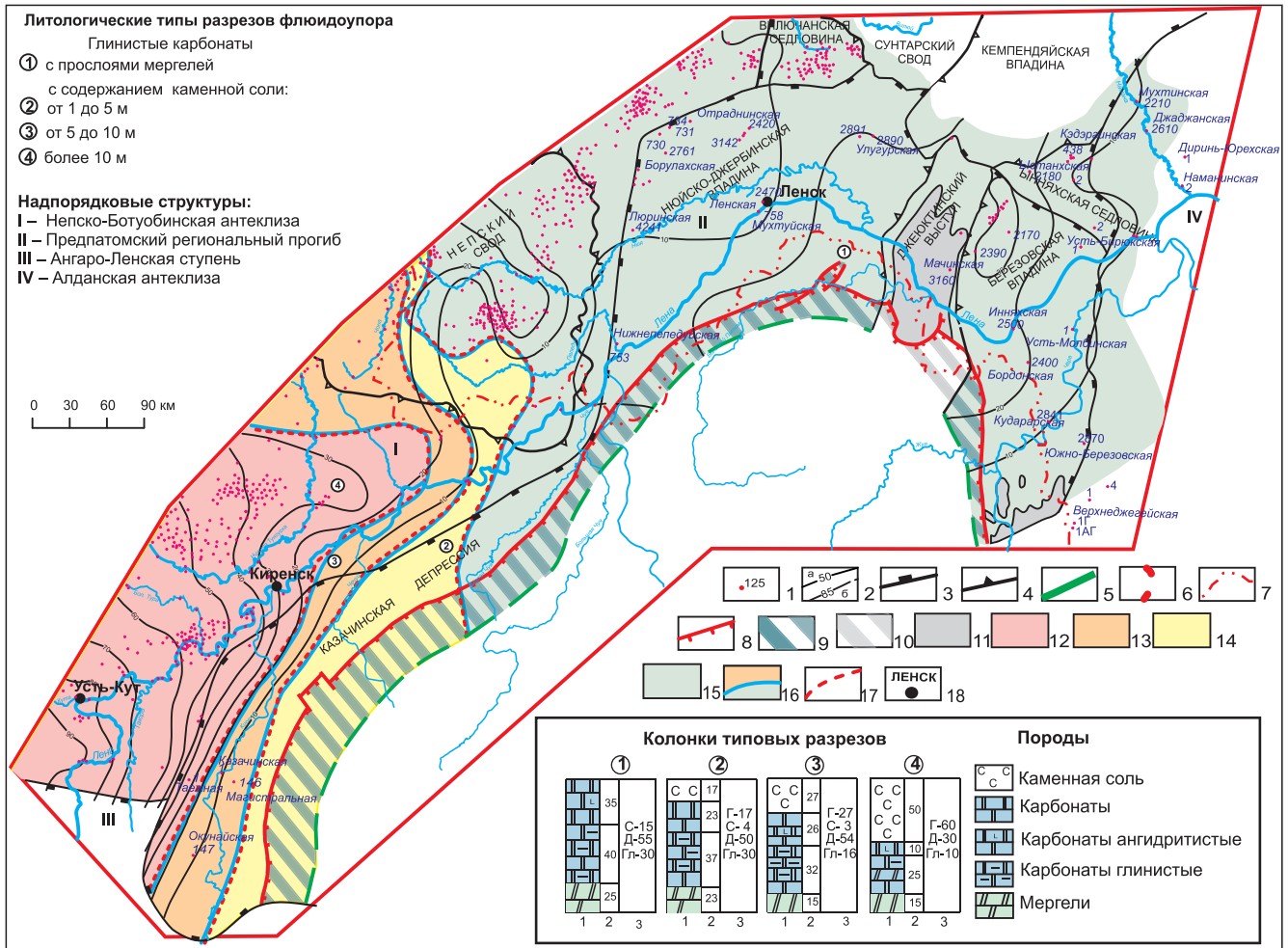


Рис. 13. Карта прогноза качества нижеусольского флюидоупора Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубобинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопакиты: а – достоверные, б – предполагаемые; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–7 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений билирской свиты и среднеусольской подсвиты под аллохтоном, 6 – граница, разделяющая области распространения литологических типов разрезов нижеусольского флюидоупора; 7 – административная; 8 – надвиги; 9 – отложения билирской свиты и среднеусольской подсвиты под аллохтоном; 10 – зона отсутствия отложений билирской свиты под аллохтоном; 11 – зона отсутствия отложений билирской свиты; 12–15 – зоны различного качества флюидоупора: 12 – весьма высокого качества, 13 – высокого, 14 – среднего, 15 – пониженного; 16 – границы зон; 17 – границы зон распространения различных типов разрезов флюидоупора; 18 – города; в качестве тектонической основы принята «Предварительная структурная карта Предпатомского регионального прогиба по ОГ II» (А. В. Мигурский, Т. И. Ларионова, 2015 г.); на врезке: 1 – литологические колонки, 2 – содержание пород в разрезах (%), 3 – содержание литологических компонентов в разрезах (%): Г – галита, С – сульфата, Д – доломита, Гл – глинистого материала

доломита. В них обычно присутствуют ангидрит (1–30 %) и галит (5–15 %). Содержание нерастворимого остатка в породах колеблется от 0,5 до 10 %.

Пласт III юрехского горизонта по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям пород имеет следующую зональность.

Первая северо-восточная (север Ньюско-Джербинской и северо-запад Березовской впадин) зона представлена разрезами, в которых доминируют известняки микрофитолито-водорослевые, доломитизированные с многочисленными порами выщелачивания.

Вторая зона охватывает участки, расположенные к югу от первого. Она характеризуется

разрезами, в которых наряду с известняками водорослево-микрофитолитовыми повышается роль доломитов биохемогенного и хемогенного состава.

Третья зона охватывает остальную наиболее обширную территорию распространения пласта. Разрезы этой зоны слагаются преимущественно доломитами слабо перекристаллизованными, послойно глинистыми, сульфатизированными и кремненными.

Породы пласта Б₅ подверглись воздействию перекристаллизации, доломитизации, выщелачивания и галитизации, наиболее существенно повлиявших на ФЕС пород.

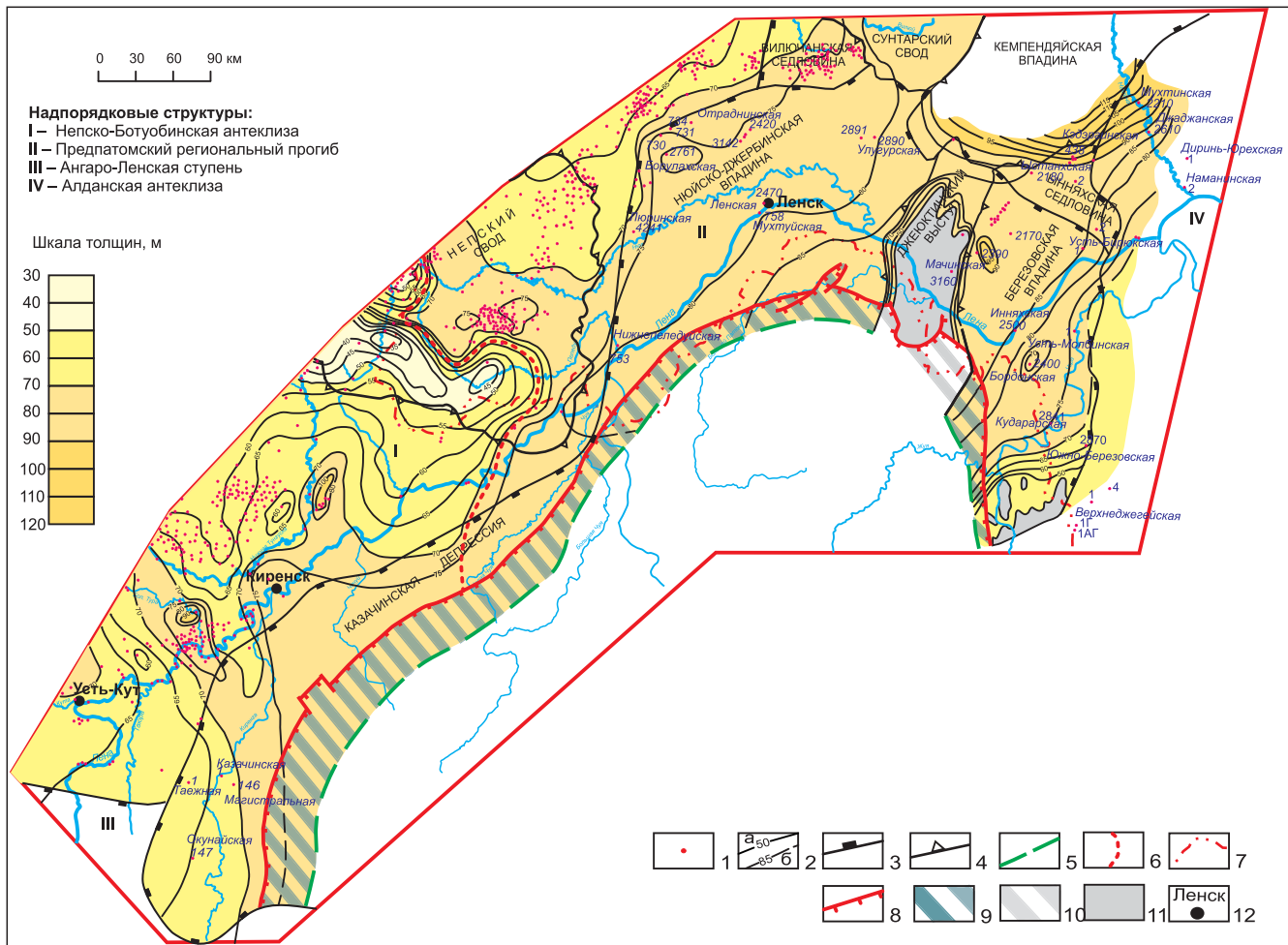


Рис. 14. Карта толщин проницаемого комплекса (осинский горизонт, пласты B_1, B_2) устьевского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботубинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопахиты: а – достоверные, б – предполагаемые; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–7 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений билирской свиты и среднеусольской подсвиты под аллохтоном, 6 – граница, разделяющая области с разными стратиграфическими объемами осинского горизонта (в юго-западной части Предпатомского регионального прогиба он представлен среднеусольской свитой (пласт B_1) и в северо-восточной – билирской свитой (пласты B_1 и B_2)), 7 – административная; 8 – надвиги; 9 – отложения билирской свиты и среднеусольской подсвиты под аллохтоном; 10 – зона отсутствия отложений билирской свиты под аллохтоном; 11 – зона отсутствия отложений билирской свиты; 12 – города

Преобладают в пласте каверно-поровый и порово-трещинно-каверновый типы коллекторов.

Коллекторы пласта B_5 имеют в основном очаговое распространение, толщина их от нескольких до 10 м, максимальная (5–10 м) – в Нюйско-Джербинской впадине и северной части Березовской, а минимальные (1–2 м) – почти на всей территории Казачинской депрессии и в южной половине Березовской впадины (рис. 10).

Повсеместное развитие коллекторов пласта B_5 прогнозируется в узких линейно выраженных контрастных складчато-надвиговых валах, наиболее широко распространенных в Нюйско-Джербинской впадине.

Открытая пористость коллекторов изменяется от 7 до 20 %, наиболее часто – от 7 до 14 %, проницаемость – от $0,5 \cdot 10^{-3}$ до $15 \cdot 10^{-3}$ мкм², чаще всего $(0,5-1) \cdot 10^{-3}$ мкм².

Продуктивные пласты B_{3-4} включают I пласт усть-кутского горизонта в юго-западной части ПРП (в Казачинской депрессии) и синхронные ему пласты I и II юрхского горизонта на остальной части прогиба. Толщина пластов B_{3-4} изменяется от 35 до 60 м (рис. 11).

Пласт I усть-кутского горизонта повсеместно распространен в Казачинской депрессии. В северо-восточной ее части он сложен микрофитолитовыми, органогенно-обломочными и хемогенными доломитами, в юго-западном направлении значительно увеличивается роль хемогенных и глинистых доломитов.

Породы пласта горизонтально-слоистые, пятнисто-линзовидно-слоистые, реже массивные. Текстуры пород определяются преимущественно послойно-линзовидной глинизацией, сульфатизацией и неравномерной их перекристаллизацией.

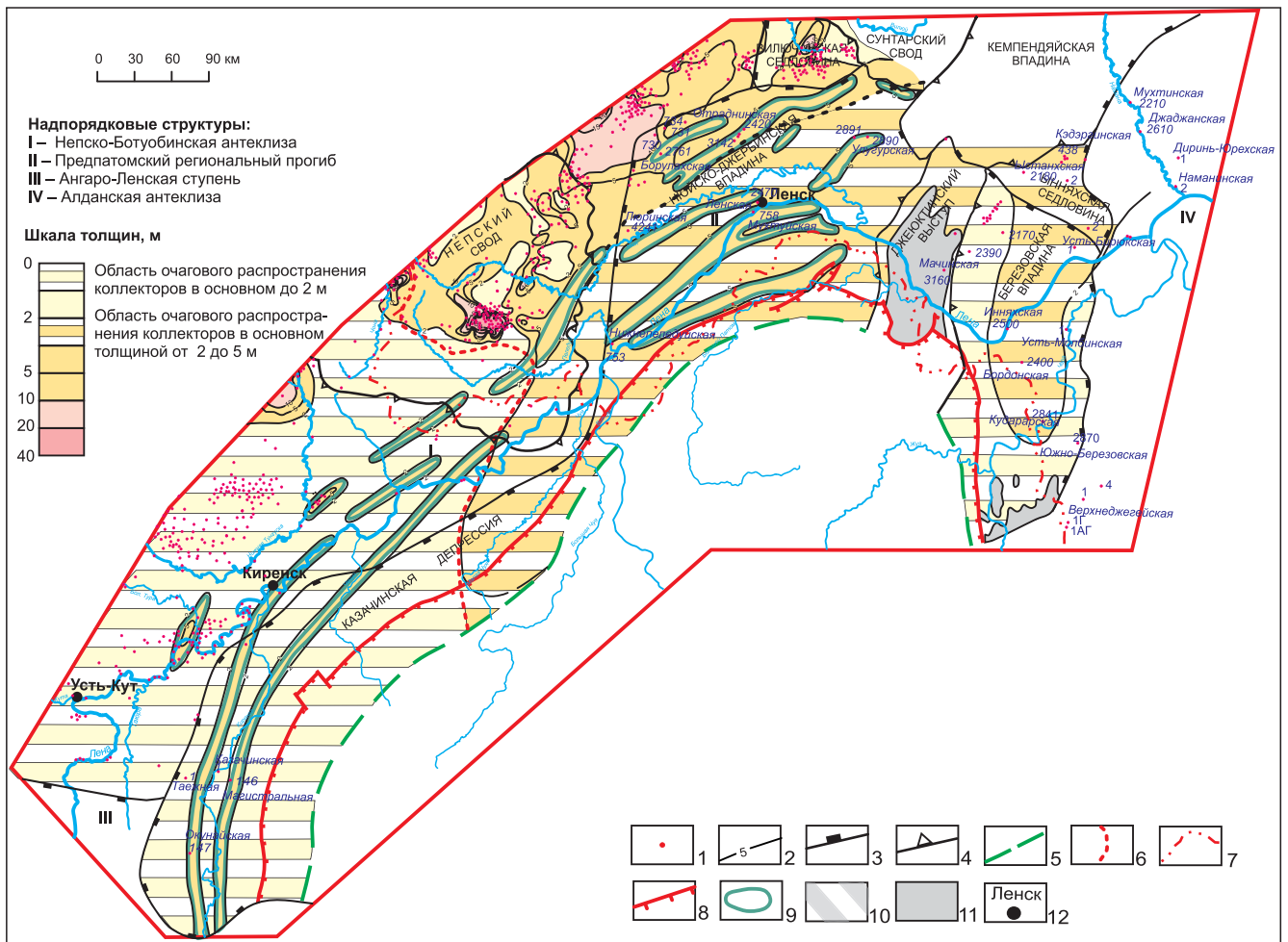


Рис. 15. Карта прогноза толщин коллекторов проницаемого комплекса (осинский горизонт, пласты B₁, B₂) усьского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботуобинской антеклизы

1 – глубокие скважины; 2 – изопакиты коллекторов; 3–4 – контуры структур: 3 – надпорядковых (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 4 – первого порядка (сводов, выступов, впадин); 5–7 – границы: 5 – предполагаемого выклинивания отложений билирской свиты и среднеусольской подсвиты под аллохтоном, 6 – граница, разделяющая области с разными стратиграфическими объемами осинского горизонта (в юго-западной части Предпатомского регионального прогиба он представлен среднеусольской свитой (пласт B₁) и в северо-восточной – билирской свитой (пласты B₁ и B₂)), 7 – административная; 8 – надвиги; 9 – зоны развития контрастных складчато-надвиговых валов; 10 – зона отсутствия отложений билирской свиты под аллохтоном; 11 – зона отсутствия отложений билирской свиты; 12 – города

Содержание доломита в породах составляет 55–95 %. Размер зерен в основной массе изменяется от 0,01 до 0,3 мм. Характерно присутствие ангидрита (1–35 %) и глинистого материала (3–8 %).

Пласты I и II юрских горизонтов суммарной толщиной 45–60 м развиты в Нюйско-Джербинской и Березовской впадинах. По особенностям строения выделяются два типа разреза.

Первый тип, приуроченный к северной части Нюйско-Джербинской и смежной территории Березовской впадин, отчетливо подразделяется на два пласта с перемычкой сульфатно-глинисто-доломитового состава (толщиной 4–8 м) между ними. По литологическому составу нижняя часть разреза (пласт II) складывается преимущественно доломитами, а верхняя (пласт I) – известняками микрофитолитово-водорослевыми, доломитизированными, послойно сульфатизированными.

На остальной обширной северо-восточной части ПРП доминирует второй тип разреза, который сложен преимущественно доломитами слабо перекристаллизованными (до 10 %) с редкими послойными остатками сгустков и микрофитолитовой проблематики.

Породы пластов B_{3–4} подверглись различным постседиментационным процессам, в первую очередь перекристаллизации, выщелачиванию, галитизации и ангидритизации, которые значительно повлияли на фильтрационно-емкостные свойства пород.

Тип коллекторов поровый, трещинно-поровый и трещинно-кавернозно-поровый.

Коллекторы пластов имеют в основном очаговое распространение толщиной от нескольких до 15 м: максимальная (5–15 м) – в Нюйско-Джербинской впадине и северной части Березовской (рис. 12). Повсеместное развитие коллекторов пла-

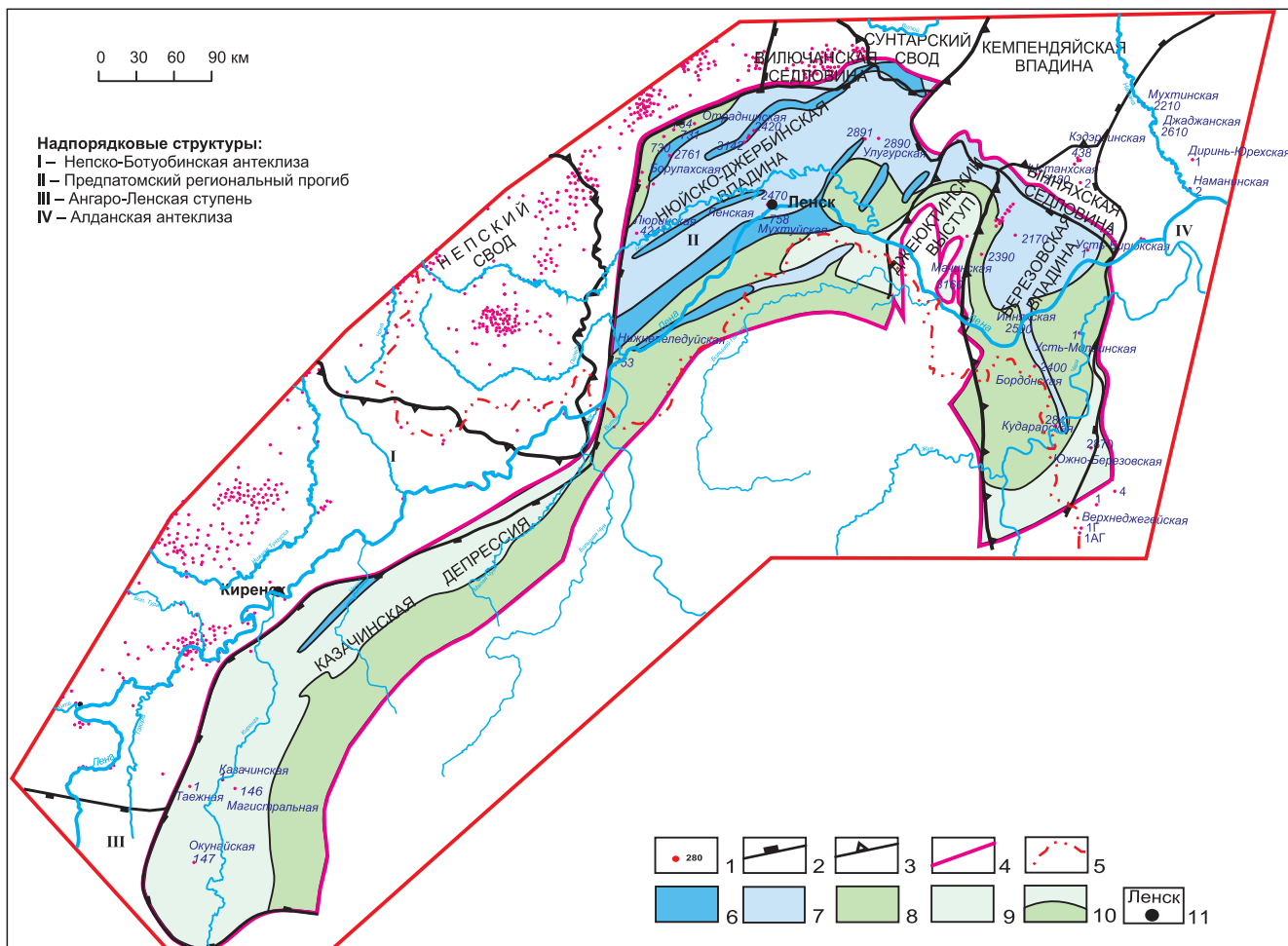


Рис. 16. Карта перспектив нефтегазоносности продуктивного пласта B_{10} нижнеданиловского регионального резервуара Предпатомской нефтегазоносной области

1 – глубокие скважины; 2–5 – границы: 2 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 3 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 4 – распространения перспективных земель нижнеданиловского резервуара, 5 – административные; 6–9 – категории перспективных земель: 6 – среднеперспективные земли I категории (уд. пл. 20–30 тыс. т УУВ/км²), 7 – среднеперспективные земли II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²), 8 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 9 – земли низких перспектив (уд. пл. 3–5 тыс. т УУВ/км²), 10 – границы земель различных перспектив; 11 – города

стов B_{3-4} прогнозируется в контрастных линейно выраженных складчато-надвиговых валах, главным образом распространенных в Нюйско-Джербинской впадине и отчасти в Казачинской депрессии.

Флюидоупор верхнеданиловского резервуара повсеместно перекрывает проницаемый комплекс. Толщина его изменяется от 10 до 45 м (рис. 13).

Состав флюидоупора разнообразный. В Казачинской депрессии он сложен галогенно-карбонатно-мергелевыми породами подосинской пачки усольской свиты. Здесь в зависимости от содержания каменной соли, выделяются три типа разреза с разным содержанием прослоев каменной соли: в первом 1–5 м, во втором – 5–10 м, в третьем – 10–20 м. Качество флюидоупора в зонах распространения этих типов разреза оценено как среднее, высокое и весьма высокое соответственно. На остальной большей части территории ПРП флюидоупор сложен глинистыми и ангидритовыми доломитами кровельной части юрской свиты и характеризуется пониженным качеством.

В целом верхнеданиловский региональный резервуар в ПРП характеризуется средним, пониженным и низким качеством, повышенное его качество прогнозируется лишь в Нюйско-Джербинской впадине и смежных территориях Березовской впадины и Казачинской депрессии.

Усольский региональный резервуар

Усольский региональный резервуар, составляющий верхнюю часть вендско-нижнекембрийского макрорезервуара преимущественно карбонатного состава, распространен на большей части территории ПРП. Он представлен карбонатными и галогенно-карбонатными отложениями билирской, юргинской свит, средне- и верхнеусольской подсвит. Толщина его изменяется от 300 до 700 м.

Проницаемый комплекс резервуара в юго-западной части Предпатомского регионального прогиба (Казачинская депрессия) представлен осинским горизонтом (пласт B_1 или 0-I). В центральной

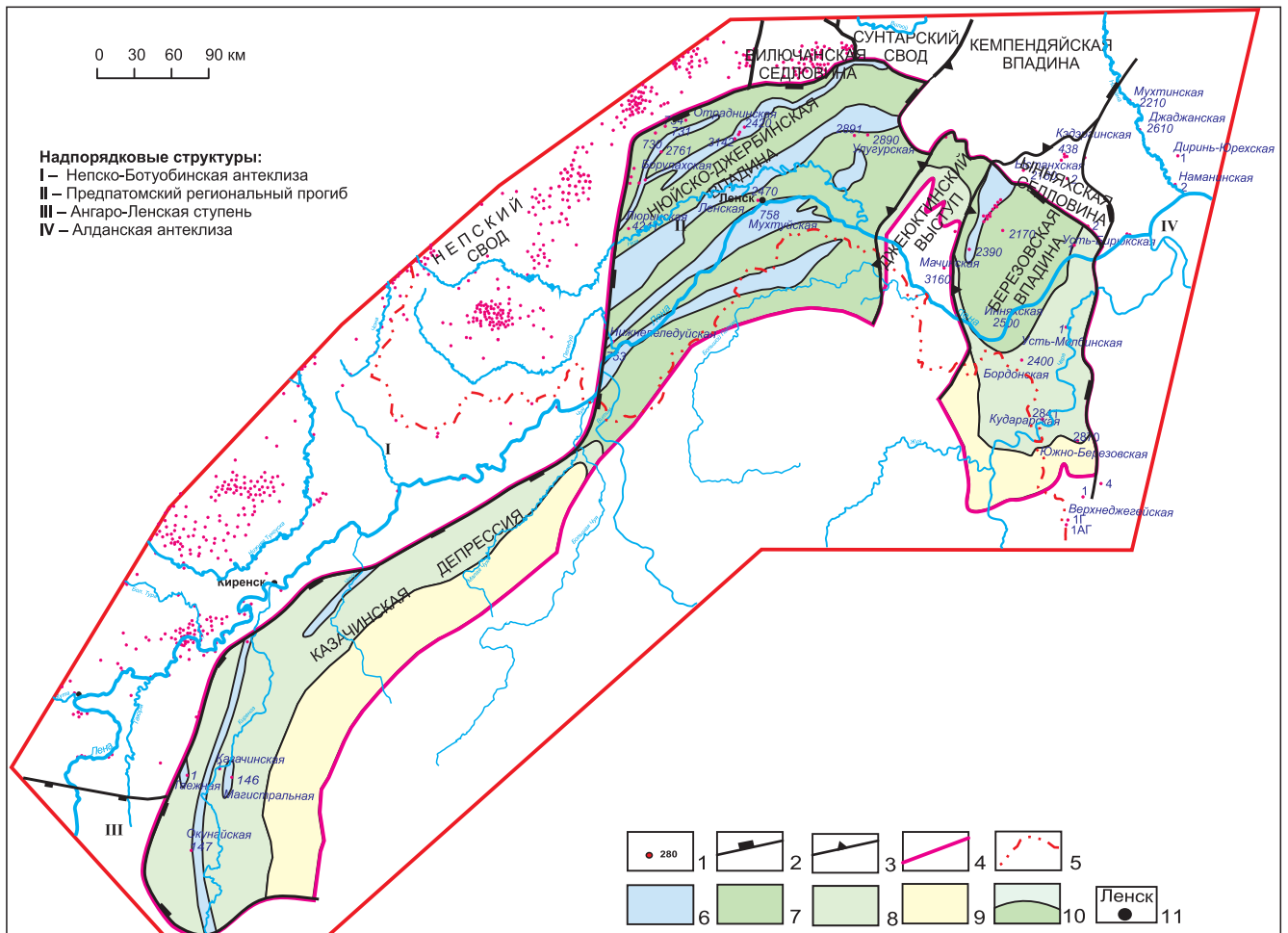


Рис. 17. Карта перспектив нефтегазоносности продуктивного пласта B₅ верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомской нефтегазоносной области

1 – глубокие скважины; 2–5 – границы: 2 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 3 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 4 – распространения перспективных земель пласта B₅ верхнеданиловского резервуара, 5 – административные; 6–9 – категории перспективных земель: 6 – среднеперспективные земли II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²), 7 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 8 – земли низких перспектив (уд. пл. 3–5 тыс. т УУВ/км²), 9 – бесперспективные земли (уд. пл. <3 тыс. т УУВ/км²), 10 – границы земель различных перспектив; 11 – города

и северо-восточной частях структуры (Ньюско-Джербинская, Березовская впадины, Джеюктинский выступ) его стратиграфический объем увеличивается за счет примыкания к нему карбонатного аналога подосинской пачки (пласт B₂ или O-II). Толщина проницаемого комплекса изменяется от 50 до 100 м (рис. 14).

В составе проницаемого комплекса велика доля известняков водорослевых с прослоями органогенно-обломочных, оолито-онколитовых и хемогенных разностей, в меньшей мере в его составе присутствуют доломиты.

Породы проницаемого комплекса испытали в диагенезе и катагенезе интенсивную перекристаллизацию, неоднородную доломитизацию, выщелачивание, засоление, локальную сульфатизацию и окремнение. В целом вторичные процессы наиболее интенсивно проявились в органогенных и органогенно-обломочных породах. Наиболее существенное положительное влияние на формирова-

ние коллекторов оказали процессы выщелачивания, доломитизации и перекристаллизации. Ухудшение качества коллекторов обусловлено в основном засолением, в меньшей мере сульфатизацией.

Породы проницаемого комплекса характеризуются развитием коллекторов различных типов: каверново-поровых, поровых, трещинно-каверново-поровых.

Коллекторы проницаемого комплекса имеют в основном очаговое распространение (рис. 15), лишь в северной части Ньюско-Джербинской впадины и в полосовидно выраженных узких, обычно регионально развитых складчато-надвиговых валах – повсеместно. Толщина их обычно изменяется от нескольких до 5 м: максимальная (5–10 км) – почти на всей территории Ньюско-Джербинской и в центральной части Березовской впадин и в северо-восточной части Казачинской депрессии.

ФЕС коллекторов в целом средние и пониженные: пористость – от 7–8 до 20 %, наиболее ча-

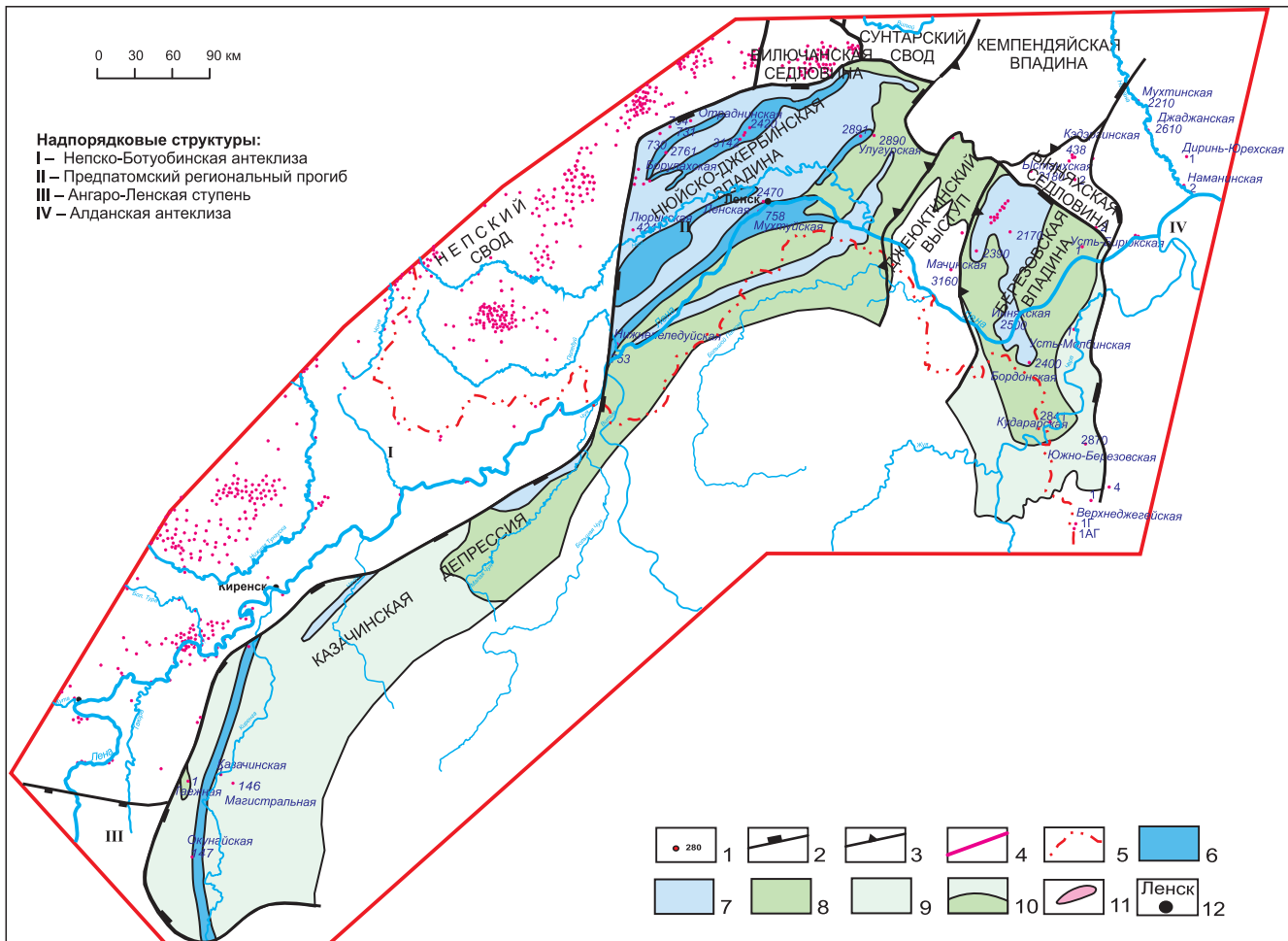


Рис. 18. Карта перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов B_{3-4} верхнеданиловского регионального резервуара Предпатомской нефтегазоносной области

1 – глубокие скважины; 2–5 – границы: 2 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 3 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 4 – распространения перспективных земель верхнеданиловского резервуара, 5 – административные; 6–9 – категории перспективных земель: 6 – среднеперспективные земли I категории (уд. пл. 20–30 тыс. т УУВ/км²), 7 – среднеперспективные земли II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²), 8 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 9 – земли низких перспектив (уд. пл. 3–5 тыс. т УУВ/км²); 10 – границы земель различных перспектив; 11 – газоконденсатные месторождения; 12 – города

сто – от 9 до 12 %; проницаемость – от долей до нескольких десятков мкм². Наибольшие их значения прогнозируются на участках распространения складчато-надвиговых валов.

Флюидоупор резервуара представлен галогенно-карбонатными породами верхнеусольского подгоризонта и развит повсеместно. Толщина его изменяется от 250 до 650 м, содержание каменной соли до 100 м. Качество его на всей рассматриваемой территории весьма высокое.

В целом усольский резервуар в ПРП характеризуется средним, пониженным и низким качеством, наиболее высокое прогнозируется в зонах распространения складчато-надвиговых валов.

Перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров

Нижнеданиловский региональный резервуар

Начальные суммарные ресурсы (НСР) углеводородов нижнеданиловского резервуара Предпатомской нефтегазоносной области (НГО) состав-

ляют 1027 млн т УУВ, из них 56 млрд м³ (5,5 %) газа и 971 млн т (94,5 %) нефти. Их большая часть прогнозируется в Нюско-Джербинской впадине (606 млн т УУВ, или 59,0 %), меньше – в Березовской впадине (216 млн т УУВ, или 21,1 %), еще меньше – в Казачинской депрессии (164 млн т УУВ, или 15,9 %), минимальное – в Джеюктинском выступе (41 млн т УУВ, или 4,0 %).

Все ресурсы углеводородов относятся к прогнозным категориям D_2 и D_2^1 (им соответствуют ресурсы УВ поднадвиговой зоны). По этим категориям начальные суммарные ресурсы углеводородов составляют 915 (81,1 %) и 112 (8,9 %) млн т УУВ соответственно, т. е. все они не разведаны.

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности свидетельствуют, что нижнеданиловский резервуар в Предпатомской НГО характеризуется распространением земель различных перспектив: среднеперспективных I категории (уд. пл. 20–30 тыс. т УУВ/км²), среднеперспективных II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²), пониженных

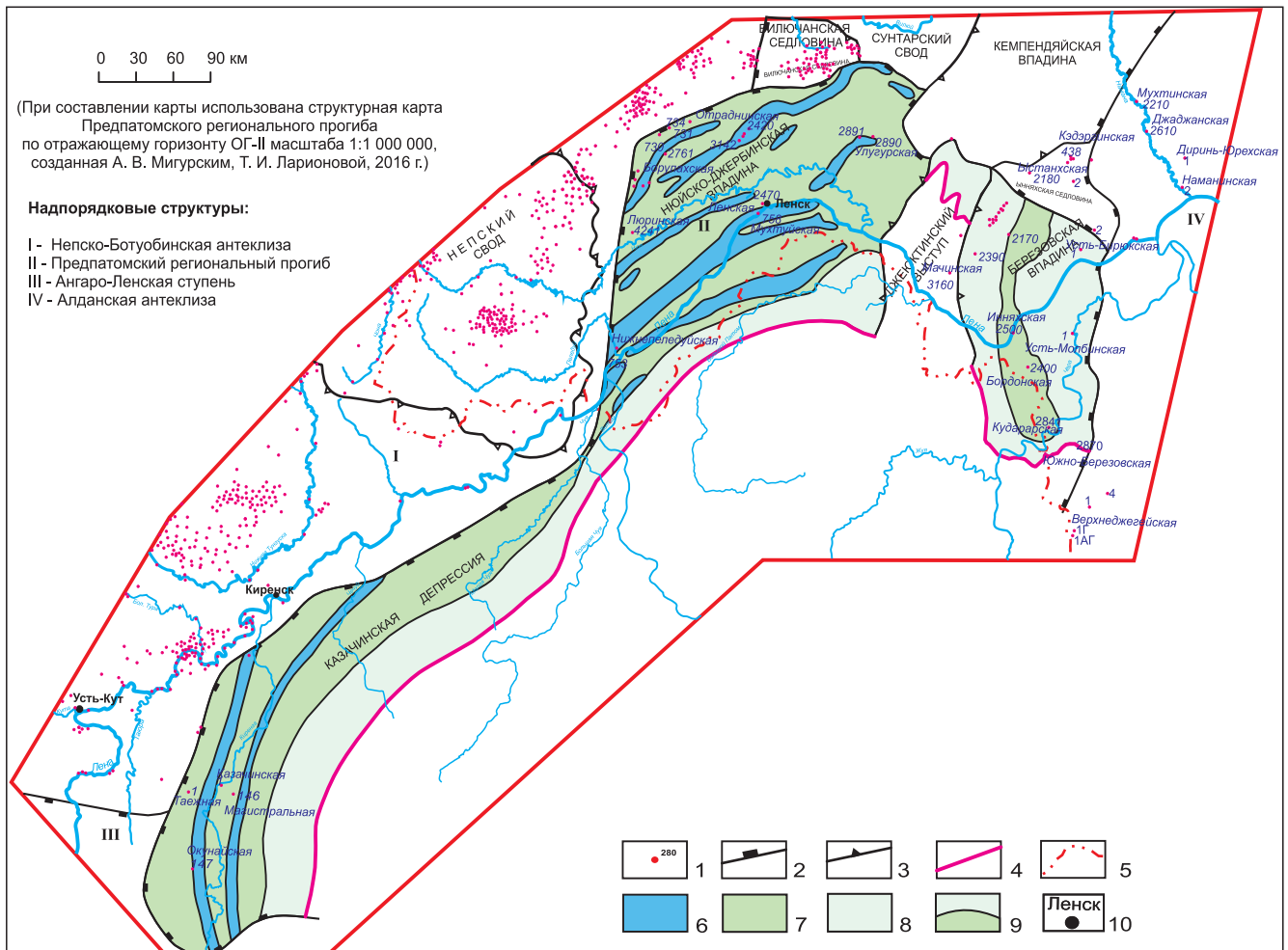


Рис. 19. Карта перспектив нефтеносности усольского регионального резервуара Предпатомского регионального прогиба

1 – глубокие скважины; 2–5 – границы: 2 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 3 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 4 – распространения перспективных земель резервуара, 5 – административные; 6–8 – категории перспективных земель: 6 – среднеперспективные земли I категории (уд. пл. 20–30 тыс. т УУВ/км²), 7 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 8 – земли низких перспектив (уд. пл. 3–5 тыс. т УУВ/км²); 9 – границы земель различных перспектив; 10 – города

(уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²) и низких перспектив (уд. пл. 3–5 тыс. т УУВ/км²) (рис. 16).

Среднеперспективные земли I категории прогнозируются только на участках распространения складчато-надвиговых валов в Нюйско-Джербинской впадине и на одном подобном вале на территории Казачинской депрессии.

Среднеперспективные земли II категории развиты более широко. Они охватывают большую часть Нюйско-Джербинской и северное окончание Березовской впадин.

Земли пониженных и низких перспектив прогнозируются на остальной большей части Предпатомской НГО.

Верхнеданиловский региональный резервуар

Как уже отмечалось, он представлен тремя карбонатными пластами – Б₃, Б₄ и Б₅.

НСР углеводородов пласта Б₅ составляют 663 млн т УУВ, из них 530,70 млрд м³ (80,0 %) газа, 131,80 млн т (19,9 %) нефти и 0,50 млн т (0,1 %) кон-

денсата. Нефть прогнозируется только в Казачинской депрессии. Большая часть НСР углеводородов пласта прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине – 385 млн т УУВ (58,1 %), меньше в Казачинской депрессии – 157 млн т УУВ (23,7 %), еще меньше в Березовской впадине – 108 млн т УУВ (16,3 %), минимальное в Джеюктинском выступе – 13 млн т УУВ (1,9 %). Все ресурсы углеводородов пласта Б₅ верхнеданиловского резервуара оценены по прогнозным категориям Д₂ и Д₂¹ в 584 (88,1 %) и 79 (11,9 %) млн т соответственно.

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности свидетельствуют, что пласт Б₅ характеризуется распространением земель в основном пониженных и низких перспектив: среднеперспективных II категории, пониженных перспектив, низких перспектив и бесперспективных (рис. 17).

Среднеперспективные земли II категории прогнозируются в основном на участках распространения складчато-надвиговых валов Нюйско-Джер-

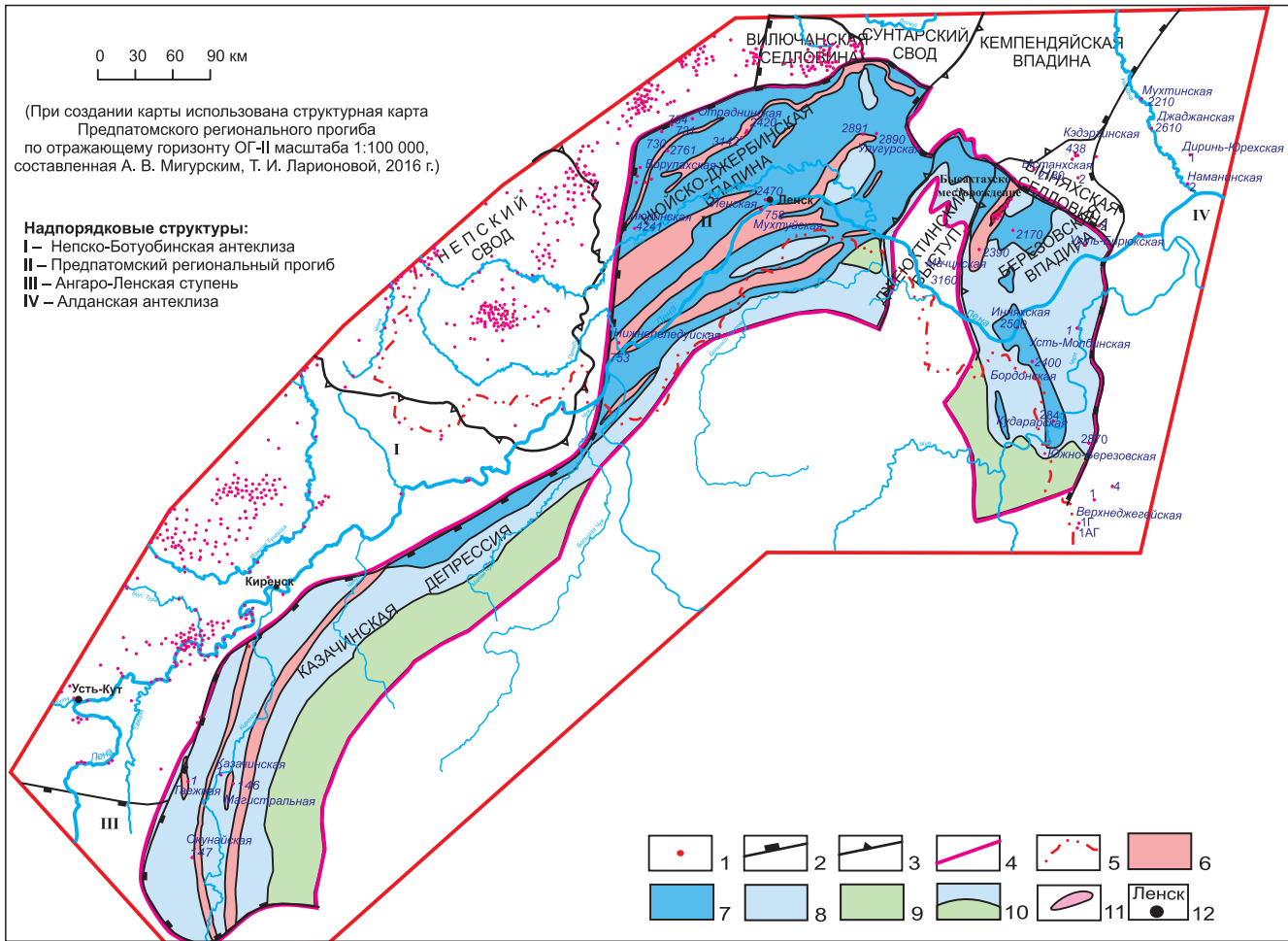


Рис. 20. Карта перспектив нефтеносности вендско-нижнекембрийских карбонатных отложений Предпатомского регионального прогиба

1 – глубокие скважины; 2–5 – границы: 2 – надпорядковых структур (антеклиз, региональных прогибов, ступеней), 3 – структур первого порядка (сводов, выступов, впадин), 4 – распространения перспективных земель, 5 – административные; 6–9 – категории перспективных земель: 6 – перспективные земли II категории (уд.пл. 30–50 тыс. т УУВ/км²), 7 – среднеперспективные земли I категории (уд. пл. 20–30 тыс. т УУВ/км²), 8 – среднеперспективные земли II категории (уд. пл. 10–20 тыс. т УУВ/км²), 9 – земли пониженных перспектив (уд. пл. 5–10 тыс. т УУВ/км²), 10 – границы земель различных перспектив, 11 – газоконденсатные месторождения; 12 – города

бинской впадины и Казачинской депрессии, кроме того, они ограниченно распространены на севере Березовской впадины; земли пониженных перспектив – на остальной территории Нюйско-Джербинской впадины и северной части Березовской.

Земли более низких категорий прогнозируются на остальной территории исследуемой нефтегазонадной области.

НСР углеводородов продуктивных **пластов Б₃₋₄** составляют 946,9 млн т УУВ, из них 592,3 млн т (62,5 %) нефти, 344,7 млрд м³ (36,4 %) газа и 9,9 млн т (1,1 %) конденсата. Запасы ресурсов углеводородов по категориям С₁, С₁+С₂, С₃, Д₁ и Д₁¹ равны соответственно: 2,6 (0,2 %); 6,2 (0,6 %); 0 (0 %); 872,2 (87,4 %) и 113,5 (12,0 %) млн т УУВ.

Соотношение промышленных запасов, перспективных и прогнозных ресурсов углеводородов составляет 0,4, 0 и 99,6 % соответственно. Следовательно, почти все ресурсы УВ пластов Б₃₋₄ Предпатомской НГО относятся к прогнозным.

Большая часть ресурсов прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине – 553,5 млн т (58,4 %), меньше в Казачинской депрессии – 212,5 млн т (22,4 %), еще меньше в Березовской впадине – 156,2 млн т (16,5 %), минимальное в Джеюктинском выступе – 24,7 млн т (2,7 %).

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазонадной свидетельствуют, что пласты Б₃₋₄ в Предпатомской НГО характеризуются распределением земель разных перспектив: среднеперспективные I категории, среднеперспективные II категории, пониженных перспектив и земли низких перспектив (рис. 18).

Среднеперспективные земли I категории прогнозируются на большинстве участков распространения складчато-надвиговых валов в Нюйско-Джербинской впадине. Здесь предполагается широкое развитие антиклинальных ловушек, осложненных разрывными нарушениями, и повышенные ФЭС коллекторов.

Среднеперспективные земли II категории развиты в северной половине и в северной части Нюйско-Джербинской и Березовской впадин соответственно, а также прогнозируются в пределах складчато-надвиговых валов в Казачинской депрессии.

Земли пониженных перспектив охватывают почти всю южную половину Нюйско-Джербинской впадины, большую часть территории Березовской впадины и северо-восточное окончание Казачинской депрессии.

Низкоперспективные земли продуктивных пластов B_{3-4} развиты на большей части территории Казачинской депрессии и на юге Березовской впадины.

НСР углеводородов резервуара составляют 1610 млн т УУВ, из них 866 млрд m^3 УУВ (53,8 %) газа, 743 млн т (46,2 %) нефти. Большая их часть прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине – 932 млн т УУВ (57,9 %), меньше в Казачинской депрессии – 370 млн т УУВ (23,0 %), еще меньше в Березовской впадине – 270 млн т УУВ (16,8 %), минимальное в Джеюктинском выступе – 37 млн т УУВ (2,3 %).

Почти все НСР относятся к категории прогнозных – 1603 млн т УУВ (99,6%), по категориям D_1 , D_2 и D_2^1 они составляют 827 (51,4 %), 584 (36,3 %) и 192 (12,3 %) млн т УУВ соответственно. Лишь небольшая доля ресурсов оценена по категориям C_1+C_2 – 6,2 млн т УУВ (0,4 %), т. е. степень разведанности их весьма низкая.

Распределение ресурсов углеводородов верхнеданиловского резервуара по площади Предпатомской НГО подобно наиболее перспективным пластам B_{3-4} : наиболее перспективные прогнозируются в Нюйско-Джербинской впадине, менее перспективные – в Березовской, наименее перспективные – в Казачинской депрессии и Джеюктинском выступе.

Усолевский региональный резервуар

НСР углеводородов составляют 1181 млн т УУВ, из них 871 млн т (73,8 %) нефти, 306 млрд m^3 (25,9 %) газа и 4 млн т (0,3 %) конденсата. Большая их часть прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине – 619 млн т (52,4 %), меньше в Казачинской депрессии – 386 млн т (32,7 %), еще меньше в Березовской впадине – 161 млн т (13,6 %), минимальное в Джеюктинском выступе – 15 млн т (1,3 %).

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности свидетельствуют, что усолевский резервуар характеризуется распределением земель разных перспектив: среднеперспективных I категории, среднеперспективных II категории, пониженных и низких перспектив (рис. 19).

Среднеперспективные земли I категории прогнозируются лишь на участках распространения складчато-надвиговых валов, которые наиболее широко распространены в Нюйско-Джербинской впадине и существенно меньше в Казачинской депрессии. Здесь предполагается широкое развитие

антиклинальных структур, осложненных разрывными нарушениями, и повышенные ФЕС коллекторов.

Земли пониженных перспектив почти повсеместно развиты на остальной территории Нюйско-Джербинской впадины, в северо-западной и центральной частях Казачинской депрессии и Березовской впадины соответственно, а также на всей территории распространения резервуара Джеюктинского выступа.

Земли низких перспектив распространены на остальной территории НГО.

В заключение следует отметить, что в пределах Предпатомской НГО, как и Непско-Ботуобинской, в усольском резервуаре встречаются рифоподобные и органогенные постройки [6], обладающие достаточно высокими перспективами нефтегазоносности.

Верхневендско-нижнекембрийский карбонатный макрорезервуар

НСР углеводородов здесь оцениваются в 3818 млрд т УУВ, из них 1230 млрд m^3 (32,3 %) газа, 2588 млн т (67,7 %) нефти. Большая часть отмеченных ресурсов углеводородов прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине (2157 млн т УУВ, 57 %), меньше в Казачинской депрессии (920 млн т УУВ, 24 %), еще меньше в Березовской впадине (648 млн т УУВ, 17 %) и минимальные на Джеюктинском выступе (93 млн т УУВ, 2 %). Газ и нефть прогнозируются на всех отмеченных структурах. Наибольшие ресурсы газа отмечаются в Нюйско-Джербинской впадине 736 млрд m^3 (59,8 %), меньше в Березовской впадине – 360 млрд m^3 (29,3 %), еще меньше в Казачинской депрессии – 88 млрд m^3 (7,2 %), минимальные на Джеюктинском выступе – 46 млрд m^3 (3,7 %).

Результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности свидетельствуют, что вендско-нижнекембрийские карбонатные отложения в Предпатомской НГО характеризуются распределением земель различных перспектив: перспективных II категории, среднеперспективных I категории, среднеперспективных II категории и пониженных перспектив (рис. 20).

Перспективные земли II категории (уд. пл. 30–50 тыс. т УУВ/ km^2) обычно приурочены к участкам распространения линейно выраженных, достаточно контрастных складчато-надвиговых валов, наиболее широко распространенных в Нюйско-Джербинской впадине и существенно меньше – в Казачинской депрессии. Кроме того, они в виде небольшого участка развиты в северной части Березовской впадины.

Среднеперспективные земли I категории распространены на большей части Нюйско-Джербинской впадины, существенно меньше – в Березовской впадине, Казачинской депрессии и на Джеюктинском выступе.

Среднеперспективные земли II категории прогнозируются на большей части Березовской впадины, почти на всей северо-западной половине Казачинской депрессии и в виде зональных участ-



ков в юго-восточной части Нюйско-Джербинской впадины.

Земли пониженных перспектив наиболее широко распространены в Казачинской депрессии, где они охватывают почти всю юго-восточную половину отмеченной структуры, а также прогнозируются на южном окончании Березовской впадины.

Выводы

В результате выполненных исследований впервые для всего Предпатомского регионального прогиба составлены структурные карты по подошве преображенского, кровле юряхского (усть-кутского) и осинского продуктивных горизонтов верхневендско-нижнекембрийского карбонатного складчато-надвигового комплекса. На них отражены не только региональные структурные планы но и спрогнозированные по материалам сейсморазведки, глубокого бурения и геологической съемки линейно выраженные весьма контрастные складчато-надвиговые валы в пределах которых отмечается сдвояние, строение и опрокинутое залегание стратиграфических подразделений, в том числе региональных резервуаров и продуктивных пластов.

Кроме того, впервые разработаны емкостные и экранирующие модели строения нижнеданиловского, верхнеданиловского и усольского региональных резервуаров. Они свидетельствуют, что экранирующие свойства флюидопоров резервуаров разные. Весьма высоким и высоким качеством обладает усольский флюидопор на всей территории структуры, высоким – нижеусольский и успунский флюидопоры в юго-восточной и северной частях прогиба соответственно, средним – отмеченные флюидопоры в юго-восточной и южной половине прогиба соответственно и пониженным и низким – нижеусольский флюидопор в северной и центральной частях прогиба.

Коллекторы проницаемых комплексов региональных резервуаров РПП отмечаются в основном очаговым распространением, лишь на участках распространения прогнозируемых складчато-надвиговых валов, наиболее вероятно, – сплошное. Толщины коллекторов изменяются от нескольких до 10–15 м. Наибольшими толщинами коллекторов обладают усольский и верхнеданиловский резервуары в Нюйско-Джербинской и отчасти Березовской впадинах. Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов характеризуются в основном пониженными и низкими значениями: открытая пористость обычно изменяется от 7–8 до 15 %, а проницаемость от долей до $10 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Впервые выполнена количественная оценка перспектив нефтегазоносности нижнеданиловского, верхнеданиловского, усольского регионального резервуара на всей изучаемой площади, в том числе в поднадвиговой зоне. Рассмотрена структура прогнозируемых ресурсов углеводородов каждого из отмеченных региональных резервуаров и в целом

верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара и распределение их удельных плотностей на территории НГО.

Начальные суммарные ресурсы углеводородов верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара Предпатомской НГО оцениваются в 3818 млрд т УУВ, из них 2588 млн т (67,7 %) нефти и 1230 млрд м³ (32,3 %) газа. В этом макрорезервуаре авторы прогнозируют несколько большую оценку ресурсов углеводородов по сравнению с последней (2009 г.) официальной оценкой всего осадочного чехла Предпатомской НГО (3745 млн т УУВ).

Большая часть отмеченных ресурсов углеводородов прогнозируется в Нюйско-Джербинской впадине – 2157 млн т УУВ (57 %), меньше в Казачинской депрессии – 920 млн т УУВ (24 %), еще меньше в Березовской впадине – 648 млн т УУВ (17 %), минимальное на Джеюктинском выступе – 93 млн т УУВ (2 %). Распределение нефти по перечисленным структурам такое же, как НСР углеводородов: 1438, 822, 282 и 46 млн т соответственно. Газ распределяется по несколько другому сценарию. Наибольшие ресурсы газа, как и нефти, прогнозируются в Нюйско-Джербинской впадине (736 млрд м³), меньше – в Березовской впадине (360 млрд м³), значительно меньше в Казачинской депрессии (88 млрд м³) и меньше всего на Джеюктинском выступе (46 млрд м³).

Почти все НСР углеводородов относятся к категории прогнозируемых (3812 млн т УУВ, 99,9 %), а по категориям D_1 , D_2 и D_2^1 (в поднадвиговой зоне) они составляют: 827 (21,7 %), 2572 (67,4 %) и 412 (10,8 %) млн т УУВ соответственно. Промышленные запасы составляют лишь 6,2 млн т УУВ, т. е. степень разведанности их весьма низкая.

Наиболее перспективные земли верхневендско-нижнекембрийского карбонатного макрорезервуара в целом и содержащихся в нем региональных резервуаров прогнозируются в Нюйско-Джербинской впадине. Наибольшими плотностями ресурсов углеводородов обладают складчато-надвиговые валы, которые являются объектами первоочередных поисково-оценочных и геолого-разведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженова Т. К., Беляева Л. С., Шуменкова Ю. М. Геохимические аспекты формирования и сохранности залежей нефти и газа в палеозое и верхнем протерозое Сибирской платформы // Проблемы геологии нефти и газа Сибирской платформы. – Л.: ВНИГНИ, 1982. – С. 78–91.
2. Гайдук В. В., Прокопьев А. В. Методы изучения складчато-надвиговых поясов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 160 с.
3. Гущина Н. Е., Потлова М. М., Чернова Л. С. Условия формирования и степень преобразованности карбонатных горизонтов западной части Непско-Ботубинской антеклизы // Строение и нефтегазонос-

ность карбонатных резервуаров Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. – С. 99–106.

4. Дробот Д. И., Золотов А. Н., Конторович А. Э. Геохимические критерии оценки перспектив нефтегазоносности докембрийских отложений юга Сибирской платформы. – М.: Недра, 1974. – 156 с.

5. Калинин М. К. Основные закономерности распределения нефти в земной коре. – М.: Недра, 1964. – 207 с.

6. Ларионова Т. И. Строение складчато-надвиговых дислокаций Ньюско-Джербинской впадины в связи с нефтегазоносностью (Восточная Сибирь): автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Новосибирск, 2015. – 16 с.

7. Ларичев А. И., Чеканов В. И. Нефтегазогенерационный потенциал венд-кембрийских резервуаров Непско-Ботуобинской антеклизы и прилегающих территорий // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 26–33.

8. Масайтис В. Л., Михайлов М. В., Селивановская Т. В. Вулканизм и тектоника Патомско-Вилуйского среднепалеозойского авлакогена. – М.: Недра, 1975. – 183 с.

9. Методика изучения карбонатных коллекторов и классификация карбонатных коллекторов и продуктивных в них залежей нефти и газа / под ред. К. В. Аширова. – Куйбышев, 1971. – 140 с.

10. Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России. – М.: ВНИГРИ, 2000. – 186 с.

11. Мигурский А. В., Старосельцев В. С. Шарьяжное строение зоны сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомским нагорьем // Сов. геология. – 1989. – № 7. – С. 9–15.

12. Мирчинк М. Ф. Нефтепромысловая геология. – М.; Л.: Гостоптехиздат, 1946. – 699 с.

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

14. Савченко В. П. Условия формирования залежей нефти и газа при струйной миграции в водонасыщенных породах // Вопросы геологии нефтяных месторождений. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – С. 86–118.

15. Седиментационно-емкостная модель преобразованного горизонта Верхнечонского месторождения / Л. С. Чернова, Н. Е. Гущина, М. М. Потлова и др. // Строение и нефтегазоносность карбонатных резервуаров Сибирской платформы. – Новосибирск, 1991. – С. 66–81.

16. Соколов В. А. Процессы образования и миграции нефти и газа. – М.: Недра, 1965. – 275 с.

17. Шемин Г. Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 467 с.

18. Шемин Г. Г. Ереминско-Чонское скопление нефти в преобразованном резервуаре – крупнейший объект по подготовке запасов и добычи углеводо-

родного сырья в Восточной Сибири. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2011. – 122 с.

19. Шемин Г. Г., Фортунатова Н. К. Детальная корреляция вендско-нижнекембрийских отложений Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 4. – С. 8–26.

REFERENCES

1. Bazhenova T.K., Belyaeva L.S., Shumenkova Yu.M. [Geochemical aspects of formation and preservation of oil and gas accumulations in Paleozoic and Upper Proterozoic of the Siberian Platform]. *Problemy geologii nefi i gaza Sibirskoy platformy* [Problems of petroleum geology of the Siberian Platform]. Leningrad, VNIIGNI Publ., 1982, pp. 78–91. (In Russ.).

2. Gayduk V.V., Prokop'ev A.V. *Metody izucheniya skladchato-nadvigovykh pojasov* [Methods of studying fold-thrust belts]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1999. 160 p. (In Russ.).

3. Gushchina N.E., Potlova M.M., Chernova L.S. [Formation conditions and maturation degree of carbonate horizons in the western Nepa-Botuoba anticline]. *Stroenie i neftegazonosnost' karbonatnykh rezervuarov Sibirskoy platformy* [Structure and oil-and-gas content of the carbonate reservoirs of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGGIMS Publ., 1991, pp. 99–106. (In Russ.).

4. Drobot D.I., Zolotov A.N., Kontorovich A.E. *Geokhimicheskie kriterii otsenki perspektiv neftegazonosnosti dokembriyskikh otlozheniy yuga Sibirskoy platformy* [Geochemical criteria of estimating hydrocarbon prospects of Precambrian deposits in the south of the Siberian platform]. Moscow, Nedra Publ., 1974. 156 p. (In Russ.).

5. Kalinko M.K. *Osnovnye zakonomernosti raspredeleniya nefi v zemnoy kore* [The main regularities of oil distribution in the Earth's crust]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 207 p. (In Russ.).

6. Larionova T.I. *Stroenie skladchato-nadvigovykh dislokatsiy Nyuysko-Dzherbinskoy vpadiny v svyazi s neftegazonosnost'yu (Vostochnaya Sibir')*: avtoref. dis. ... k. g.-m. n. [The structure of fold-thrust dislocations of the Nyuya-Dzherba depression related to oil-and-gas presence (East Siberia). Author's abstract of PhD thesis]. Novosibirsk, 2015. 16 p. (In Russ.).

7. Larichev A.I., Chekanov V.I. [Oil-and-gas generation potential of Vendian-Cambrian reservoirs of the Nepa-Botuoba anticline and adjacent territories]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1987, no. 10, pp. 26–33. (In Russ.).

8. Masaytis V.L., Mikhaylov M.V., Selivanovskaya T.V. *Vulkanizm i tektonika Patomsko-Vilyuyskogo srednepaleozoyskogo avlakogena* [Volcanism and tectonics of the Patom-Vilyui Middle-Paleozoic avlakogene]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 183 p. (In Russ.).

9. Ashirov K.V., ed. *Metodika izucheniya karbonatnykh kolektorov i klassifikatsiya karbonatnykh kolekto-*



rov i produktivnykh v nikh zalezhey nefti i gaza [Methods of studying carbonate reservoirs and classification of carbonate reservoirs and productive deposits of oil and gas in them]. Kuibyshev, 1971. 140 p. (In Russ.).

10. *Metodicheskoe rukovodstvo po kolichestvennoy i ekonomicheskoy otsenke resursov nefti, gaza i kondensata Rossii* [Methodological guideline on quantitative and economic assessment of oil, gas and condensate resources of Russia]. Moscow, VNIGRI Publ., 2000. 186 p. (In Russ.).

11. Migurskiy A.V., Starosel'tsev V.S. [Overthrust structure of the area of junction of the Siberian Platform with Baikal-Patom upland]. *Sov. geologiya – Soviet Geology*, 1989, no. 7, pp. 9–15. (In Russ.).

12. Mirchink M.F. *Neftepromyslovaya geologiya* [Oil-field geology]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1946. 699 p. (In Russ.).

13. Gurova T.I., Antonova T.F., Kondrina K.S., et al. *Rol' litogeneza v formirovani i sokhraneni zalezhey nefti i gaza* [A role of lithogenesis in forming and saving oil and gas accumulations]. Moscow, Nedra Publ., 1974. 136 p. (In Russ.).

14. Savchenko V.P. [Formation conditions of oil and gas accumulations in fluidjet migration in the water-saturated rocks]. *Voprosy geologii neftyanykh mestorozhdeniy* [Problems of geology of oil and gas fields]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1958, pp. 86–118. (In Russ.).

15. Chernova L.S., Gushchina N.E., Potlova M.M., et al. [Sedimentation-capacitance model of the Preobrazhensky horizon of the Verkhnechonskoye field].

Stroenie i neftegazonosnost' karbonatnykh rezervuarov Sibirskoy platformy [Structure and oil-and-gas presence in the carbonate reservoirs of the Siberian Platform]. Novosibirsk, 1991, pp. 66–81. (In Russ.).

16. Sokolov V.A. *Protsessy obrazovaniya i migratsii nefti i gaza* [Processes of oil and gas formation and migration]. Moscow, Nedra Publ., 1965. 275 p. (In Russ.).

17. Shemin G.G. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti venda i nizhnego kembriya tsentral'nykh rayonov Sibirskoy platformy (Nepsko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizy i Katangskaya sedlovina)* [Vendian and Lower Cambrian geology and hydrocarbon prospects in the central Siberian Platform (Nepa-Botuoba, Baikite anteklises and Katanga saddle)]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2007. 467 p. (In Russ.).

18. Shemin G.G. *Ereminsko-Chonskoe skoplenie nefti v preobrazhenskom rezervuare – krupneyshiy ob'ekt po podgotovke zapasov i dobychi uglevodorodnogo syr'ya v Vostochnoy Sibiri* [Eremino-Chonskoye oil accumulation in the Preobrazhensky reservoir is the largest object in reserves opening up and hydrocarbon extraction in East Siberia]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2011. 122 p. (In Russ.).

19. Shemin G.G., Fortunatova N.K. [Detailed correlation of Vendian-Lower Cambrian deposits of the Pred-Patom regional trough and adjacent territory of the Nepa-Botuoba anteklise (Siberian Platform)]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2012, no. 4, pp. 8–26. (In Russ.).

© Г. Г. Шемин, А. В. Мигурский, М. Ю. Смирнов,
А. Г. Вахрамеев, А. А. Поспеев, 2018



УДК (553.983+551.231):551.72/.733.3(571.5)

О ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ ПОЛУЧЕНИЯ СЛАНЦЕВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В. С. Старосельцев, К. В. Старосельцев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Перспективы получения сланцевых углеводородов в Восточной Сибири большинство специалистов связывают с битуминозными аргиллитами нижнего кембрия. Тем не менее следует учитывать и возможность получения сланцевой нефти и (или) газа из битумонасыщенных пород основания рифея на западных склонах Анабарской антеклизы, а также из нижнепротерозойских пород на территории Ангаро-Котуйского рифтогенного прогиба. Рассматривается вопрос о перспективах битуминозных раннесилурийских сланцев обширного бассейна Тунгусской синеклизы, прежде всего в пределах поднятий кровли венд-силурийского структурного яруса. Приводятся результаты изучения антраксолит-цеолит-кварцевой ископаемой фумаролы в нижнетриасовом туфогенном горизонте бассейна оз. Верхняя Агата – прямого индикатора активизации процессов образования углеводородов в залегающих ниже граптолитовых аргиллитах нижнего силура. Обосновывается необходимость присвоения таким источникам углеводородов статуса резервных, поскольку при их разработке велика опасность для экологии уникальных природных ландшафтов и животного мира региона.

Ключевые слова: сланцевые углеводороды, Тунгусская синеклиза, битуминозные сланцы, венд-силурийский структурный ярус, ископаемая фумарола, экологическая безопасность.

ON THE POSSIBLY OF ADDITIONAL PRODUCTION PROSPECTS FOR SHALE HYDROCARBONS IN EASTERN SIBERIA

V. S. Staroseltsev, K. V. Staroseltsev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

Most specialists associate prospects for the production of shale hydrocarbons in Eastern Siberia with bituminous argillites of the Lower Cambrian. Nevertheless, one should take into account the possibility of production of shale oil and (or) shale gas from bitumen-saturated rocks of the Riphean basement on the western slopes of the Anabar anticline, as well as from the Lower Proterozoic rocks in the Angara-Kotui rift trough. The article also deals with the subject of prospects for the bituminous Early Silurian shales of the Tunguska syncline vast basin, primarily within the roof elevations of the Vendian-Silurian structural stage. Results of the study of anthraxolite-zeolite-quartz fossil fumaroles in the Lower Triassic tuffaceous horizon of the Upper Agata Lake basin are given. The Upper Agata Lake is a direct indicator of activation of the hydrocarbon formation processes in the underlying Lower Silurian graptolitic argillites. The expectation that such hydrocarbon sources are numbered with hydrocarbon reserved ones is substantiated because of very serious ecological damage for the unique natural landscapes and fauna of the region during its development.

Keywords: shale hydrocarbons, Tunguska syncline, bituminous shales, Vend-Silurian structural stage, fossil fumaroles, environmental safety

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-56-60

Основные перспективы получения сланцевых углеводородов в Восточной Сибири большинство исследователей связывают с битуминозными аргиллитами куонамской и иниканской свит нижнего кембрия. Наряду с этим нельзя не учитывать возможность получения сланцевого газа и (или) нефти из битумонасыщенных терригенных пород основания рифея на западных склонах Анабарской антеклизы, а также частично из насыщенных битумами, хотя и интенсивно метаморфизованных подстилающих их нижнепротерозойских пород на территории северного окончания Ангаро-Котуйского рифтогенного прогиба, расположенного западнее [3]. Как показано в работе В. С. Старосельцева и Л. А. Кроль [4], здесь, судя по результатам анализа сейсморазведочных данных (с использованием РЕАПАК+РК технологий) по региональному профилю «Алтай – Северная Земля» и расщелк к нему в районе Чириндинской параметрической скв. 271, вполне вероят-

но распространение нижнепротерозойских битуминозных отложений. Они, скорее всего, и послужили источником насыщения битумами красноцветных песчаников в основании мукунской серии нижнего рифея на западных склонах Анабарской антеклизы.

Кроме того, представляется целесообразным рассмотреть вопрос о возможности извлечения сланцевых углеводородов из битуминозных раннесилурийских (ландоверийского яруса) сланцев в пределах обширного бассейна Тунгусской синеклизы. При этом необходимо подчеркнуть, что площадь распространения указанных сланцев измеряется сотнями тысяч квадратных километров (рис. 1) при крайне редкой плотности населения. Последнее обстоятельство представляется крайне важным для организации добывающих скважин без нанесения обычного в этом процессе вреда при использовании грунтовых вод для бытовых нужд населения.

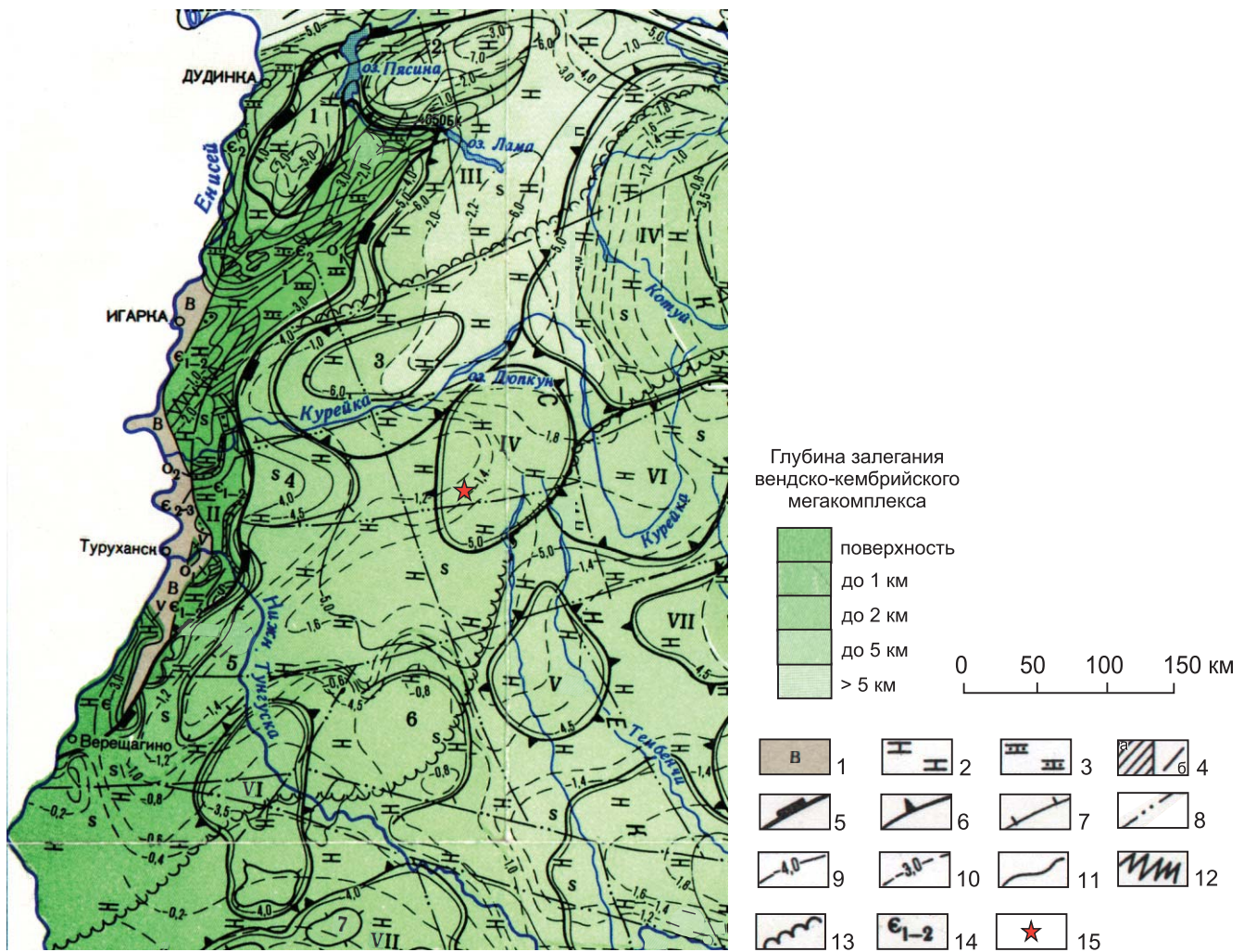


Рис. 1. Фрагмент тектонической карты вендско-силурийского мегакомплекса Сибирской платформы

1 – мегакомплексы основания (в погруженном состоянии); ассоциации формаций: 2 – карбонатная, 3 – глинисто-карбонатная, 4 – долеритовые образования более молодого возраста, тела: а – пластовые, б – секущие; дислокационные характеристики, контуры пликативных структур: 5 – надпорядковых (антеклиз, синеклиз, ступеней, региональных и краевых прогибов), 6 – первого порядка (сводов, выступов, мегавалов, седловин, впадин), 7 – второго порядка (куполовидных поднятий, валов, структурных мысов, котловин); 8 – дизъюнктивные нарушения с неясной кинематикой, выделенные по комплексу геолого-геофизических данных; изогипсы: 9 – подошвы, 10 – кровли; границы: 11 – распространения формаций, 12 – формационных замещений по латерали, 13 – распространения погребенных рифогенных отложений кембрия, 14 – возрастные индексы формаций; 15 – место выхода фумаролы на дневную поверхность; структуры I порядка: I – Хантайско-Рыбнинский мегавал, II – Курейско-Бакланихинский мегавал, III – Курейско-Хетская впадина, IV – Анамский свод, V – Юктелыйский свод, VI – Сурингдаконский свод, VII – Бахтино-Учаминский выступ; структуры II порядка: 1 – Норильско-Вологочанский прогиб, 2 – Хараелахско-Иконский прогиб, 3 – Верхнекулумбинская котловина, 4 – Пашкинский структурный мыс, 5 – Нижнетунгусский структурный залив, 6 – Бильчанский структурный мыс, 7 – Сурингдаконское куполовидное поднятие

Граптолитовые сланцы в ниже-среднеландоверийских отложениях силура северо-запада Сибирской платформы представлены толщей (мощностью до 50 м) темно-серых и сажисто-черных аргиллитов и мергелей с повышенным (до 6,1–7,1 %) содержанием органического вещества, что неоднократно описывалось в отчетах о НИР А. Э. Конторовича, П. Н. Соболева и других специалистов СНИИГГиМС и ВНИГРИ. В самих граптолитовых сланцах кварцевый терригенный материал как энергетический элемент практически отсутствует, но в вышележащих каменноугольных и пермских отложениях он распространен достаточно широко,

что может использоваться при освоении сланцевых углеводородов.

Приведенный на рис. 1 фрагмент структурно-тектонической карты кровли венд-силурийского структурного яруса Сибирской платформы [1] охватывает территорию распространения нижнесилурийских граптолитовых битуминозных аргиллитов суммарной толщиной в первые десятки метров, залегающих на 250–300 м ниже кровли этого структурного яруса. Поэтому такая карта может быть надежным ориентиром для прогноза наиболее вероятных мест, благоприятных для концентрации сланцевых углеводородов. В первую очередь к ним



Рис. 2. Антраколит-цеолит-кварцевая ископаемая фумарола (общий вид поперечного скола)

могут относиться крупные и средние по размерам замкнутые и полузамкнутые поднятия кровли венд-силурийского структурного яруса.

Именно в пределах такого поднятия в бассейне оз. Верхняя Агата в 1983 г. в туфогенном горизонте между базальтовыми покровами внутри раннетриасовой толщи на первом снизу правом притоке р. Эранкан, впадающей в оз. Верхняя Агата, К. В. Старосельцевым было обнаружено и детально изучено [5] субвертикальное трубообразное тело диаметром около 8 см (рис. 2), представляющее собой антраколит-цеолит-кварцевую ископаемую фумаролу. Макроскопически на ее поперечных срезах отчетливо выделяются две концентрические зоны: внутренняя черная и внешняя желтовато-белая. Диаметр первой зоны в пределах штуфа высотой около 10 см увеличивается сверху вниз с 4 до 5 см при приблизительно одинаковом общем диаметре изученной части тела.

При микроскопическом изучении шлифов из различных участков обеих зон, а также по данным рентгеноструктурного и химического анализов выявлены следующие особенности их строения и состава. Внешняя желтовато-белая зона сложена кварцевыми микросферолитами (около 60 %)

и цеолитами группы гейландита пластинчатого габитуса (около 40 %). Внутреннюю черную зону составляют изометричные кварцевые стяжения, обильно пропитанные и сцементированные рентгеноаморфными окислами железа и углеродистым веществом (рис. 3), по данным термического анализа метаморфизованным до антраколитовой стадии. Периферическая часть зоны обогащена железистым материалом и обеднена углеродистым веществом относительно центральной. Граница между ними под микроскопом довольно резкая. По особенностям взаимоотношения описанных зон можно предположить, что сначала образовалась кварц-гейландитовая трубка с относительно проницаемой внутренней частью, лишенной цеолитов, которая при повторной активизации была пропитана углеводородами и оксидами железа.

Расположение такой трубки над сводовой частью структурного мыса на кровле венд-силурийского структурного яруса (см. рис. 1) вполне может свидетельствовать об активизации процессов образования углеводородов в нижнесилурийских граптолитовых аргиллитах, залегающих на глубине около 1,5 км. В настоящее время над этим структурным мысом практически нет даже мелких населенных пунктов, что позволяет организовать на поверхности размещение буровых установок для оценки перспектив получения сланцевых углеводородов из нижнесилурийских битуминозных отложений.

Следующим участком, перспективным для организации проверочного бурения с целью получения сланцевой нефти, можно считать район Бильчанского структурного мыса в бассейне р. Тутончана, где (по данным параметрического бурения) граптолитовый горизонт нижнего силура, включающий интрузию раннетриасовых долеритов, суммарной толщиной 403 м вскрыт на глубине 1243–1783 м. Площадь нефтегазосбора в пределах Бильчанского структурного мыса составляет 6 тыс. км².

Позднее перспективность граптолитовых пород на нетрадиционные углеводороды также от-

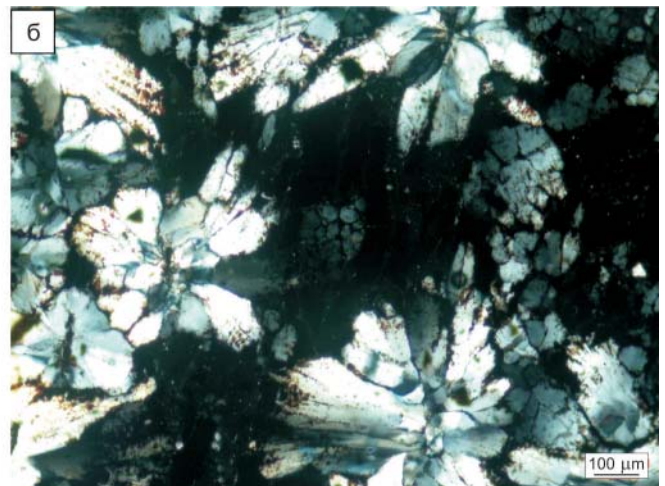
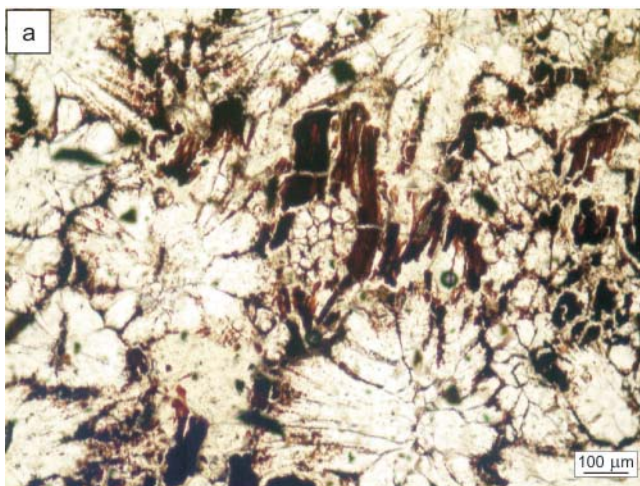


Рис. 3. Антраколит-кварцевая порода внутренней зоны фумаролы в шлифе: а – без анализатора, б – николи скрещены

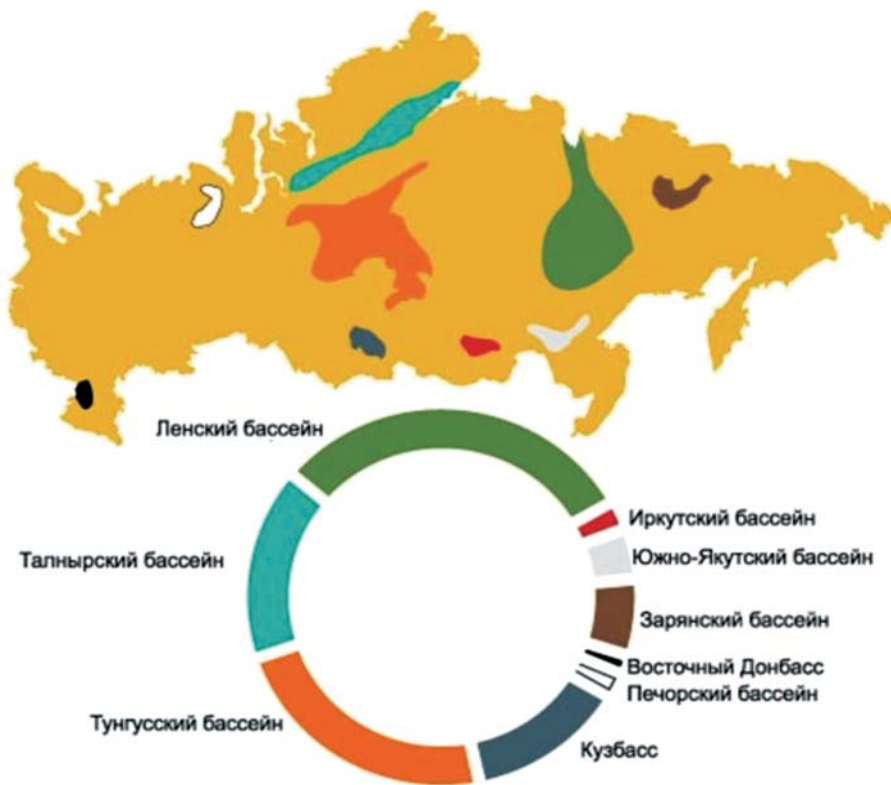


Рис. 4. Бассейны нетрадиционного газа в России (по [2])

ражена (рис. 4) в учебном электронном текстовом издании 2016 г. Уральского университета [2] и в обзоре ОАО НПЦ «Недра» 2012 г. [6]. Описанное в настоящей статье проявление битуминозной палеофумаролы приурочено к юго-западной расширенной части Тунгусского бассейна, показанного на рис. 4.

Несмотря на охарактеризованные перспективы извлечения запасов сланцевых УВ, хотелось бы выразить надежду, что они так и останутся в качестве некоего резервного (форс-мажорного) топливно-энергетического запаса для нужд страны. Помимо грунтовых вод для населения, уникальность природных ландшафтов и биоценозов территории Тунгусской синеклизы и Анабарской антеклизы также требует чрезвычайно бережного отношения к их сохранности и экологической безопасности. В добывающих сланцевую нефть странах уже нанесен ущерб экологии. Кроме того, стремительное развитие поисков и технологий использования альтернативных источников энергии требуют разумного подхода к проблеме. Необходимо эффективное извлечение еще имеющихся традиционных углеводородов и инновационных методов их переработки в сочетании с постепенным переходом к комплексному высокотехнологичному использованию всех возможных природных видов энергии (и прежде всего практически неисчерпаемой солнечной).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мегакомплексы** и глубинная структура земной коры нефтегазоносных провинций Сибирской платформы: Тр. СНИИГГиМС / под ред. В. С. Суркова. – М.: Недра, 1987. – 204 с.

2. **Сидорова Л. П., Султанбекова Е. Е., Стригунова Е. Е.** Сланцевый газ и сланцевая нефть. Получение и экологический ущерб: Учебное электронное текстовое издание. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. – Точка доступа: http://study.urfu.ru/Aid/Publication/13530/1/Sidorova_3_SN.pdf.

3. **Старосельцев В. С.** Актуальные проблемы тектоники нефтегазоперспективных регионов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 212 с.

4. **Старосельцев В. С., Кроль Л. А.** Раннепротерозойский комплекс севера Ангаро-Котуйского рифтогенного рифейского прогиба и его возможное влияние на нефтегазоносность // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 2 (18). – С. 16–24.

5. **Старосельцев К. В., Старосельцев В. С.** Антраколит-цеолитовая ископаемая фумарола в триасовых вулканитах севера Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1987. – № 3. – С. 113–117.

6. **Цветков Л. Д., Цветкова Н. Л.** Сланцевые углеводороды (библиографический обзор). – Ярославль: ОАО НПЦ «Недра», 2012. – 300 с.

REFERENCES

1. Surkov V.S. ed. [Megacomplexes and deep structure of the Earth's crust of the petroleum provinces at the Siberian Platform]. *Trudy SNIIGGiMS –SNIIGGiMS Proc.*, Moscow, Nedra Publ., 1987. 204 p. (In Russ.).

2. Sidorova L.P, Sultanbekova E.E., Strigunova E.E. *Slantsevyy gaz i slantsevaya neft'. Polucheniye i ekologicheskiy ushcherb* [Shale oil and shale gas. Production and ecological damage]. Ekaterinburg, Ural Federal University Publ., 2016. Available at: http://study.urfu.ru/Aid/Publication/13530/1/Sidorova_3_SN.pdf.



urfu.ru/Aid/Publication/13530/1/Sidorova_3_SN.pdf. (In Russ.).

3. Staroseltsev V.S. *Aktual'nye problemy tektoniki neftegazoperspektivnykh regionov* [Current problems of tectonics in oil-and-gas-promising regions]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2008. 212 p. (In Russ.).

4. Staroseltsev V.S., Krol L.A. [Early Proterozoic complex of the northern Angara-Kotuy rift Riphean trough and its possible influence on petroleum potential]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri* –

Geology and Mineral Resources of Siberia, 2014, no. 2 (18), pp. 16–24. (In Russ.).

5. Staroseltsev K.V., Staroseltsev V.S. [Anthraxolite-zeolitic fossil fumaroles in Triassic vulcanites of the northern Tunguska syncline]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1987, no. 3, pp. 113–117. (In Russ.).

6. Tsvetkov L.D., Tsvetkova N.D. *Slantsevye uglevodorody* [Shale hydrocarbons]. Yaroslavl, OAO NPTS Nedra Publ., 2012. 297 p. (In Russ.).

© В. С. Старосельцев, К. В. Старосельцев, 2018



НОВЫЙ ОБЩИЙ ПРИЗНАК МЕСТОРОЖДЕНИЙ-ГИГАНТОВ

Ю. Н. Кародин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

Описывается новый признак месторождений-гигантов. Гигаполирез – это полирезервуар, объединяющий пространственное и флюидодинамическое множество региональных полирезервуаров разных нефтегазовых комплексов. Наиважнейшим отличием от других полирезервуаров является связь пространственно-временного и флюидодинамического множества региональных полирезервуаров разных НГК. Именно таким качеством обладают все гигантские залежи мела Западной Сибири и большинство гигантских месторождений УВ мира. Практическая значимость нового полирезервуара состоит в том, что он может быть использован в качестве важного признака при поиске крупнейших и гигантских месторождений УВ в новых провинциях, например, в арктических трудно осваиваемых регионах.

Ключевые слова: Западная Сибирь, месторождения углеводородов, нефтегазовый комплекс, резервуар нефти и газа, полирезервуары.

NEW COMMON FEATURE OF GIANT FIELDS

Yu. N. Karogodin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

The new feature of giant fields is described. The giga-poly reservoir ('gigapolyres') is a poly reservoir combining spatial and fluidodynamic multitude of regional poly reservoirs of various oil and gas plays (OGPs). The most important distinction from other poly reservoirs is the relationship between spatial-temporal and fluidodynamic multitude of regional poly reservoirs of various OGPs. All giant Cretaceous deposits of the Western Siberia and the majority of world giant HC reservoirs possess precisely such quality. The practical significance of new poly reservoir lies in the fact that it can be used as an important feature in the search for largest and giant HC reservoirs in new provinces, for example, in Arctic regions which are hard for development.

Keywords: Western Siberia, hydrocarbon reservoirs, oil and gas complex, petroleum and gas reservoir, 'polyres'.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-61-67

Ранее, при многолетнем чтении в НГУ курса лекций «Нефтегазоносные провинции мира», автором было сформулировано шесть следующих **общих признаков месторождений-гигантов** [4, 6]:

1) наличие в разрезе нефтегазового бассейна (НГБ) резервуара с ловушкой (или ловушками), способными принимать и удерживать поступающие в них большие объемы УВ;

2) наличие крупной по площади нефтегазосборной области (свода, мегавала, моноклинали);

3) сопряженность нефтегазосборной области с крупной доказанной (или предполагаемой, прогнозируемой) объемной областью генерации УВ;

4) наличие стратиграфического несогласия в разрезе резервуара (НГК) с перерывом различного ранга и размывом разного масштаба;

5) значительный объем осадочного выполнения НГБ;

6) открытость НГБ к морю.

При работе над учебными пособиями серии «Электрофизические модели нефтегазовых комплексов бассейнов Западной и Восточной Сибири» [11, 13–15] был выделен еще один, седьмой, общий признак месторождений-гигантов. Он был обнаружен при изучении гигантских залежей алымско-викуловского нефтегазового комплекса апта. При этом выяснилось, что НГК обладает не только всеми шестью перечисленными признаками, но и еще

одним. При анализе оказалось, что он присущ подавляющему большинству известных нефтяных, битумных и газовых месторождений-гигантов мира.

Новизна его заключается в следующем. Известно, что в нефтегазовых комплексах, как и в упомянутом аптском, может быть от одного до нескольких региональных резервуаров (*регорезов*), каждый из которых, в свою очередь, может быть *полирезервуаром*, т. е. состоять из ряда резервуаров ниже рангом (зональных – *зонрезервуаров*, элементарных – *элерезервуаров*). Это является ярким проявлением принципа *иерархичности* систем любого вида.

Установлено, что *регорезы* одного НГК могут объединяться, «сливаться» по два, три, четыре (и больше) в один, превращаясь в разновидность *полирезервуаров* (соответственно в *дирегополирезервуары*, *трирегополирезервуары*, *тетрарегополирезервуары* и т. д.). Но даже из примеров, приведенных в пособии, посвященном аптскому НГК, видно, что могут объединяться, «сливаться» *регорезы* и разных, смежных НГК. И единый резервуар представляет новый, ранее неизвестный вид полирезервуаров – *гигаполирезервуар* (название условное). Терминоэлемент «гига» заимствован от терминов гигацикл и гигациклит (мегасиквенс в терминологии сиквенс-стратиграфии), отражающих определенный ранг тел седиментационных циклов.

Гигаполирезервуар – это полирезервуар (*полирезервуар*), объединяющий *пространственно* и *флюидодина-*



мически множество (от двух и более) региональных полирезов (регополирезов) разных (!) НГК.

Наиважнейшим отличием от других полирезов является связь (как интегративное свойство целостной системы) пространственно-временного и флюидодинамического множества региональных полирезов (*регополирезов*) разных (смежных) НГК. Именно таким качеством обладают все гигантские залежи мела Западной Сибири. Также подавляющее большинство гигантских месторождений УВ мира связаны с резервуарами данного типа. В этом и видится теоретическая значимость. А практическая значимость нового полиреза состоит в том, что его наличие может быть использовано в качестве важного признака при поиске крупнейших и гигантских месторождений УВ в новых провинциях, например, в арктических трудно осваиваемых регионах.

Ярким примером такого нового вида полирезов может служить Самотлорский, описанный ранее [15]. Он объединяет два регополиреза двух разных НГК – алымско-викуловского и подстилающего Пимского (рис. 1). Пространственное единство двух регорезов (один на другом) хорошо отражено в литологической и литмологической моделях, а флюидодинамическое – в едином ВНК гигантских многопластово-массивных залежей нефти Самотлорского и Федоровского месторождений. Важно именно то, что регоциклиты, с которыми сопряжены НГК, а значит и их объединившиеся нефтегазоносные резервуары, находятся в **разных** гигациклитах, и граница между ними того же ранга (гига). Поэтому логично, что номенклатурный термин нового вида полирезов принимается с тем же терминоэлементом – гига (Самотлорский гигаполирез). Под гигациклитом и сопряженным с ним НГК понимается циклит наиболее высокого ранга. Их насчитывается шесть, как и в сиквенс-стратиграфии. Там они имеют собственные названия, а в литмостратиграфии их нет, поэтому предлагается обозначать их римскими цифрами от I до VI¹.

Признание геологами флюидодинамического единства резервуара гигантских залежей нефти названных месторождений отражено в принятии единой группы продуктивных пластов «А» («АВ», «АС»), и это несмотря на объединение двух существенно различающихся во многом (в том числе и ФЕС) регорезов-полирезов.

В теоретическом плане выявление нового вида резервуаров (группы *полирезов*) важно само по себе, как и понимание различного места объединенных *регорезов* с их НГК в системно-литмологической модели, от которого во многом зависят их свойства. Напомним, что один из них, нижний, Верхнепимский, занимает верхнее место в Пимском НГК V гигациклита. А верхний, Нижнеалымский, находится в основании первого, самого нижнего рего-

циклита и НГК VI гигациклита. Их стратиграфически разделяет предаптский перерыв с явным размывом подстилающих отложений, но зато он флюидодинамически объединяет их в единый Самотлорский гигаполирез.

Роль стратиграфических несогласий на границах рего- и гигациклитов и сопряженных с ними НГК в формировании гигаполирезов весьма значительна, особенно если учитывать, что это, как правило, сопровождается размывами подперерывных отложений. Установлено, что их масштаб часто напрямую связан с рангом циклитов. На уровне границ гигациклитов они могут достигать нескольких ярусов и даже систем. Так, например, перерыв в разрезе гигантского месторождения битумов Атабаски достигает пяти систем. Именно при наличии перерывов в разрезе происходит пространственно-временное и флюидодинамическое объединение полирезов различных НГК, что увеличивает мощность единого резервуара и поступление мигрирующих углеводородов по латерали и вертикали из нижележащих отложений в подперерывные и надперерывные резервуары, играющие разную роль в формировании гигаполиреза: первые – роль преимущественно миграционно-накопительную, а вторые – накопительно-распределительную.

Размывы вполне определенно проявляются в керне (по цвету, облику, фациальному составу), а также в электрофизических и сейсмогеологических моделях. Так, в качестве яркого примера можно привести разрез Самотлорского гигантского месторождения, в котором надперерывные отложения представлены явно морскими светло-серыми песчано-алевролитовыми образованиями, а подперерывные – толщей пестроцветного «рябчика»². Первые имеют субпараллельное залегание, а вторые отличаются элементами ярко выраженного клиноформного строения (рис. 2).

Другим примером нового вида резервуаров является Таношчинский гигаполирез (рис. 3). Его границы выражены менее ярко, чем у Самотлорского, особенно верхняя, поскольку предальбский перерыв, с которым она связана, недостаточно явно идентифицируется в электрофизических моделях разрезов Ямальской и смежных с ней НГО. Возможно, еще и потому этот перерыв рангом ниже (*регоперерыв* – между региональными циклитами и НГК того же ранга), чем предаптский *гигаперерыв*, между V и VI гигациклитами. Тем не менее он был опознан практически одновременно с открытием первой залежи нефти, при отборе керна из незапланированного (но прогнозируемого в качестве про-

² «Рябчиком» он был назван Ю. Н. Карогодиным в 1969 г. при изучении керна скважин Самотлорской площади и других скважин Нижневартовского свода. Название он получил благодаря своему облику из-за множества мелких белесых линзочек алевритового песчаника в составе серых и темно-серых глинисто-алевритистых песчаников.

¹ В настоящее время Земля переживает начало нового, 7-го гигацикла.

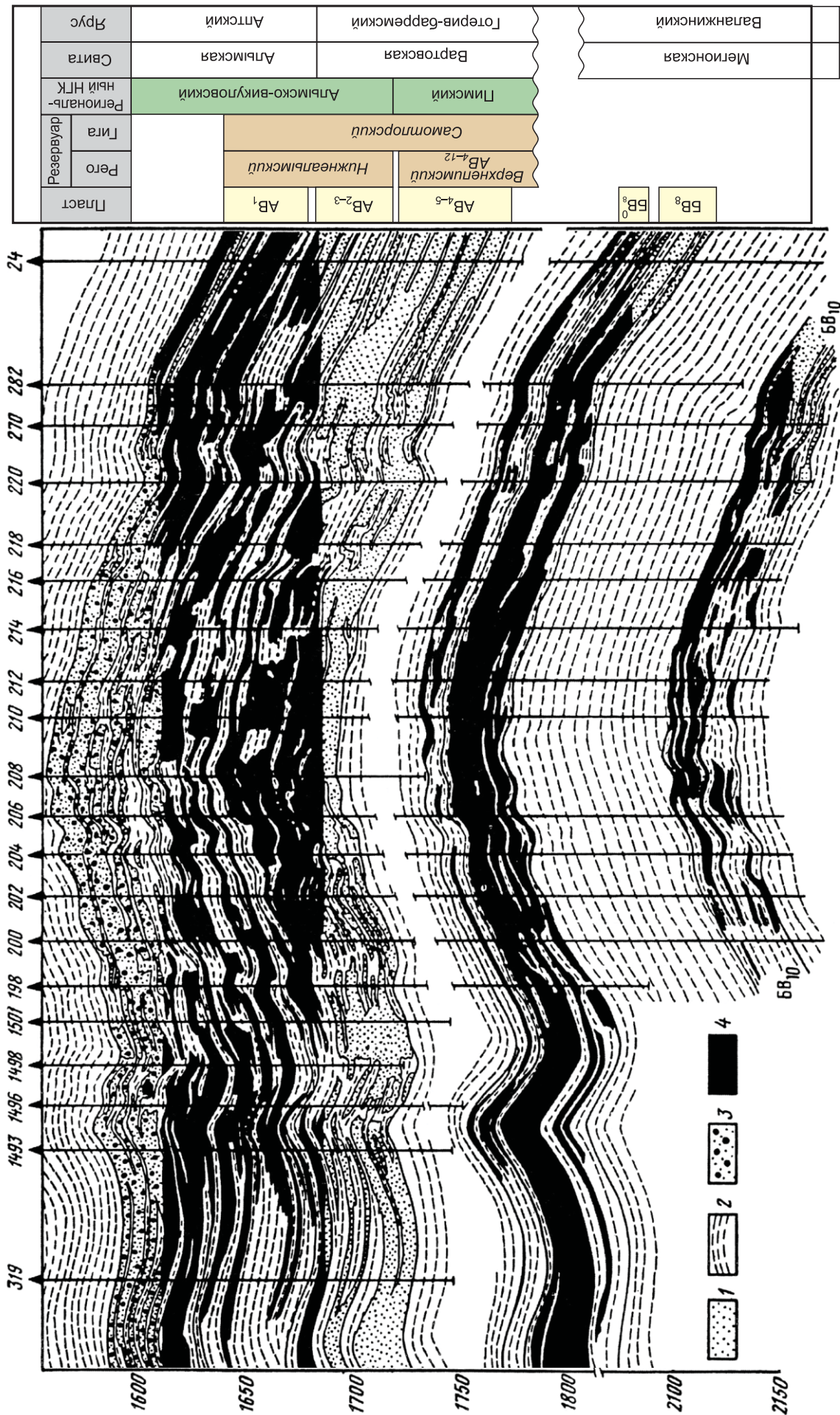


Рис. 1. Принципиальная модель разреза Самотлорского месторождения, по [2] с дополнениями Ю. Н. Каргодина
 1-2 – породы; 1 – преимущественно песчаные, 2 – преимущественно глинистые; 3 – газ; 4 – нефть

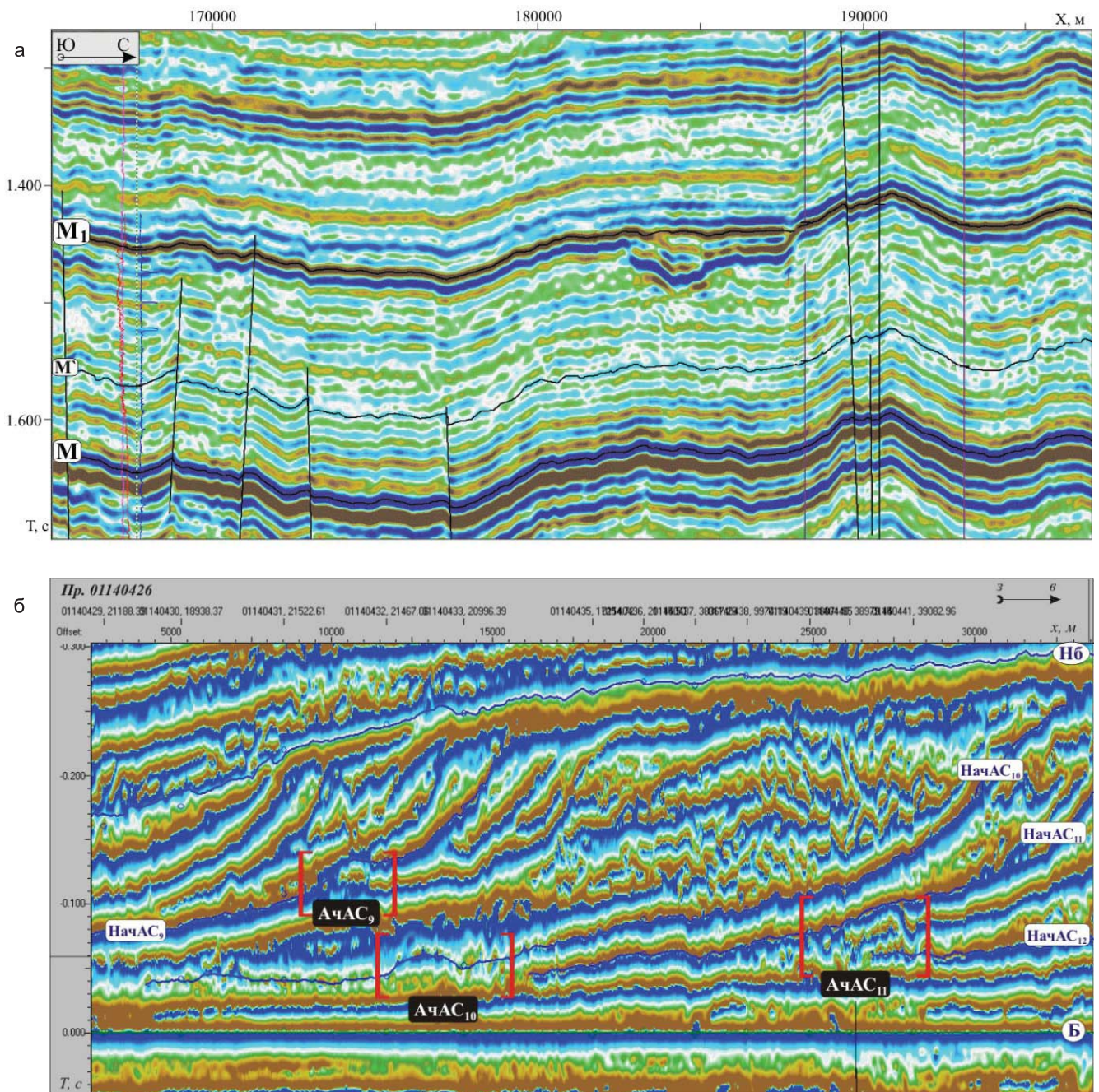


Рис. 2. Примеры сейсмических разрезов, демонстрирующие различие субпараллельного строения Алымско-Викуловского НГК (а) и клиновидного строения подстилающего Пимского НГК (б), по Г. Д. Ухловой

дуктивного) интервала разреза скважины, бурящейся на юрские отложения [7, 9]. Поднятый керн оказался насыщенным нефтью, и при испытании интервала отбора керна получен ее приток. Нефтеносный пласт, бесспорно, принадлежал к базальным слоям ханты-мансийской свиты альбской трансгрессии, а не викуловской свиты апта, как было принято считать. А явное опознание крупной Красноленинской нефтеносной зоны и понимание значения перерыва в ее формировании произошло более 40 лет спустя (!), когда стало очевидным, что основные ее залежи связаны с отложениями не викуловской свиты апта (пласты $ВК_1$ – $ВК_2$), а с **подперерывными** «пластами выполнения вреза эрозионных долин» [10], а также **надперерывными** «покровными» базальными

слоями той же альбской ханты-мансийской трансгрессии. Поэтому аббревиатура их должна быть $ХМ_1$ и $ХМ_2$ (снизу вверх, а не наоборот, как принято), от названия ханты-мансийской свиты, а не викуловской с аббревиатурой «ВК». «Покровные» слои и слои «вреза» представляют единый альбский базальный регополизез.

Признавая и тот, и другой резервуары *гигаполирезами*, следует отметить одно важное отличие: в Танопчинском резервуаре к верхнему *регорезу* присоединяется не один, как в Самотлорском, и не два, а три-четыре регореза. Этим и объясняется более значительная мощность Танопчинского резервуара, чем Самотлорского. Возможно, его следует считать разновидностью, танопчинским подвидом

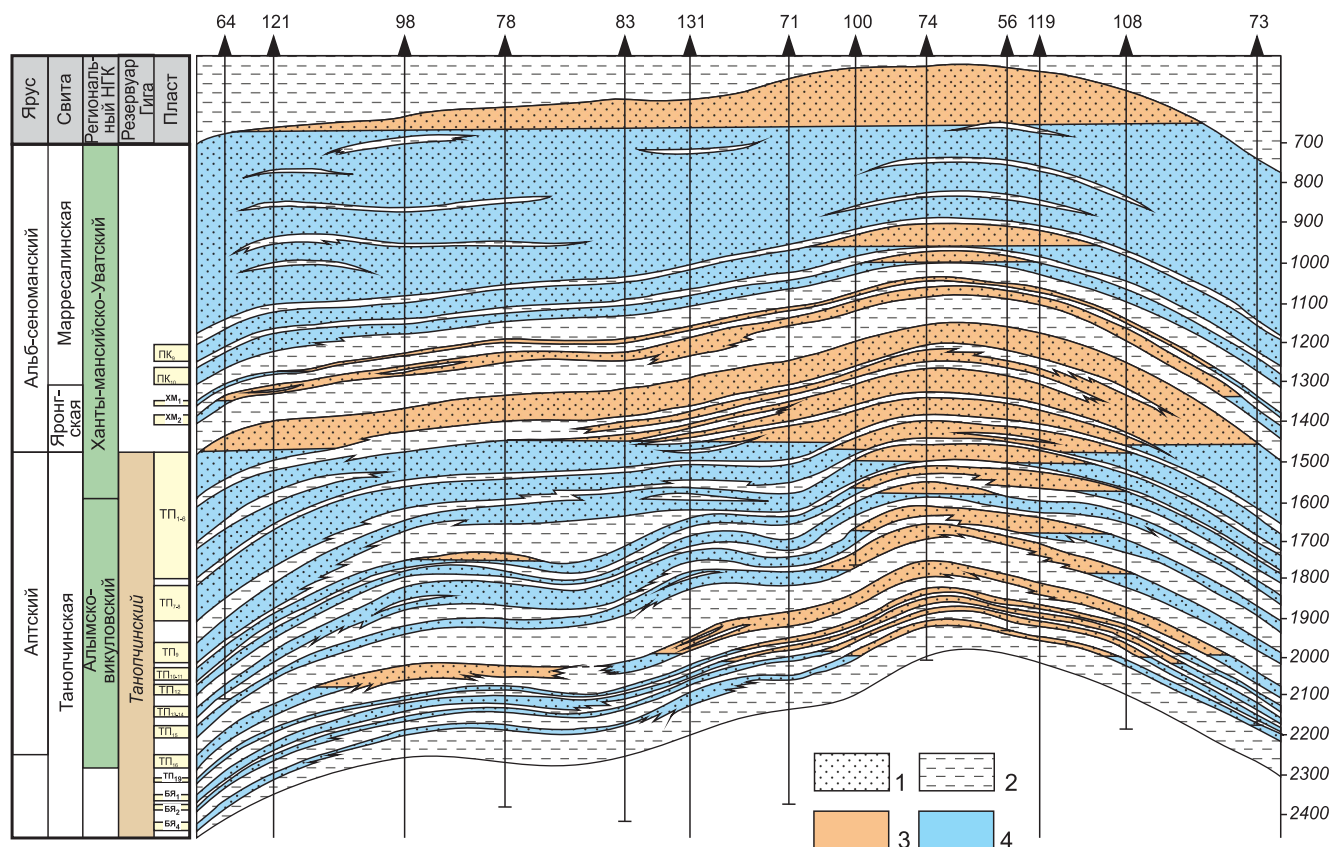


Рис. 3. Принципиальная модель разреза Бованенковского месторождения, по [1], с дополнениями Ю. Н. Кагородина
1–2 – породы: 1 – преимущественно песчаные, 2 – преимущественно глинистые; 3 – газ; 4 – вода

гигаполирезов, а в дальнейшем выявятся еще и другие подвиды.

Важность выявления в разрезах нового вида нефтегазоносных резервуаров, как еще одного, седьмого общего признака месторождений-гигантов трудно переоценить, а пока даже и оценить. Значение использования основных признаков (включая связь с *новым видом* нефтегазоносных резервуаров – **гигаполирезом**) строения и формирования месторождений-гигантов в настоящее время видятся в следующем.

При слиянии, объединении резервуаров любого вида и ранга, а тем более полирезов в гигаполирез, увеличивается мощность, объем вновь образованного полиреза, способного принять и удерживать (при наличии объемной ловушки стратиграфического или любого другого комбинированного типа) значительные объемы УВ вплоть до гигантских, как основные залежи Самотлорского, Федоровского нефтяных месторождений, Бованенковского газоконденсатного, Уренгойского и Ямбургского газовых гигантов.

Названные признаки во вполне обозримом будущем могут оказать важную услугу при оценке перспектив и целенаправленном поиске месторождений высокого ранга при освоении почти не изученных обширных высокоперспективных территорий Арктики, сложных в геологическом и климатическом отношении, а потому и высокзатратных в плане проведения нефтегеологических работ,

и в первую очередь это касается шельфа арктических морей России (как и других стран).

Также, учитывая достаточно высокую «скрытность» гигаполирезов и «притаившихся» в них крупных и гигантских залежей нефти (как, например, Красноленинская зона) и газа, важно организовать целенаправленный их поиск в разрезах достаточно хорошо изученных НГБ, выполнить тщательные исследования по поиску залежей в над- и подперерывных регорезах. «Скрытность» может быть связана и с наличием нового подвида полирезов в разрезе той или иной структурно-фациальной зоны с нарушенной дихотомией породно-слоевой системы регоциклита. Такой пример – это обнаружение двух крупных нефтеносных зон Лено-Тунгусского НГБ Сибирской платформы, ждущих своего открытия более 20 лет [5, 8]. Также одними из первостепенных объектов в этом отношении являются залежи нефти в резервуарах четырех регоциклитов и сопряженных с ними НГК (тоже ждущие своего открытия не один десяток лет), имеющие прямое отношение к оценке перспектив Лаптевоморского НГБ [1, 10].

Небезынтересно выполнить подобные исследования, как по старым, казалось бы, вполне изученным НГБ (даже Волго-Уральскому, Тимано-Печорскому, Прикаспийскому), так и по шельфу малоизученной Балтийской НГО, шельфу Крымской НГО (которая представляется, по предварительной оценке, не менее богатой, чем Сахалинская,



но только по газу, которого хватит с избытком не только Крыму).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Брехунцов А. М., Битюков В. М.** Открытые горизонты. В 5 т. Т. 1. – Тюмень: СибНАЦ, 2005. – 657 с.

2. **Геология** нефти и газа Западной Сибири / А. Э. Конторович, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов и др. – М.: Недра, 1975. – 680 с.

3. **Казаков А. М., Дагис А. С., Карогодин Ю. Н.** Литостратиграфические подразделения триаса севера Средней Сибири // Био- и литостратиграфия триаса Сибири. – М.: Наука, 1982. – С. 5–37. – (Тр. ИГиГ; вып. 462).

4. **Карогодин Ю. Н.** Введение в нефтяную литологию. – Новосибирск: Наука, 1990. – 240 с.

5. **Карогодин Ю. Н.** Перспективы выявления неструктурных ловушек и связанных с ними крупных зон нефтегазоаккумуляции в постседиментационных коллекторах // Проблемы нефтегазоносности Сибирской платформы: матер. науч.-практ. конф.: тез. докл. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2003. – С. 72–76.

6. **Карогодин Ю. Н.** Системная модель стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Евразии: в 2 т. Т. 2. Юра: Кн. 1: Теоретико-методологические основы системно-стратиграфической парадигмы. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2010. – 163 с.

7. **Карогодин Ю. Н., Калугин П. С.** Новый апт-нижнеальбский этаж нефтеносности в Западной Сибири // Поисково-разведочные работы на нефть и газ в перспективных районах. – М.: ВНИИОЭНГ, 1968. – С. 37–39.

8. **Карогодин Ю. Н., Владимиров А. В., Ершов С. В.** Зоны развития карста – важнейшие объекты поиска скоплений углеводородов в карбонатных толщах Сибирской платформы // Докл. АН СССР. – 1989. – Т. 309, № 4. – С. 930–934.

9. **Карогодин Ю. Н., Калугин П. С., Сторожев А. Д.** Перспективы открытия крупных месторождений нефти в аптских отложениях Красноленинского района // Нефтегазовая геология и геофизика. – 1966. – № 16. – С. 3–5.

10. **Медведев А. Л.** Комплекс заполнения врезанных долин – новый нефтепродуктивный объект в меловых отложениях Красноленинского свода Западной Сибири (на примере каменного месторождения): автореф. дис. ... к. г.-м. н. – СПб., 2010. – 24 с.

11. **Нефтегазоносные** комплексы юры Западной Сибири и их электрофизические модели / М. И. Эпов, Ю. Н. Карогодин, П. Ю. Белослудцев и др. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. – 171 с.

12. **Стратиграфия**, литология и цикличность триасовых отложений севера Средней Сибири / А. С. Дагис, А. М. Казаков, Ю. Н. Карогодин и др. – Новосибирск: Наука, 1984. – 176 с.

13. **Электрофизическая** модель васюганского нефтегазоносного комплекса юры Западной Сибири: учеб. пособие (Серия «Электрофизические

модели нефтегазоносных комплексов бассейнов Западной и Восточной Сибири»; вып. 1, в 3 ч., ч. 1) / М. И. Эпов, Ю. Н. Карогодин, П. Ю. Белослудцев, М. Ф. Храмов. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2012. – 78 с.

14. **Электрофизические** модели георгиевско-сиговского и яновстанского нефтегазоносных комплексов юры Западной Сибири: учеб. пособие (Серия «Электрофизические модели нефтегазоносных комплексов бассейнов Западной и Восточной Сибири»; вып. 1, в 3 ч., ч. 2, 3) / М. И. Эпов, Ю. Н. Карогодин, С. В. Климов и др. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. – 103 с.

15. **Эпов М. И., Карогодин Ю. Н., Ухлова Г. Д.** Электрофизическая модель пимского нефтегазоносного комплекса мела Западной Сибири: учебное пособие (Серия «Электрофизические модели нефтегазоносных комплексов бассейнов Западной и Восточной Сибири»; вып. 2, в 3 ч., ч. 1). – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. – 73 с.

REFERENCES

1. Brekhuncov A.M., Bityukov V.M. *Otkrytye gorizonty. V 5 t. T. 1* [Open horizons]. Vol. 1. Tyumen: SibNAC Publ., 2005. 657 p. (In Russ.).

2. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., et al. *Geologiya nefti i gaza Zapadnoj Sibiri* [Geology of oil and gas in Western Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 680 p. (In Russ.).

3. Kazakov A.M., Dags A.S., Karagodin Yu.N. [Lithostratigraphic units of Triassic of the Middle Siberia north]. *Trudy IGIG "Bio- i litostratigrafiya triassa Sibiri* [Proc. of the IPGG Bio- and lithostratigraphy of the Siberian Triassic]. Moscow, Nauka Publ., 1982, issue 462, pp. 5–36. (In Russ.).

4. Karogodin Yu. N. *Vvedeniye v neftyanuyu litologiyu* [Introduction in oil lithology]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990. 240 p. (In Russ.).

5. Karogodin Yu.N. [Prospects of revealing non-structural traps and large oil and gas accumulation zones in postsedimentation reservoir rocks associated with them]. *Mat. nauch.-prakt. konf., tezisy dokladov "Problemy neftegazonosnosti Sibirskoy platformy"* [Theses of scientific-practical conf. Problems of oil-and-gas content of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2003, pp. 72–76. (In Russ.).

6. Karogodin Yu.N. *Sistemnaya model' stratigrafii neftegazonosnykh basseynov Evrazii. T. 2. Yura: Kn. 1: Teoretiko-metodologicheskie osnovy sistemnostratigraficheskoy paradigmy* [The system stratigraphic model of petroleum basins of Eurasia. Vol. 2. Jurassic. Book 1. Theoretical and methodological foundations of the system-stratigraphic paradigm]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2010. 163 p. (In Russ.).

7. Karogodin Yu.N., Kalugin P.S. [New Aptian-Lower Albian net pay in Western Siberia]. *Poiskovo-razvedochnye raboty na neft' i gaz v perspektivnykh rayonakh* [Exploration for oil and gas in promising regions]. Moscow, VNIIOENG Publ., 1968, pp. 37–39. (In Russ.).



8. Karagodin Yu.N., Vladimirov A.V., Ershov S.V. [Zones of karst development as the most important HC accumulations in carbon-bearing rock masses of the Siberian Platform]. *Doklady AN SSSR – Proc. of AS USSR*, 1989, vol. 309, no. 4, pp. 930–934. (In Russ.).

9. Karagodin Yu.N., Kalugin P.S., Storozhev A.D. [Prospects for discovery of large oil fields in Aptian deposits of the Krasnoleninsk region]. *Neftegazovaya geologiya i geofizika – Petroleum geology and geophysics*, 1966, no. 16, pp. 3–5. (In Russ.).

10. Medvedev A.L. *Kompleks zapolneniya vrezannykh dolin-novyy nefteproduktivnyy ob"ekt v melovykh otlozheniyakh Krasnoleninskogo svoda Zapadnoy Sibiri (na primere Kamennogo mestorozhdeniya)* [Avtoreferat kand. dis.] [Complex of the incised valley filling as new oil product bodies in the Cretaceous deposits of the Krasnoleninsk arch, Western Siberia (as an example of the Kamennoye field): Author's abstract of PhD thesis]. St. Petersburg, VNIGRI Publ., 2010. 24 p. (In Russ.).

11. Eпов M.I., Karogodin Yu.N., Belosudtsev P.Yu., et al. *Neftegazonosnye komplekсы yury Zapadnoy Sibiri i ikh elektrofizicheskie modeli* [Jurassic petroleum plays of Western Siberia and their electrophysical models]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2014. 171 p. (In Russ.).

12. Dagys A.S., Kazakov A.M., Karogodin Yu.N., et al. *Stratigrafija, litologiya i tsyklichnost' triasovykh otlozhenii severa Sredney Sibiri* [Stratigraphy, lithology and cycles of sedimentation of Triassic in the north of Middle Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984. 176 p. (In Russ.).

13. Eпов M.I., Karogodin Yu.N., Belosludtsev P.Yu., Khramov M.F. *Elektrofizicheskaya model' vasyugansk-*

ogo neftegazonosnogo kompleksa yury Zapadnoy Sibiri: uchebnoe posobie. Seriya "Elektrofizicheskie modeli neftegazonosnykh kompleksov basseynov Zapadnoy i Vostochnoy Sibiri". Vyp. 1, v 3 chastyakh. Ch. 1 [Electrophysical model of the Jurassic Vasyugan petroleum play in Western Siberia. Study guide. Series "Electrophysical models of petroleum plays in basins of Western and Eastern Siberia". Issue 1, in three parts. Pt. 1]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2012. 78 p.

14. Eпов M.I., Karogodin Yu.N., Klimov S.V., et al. *Elektrofizicheskie modeli georgievsko-sigovskogo i yanovstanskogo neftegazonosnykh kompleksov yury Zapadnoy Sibiri: uchebnoe posobie. Seriya "Elektrofizicheskie modeli neftegazonosnykh kompleksov basseynov Zapadnoy i Vostochnoy Sibiri". Vyp. 1, v 3 chastyakh. Ch. 2 i 3.* [Electrophysical models of the Jurassic Georgievka-Sigovaya and Yanov Stan petroleum plays in Western Siberia. Study guide. Series "Electrophysical models of petroleum plays in basins of Western and Eastern Siberia". Issue 1, in three parts. Parts 2 and 3]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2013. 103 p. (In Russ.).

15. Eпов M.I., Karogodin Yu.N., Ukhlova G.D. *Elektrofizicheskaya model' pimskogo neftegazonosnogo kompleksa mela Zapadnoy Sibiri: uchebnoe posobie. Seriya "Elektrofizicheskie modeli neftegazonosnykh kompleksov basseynov Zapadnoy i Vostochnoy Sibiri". Vyp. 2, v 3-kh chastyakh. Ch. 1* [Electrophysical model of the Cretaceous Pima petroleum play in Western Siberia. Study guide. Series "Electrophysical models of petroleum plays in basins of Western and Eastern Siberia". Issue 2, in three parts. Pt. 1]. Novosibirsk, IPGG SB RAS Publ., 2014. 73 p. (In Russ.).

© Ю. Н. Каргодин, 2018



УДК (553.98.041:551.72/.732.2):550.8(571.56-15)

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ АНАБАРСКОЙ И СЮГДЖЕРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Л. В. Рябкова, О. Н. Лебедева, Н. В. Мангазеева

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Для расширения ресурсной базы нефтегазовой промышленности России и обеспечения трубопровода ВСТО углеводородами необходимо исследовать новые нефтегазоперспективные земли с целью выявления продуктивных объектов. На основании анализа материалов глубокого бурения и тематических научно-исследовательских работ рассмотрены особенности строения нефтегазоносных комплексов в зоне сочленения Анабарской и Сюгджерской нефтегазоносных областей, возможности формирования ловушек нефти и газа в вендских и нижнекембрийских карбонатных отложениях и в районах развития среднекембрийских рифогенных массивов. Выполнен прогноз площадей вероятного развития коллекторов и флюидоупоров. Выделены зоны нефтегазонакопления, которые могут являться первоочередными для постановки геолого-разведочных работ на юге Анабарской нефтегазоносной области. Предложено провести сейсмические исследования для локализации поисковых объектов и выбора участка под поисковое бурение.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Анабарская и Сюгджерская нефтегазоносные области, нефтегазоносные комплексы, венд, кембрий, фациальные регионы, рифогенные массивы, перспективные зоны нефтегазонакопления.

PROSPECTS OF THE SEDIMENTARY COVER PETROLEUM COMPLEXES IN THE AREAS OF JUNCTION OF THE ANABAR AND SYUGDZHER PETROLEUM REGIONS

L. V. Ryabkova, O. N. Lebedeva, N. V. Mangazeeva

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

To enlarge the resource base of the oil and gas industry of Russia and provide the ESPO pipeline with hydrocarbons, it is necessary to explore new oil and gas potential lands for the purpose of identification of pay zones. On the basis of analyzed evidence from deep drilling and thematic researches, the authors consider structural features of petroleum complexes in the areas of junction of the Anabar and Syugdzher petroleum regions, possibilities of oil-and-gas traps being formed in Vendian and Lower Cambrian carbonate deposits and in areas of Middle Cambrian reef massifs. Areas of probable development of reservoirs and fluid caprocks are forecast. Oil and gas accumulation zones which can be of high priority in carrying out geological studies in the south of the Anabar petroleum region are identified. It is proposed that seismic studies for the purpose of localizing prospects and choosing a prospect drilling site should be performed.

Keywords: Siberian Platform, Anabar and Syugdzher petroleum regions, petroleum complexes, Vendian, Cambrian, facies regions, reef massifs, zones promising for oil-and-gas accumulation.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-68-80

Особенности геологии рассматриваемой территории

Перспективность зоны сочленения Анабарской и Сюгджерской нефтегазоносных областей (НГО) в нефтегазовом отношении определяется ее резко выраженной положительной структурой; наличием крупных рифогенно-аккумулятивных массивов; фациальной неоднородностью разреза в целом при широком развитии оолитовых и обломочных пород; непосредственным соседством с потенциально нефтематеринскими отложениями доманикового типа; наличием толщи вечномерзлых пород, изолирующей нижележащую часть разреза от влияния поверхностных факторов.

К факторам, снижающим перспективы территории, можно отнести отсутствие устойчивых изолирующих горизонтов; многообразные проявления траппового магматизма и зон кимберлитов; широкое

развитие дизъюнктивных нарушений, приведшее к значительной вертикальной проницаемости осадочного чехла. Обводненные зоны траппов и кимберлитов могут влиять на гидравлический режим осадочного чехла как гидравлические «окна».

Осадочный чехол зоны сочленения Анабарской и Сюгджерской НГО представлен преимущественно карбонатными породами венда, кембрия, ордовика и силура. На крайнем юго-востоке территории (Западно-Вилуйская НГО) в отдельных скважинах вскрыты отложения рифея. Фундамент имеет сложное блоковое строение, его поверхность погружается в юго-западном, южном и юго-восточном направлениях на 1,5–4 км и более. Здесь наблюдается широкое развитие разрывных нарушений, захватывающих как осадочный чехол, так и фундамент. Блоковое строение отражается на особенностях формирования чехла. Выделяемые здесь рифогенно-ак-



кумулятивные комплексы кембрийского возраста связаны с определенными системами разломов, активизация которых в соответствующие периоды седиментации обеспечивала необходимые условия для роста рифогенных построек [1].

Рассматриваемая территория – область положительных новейших движений. Восходящие неотектонические движения, несомненно, повлияли на увеличение плотности разрывной сети, что повысило проницаемость чехла и открыло пути активной вертикальной миграции флюидов. Но эта же территория характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых пород. Среднегодовая температура горных пород составляет $-2,9... -8,8$ °С, мощность многолетнемерзлых пород составляет 100–600 м [3]. Зона активного водообмена полностью проморожена прогрессирующим плиоцен-плейстоценовым похолоданием. Зона промороженных пород наиболее приподнятых частей Сюгджерской седловины и юга Анабарской антеклизы охватывает отложения верхнего кембрия, а в погруженных частях – отложения ордовика и перекрывающие их более молодые породы.

Несмотря на суровые мерзлотные условия в зоне сплошного и прерывистого распространения криогенной толщи обнаружены проявления и скопления жидкой нефти. Это связано с тем, что температура замерзания восточносибирской низкосернистой нефти составляет -48 °С, что значительно ниже среднегодовой температуры горных пород [2]. При оттаивании в летний период промороженной породы, содержащей нефть, можно получить незначительный приток нефти. Примером тому служат Кюэнеликянские источники нефти. Судя по геологической карте, здесь обнажены нефтенасыщенные карбонатные отложения чукукской свиты среднего кембрия. При бурении и испытании промороженных нефтенасыщенных пород в скважине при использовании буровых растворов положительной температуры можно получить только незначительные притоки нефти. Получить же промышленный приток нефти из промороженных пород-коллекторов без специальных методов воздействия на пласт не удастся. Попытка освоения горизонта в криолитозоне при температуре около -9 °С на глубине 100–200 м не увенчалась успехом, приток нефти плотностью $0,93$ г/см³ быстро прекратился [3].

Вся промороженная толща в настоящее время является надежным флюидоупором. Нефтяные, газовые, битумные включения, отмечаемые в ее разрезах, были сформированы в домезозойский период. Углеводороды, поступавшие в последующие периоды, накапливались в подмерзлотных толщах.

Нефтегазоматеринскими породами служат, вероятнее всего, мощные толщи рифейских отложений, сформировавшиеся в пределах Курейской синеклизы и Ыгыаттинской впадины. Кроме того, возможно, что это отложения куонамской свиты, развитые в северо-западной и северо-восточной

частях рассматриваемой территории [5]. Миграция углеводородов из окружающих впадин становилась все более интенсивной по мере того, как породы, выполняющие эти впадины, переходили в зоны все более интенсивного уплотнения, что обеспечивало поступление углеводородов в ловушки. С учетом структурного фактора фронт потоков пластовых флюидов продвигался с запада и юго-востока в северном направлении.

В зоне сочленения Анабарской и Сюгджерской нефтегазоносных областей в разрезах венда и кембрия глубоких скважин, а также в обнажениях обнаружены многочисленные нефтегазопроявления, свидетельствующие о высоких перспективах территории при наличии соответствующих ловушек. По физико-химическим свойствам, групповому и фракционному составу эти нефти близки к таковым Иреляхского и Среднеботуобинского месторождений [4].

Наличие битумных полей, в том числе и крупного Южно-Анабарского, в зонах выходов кембрийских отложений на дневную поверхность свидетельствует о существовании в прошлом гигантской нефтяной залежи на северо-востоке территории, флюидоупор которой был разрушен в средне-позднепалеозойское время, но к юго-западу в крупных ненарушенных блоках под надежным флюидоупором могли сохраниться залежи нефти, сопоставимые по размерам с Талаканским месторождением.

Нефтегазоносные комплексы

В соответствии со схемой нефтегазогеологического районирования рассматриваемая территория приурочена к зоне сочленения Анабарской и Сюгджерской потенциально нефтегазоносных областей, входящих в состав Лено-Тунгусской провинции.

В отложениях осадочного чехла в зоне сочленения Сюгджерской и Анабарской нефтегазоносных областей выделяются вендский, верхневендско-нижнекембрийский, кембрийский и силурийско-ордовикский нефтегазоносные комплексы (НГК) (рис. 1, 2). На юго-востоке территории в Западно-Вилюйской НГО осадочный чехол наращивается снизу рифейскими отложениями.

Основные перспективы связаны с отложениями венда и кембрия, промышленная нефтегазоносность которых доказана южнее на площадях Непско-Ботуобинской НГО.

Рифейский НГК

Отложения рифейского возраста по данным глубокого бурения развиты на юго-востоке изучаемой территории в Ыгыаттинской впадине и представлены аргиллито-алевритовыми породами с прослоями песчаников разнозернистых и гравелитовых. Вскрытая глубоким бурением мощность отложений составляет 19–53 м. Породы не обладают коллекторскими свойствами, резервуары не выделены. Нефтегазопоявлений не отмечено. Кровля рифейских отложений резко погружается

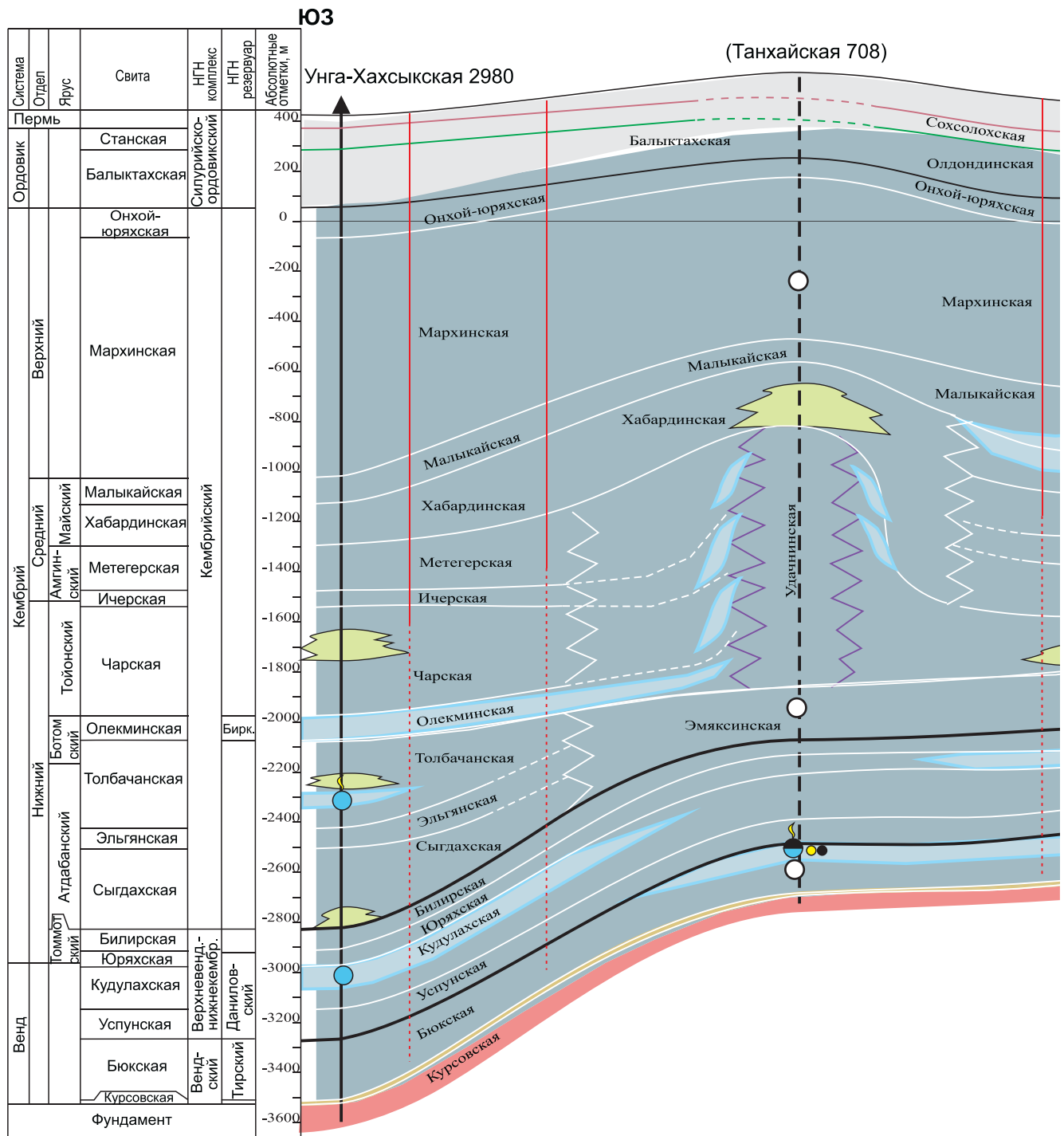


Рис. 1. Геологический разрез по линии скважин Унга-Хахсыкская 2980 – Орто-Силигийская 2621

Породы: 1 – малопроницаемые и непроницаемые преимущественно карбонатные, 2 – проницаемые преимущественно карбонатные, 3 – проницаемые терригенные, 4 – фундамента; 5 – интрузии долеритов; 6 – многолетнемерзлые породы; 7 – притоки пластовой воды (а), с растворенным газом (б), с пленкой нефти (в); 8 – нефтегазопроявления; 9 – отсутствие притока; 10 – предполагаемая залежь УВ; 11 – разрывные нарушения; чук. – чукукский, с/д – толща сахарных доломитов, н/б – нижнебилирский, бир. – биркинский, н/б – нижнебилирский, в/д – верхнеданиловский

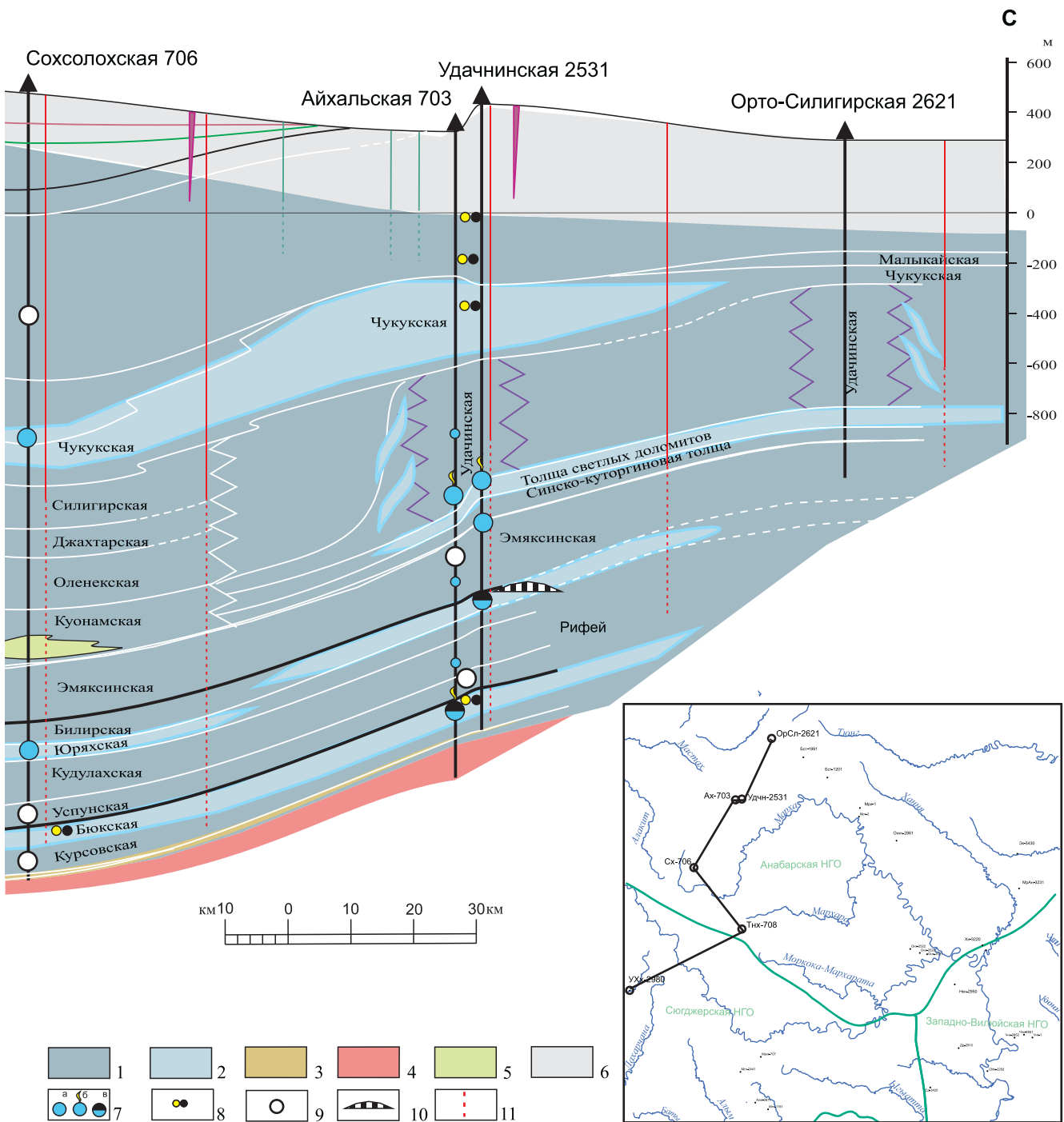
на восток с 2674 до 4194 м. Здесь рифейский НГК бесперспективен.

Вендский НГК

Этот НГК включает два резервуара: непский и тирский.

Непский резервуар в западной и центральной частях рассматриваемой площади представлен тер-

ригенными отложениями курсовской свиты, а на востоке разрез наращивается снизу такими же образованиями талахской, хоронохской и бетинчинской свит. Толщины непского резервуара изменяются от 5–18 до 155–348 м соответственно. Песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов курсовской свиты обладают низкими емкостно-фильтрационными свойствами. При испытании этих отложений



только в Сюльдюкарской скважине был получен незначительный приток слабогазированной пластовой воды. Песчаные коллекторы хорошего качества талыхского и вилучанского горизонтов имеют водяное насыщение. Нефтегазопроявлений не отмечено.

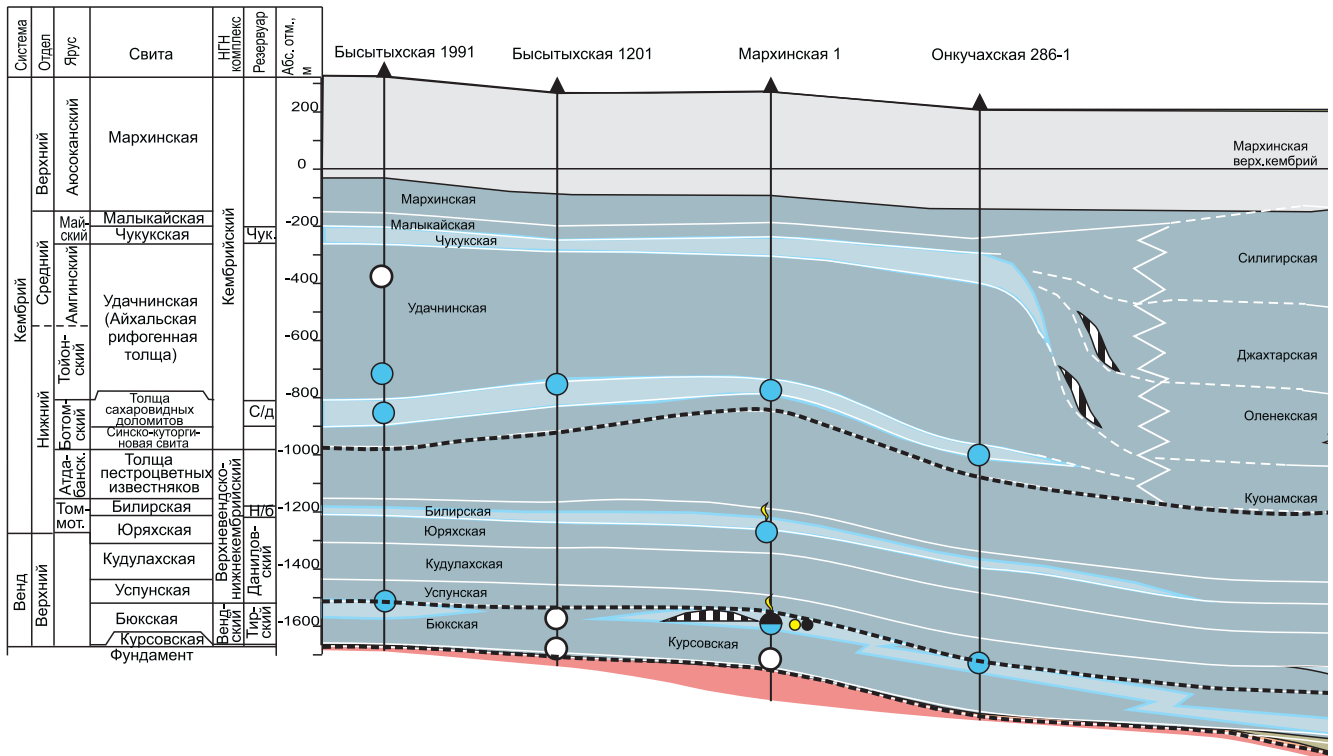
Флюидоупором для непского резервуара служат плотные карбонатные породы верхнебюкской подсвиты мощностью 160–210 м.

Турский резервуар представлен отложениями бюкской свиты и ее возрастного аналога – старореченской свиты. Бюкская свита подразделяется на две подсвиты.

Песчаная линза ботубобинского горизонта нижнебюкской подсвиты, мощностью 9–38 м развита в восточной части рассматриваемой территории. Хо-

рошими коллекторскими свойствами ($K_n = 8–14\%$) обладают песчаники ботубобинского горизонта, вскрытые в Онхойдохской, Ханинской и Дюданской скважинах, из которых были получены притоки пластовой воды с растворенным газом дебитом до 80–296 м³/сут. Формирование газовой залежи возможно на северо-востоке песчаной линзы ботубобинского горизонта.

Верхнебюкская подсвита в юго-восточной и юго-западной частях территории мощностью 220–240 м сложена плотными глинисто-карбонатными породами и играет роль флюидоупора среднего качества для терригенных отложений венда. В северной и центральной частях изучаемого района экранирующие свойства флюидоупора существен-



но снижаются. При сокращенных толщинах (менее 220 м) в верхней части бюкской свиты появляются кавернозные карбонатные породы, затронутые процессами древнего выветривания (рис. 3). Открытая пористость доломитов изменяется в широких пределах (от 4 до 15–20 %), тип коллектора порово-трещинный и каверно-порово-трещинный. Отложения бюкской свиты здесь могут служить резервуаром для миграции и аккумуляции пластовых флюидов. В Айхальской, Мархинской и Мархинско-Андо́йской скважинах при испытании верхней части бюкской свиты были получены притоки сильно газированной пластовой воды с пленкой нефти (дебит от 6,7 до 50,5 м³/сут). В Танхайской скв. 708 керн верхней части верхнебюкской подсвиты был нефтенасыщен, а при опробовании этого интервала получено 40 л нефти без признаков воды. Зона вероятного накопления углеводородов протягивается от Мархинско-Андо́йской и Эикской скважин на северо-запад, где в крупных ненарушенных блоках, могли сохраниться нефтяные литологические залежи с элементами тектонического экранирования на глубине 1800–2400 м.

Флюидоупором продуктивных отложений тирского резервуара служат глинистые доломиты успунской свиты, толщина которой изменяется от 165 м на юго-востоке до 80 м на севере.

Верхневендско-нижнекембрийский НГК

Данный комплекс выделяется в интервале карбонатных отложений успунской, кудулахской, юряхской и билирской свит.

Образования успунской свиты литологически представлены плотными доломитами, доломит-ангидритами с прослоями известняков, аргиллитов

и мергелей. Толщина отложений свиты сокращается с юго-запада на северо-восток от 152 до 79 м. На юго-западе территории в разрезе свиты коллекторы не выделяются, на северо-востоке (в Бысытыхской скважине), в основании успунской свиты прослежен маломощный прослой кварцевого песчаника, позволяющий предполагать здесь наличие предданиловского перерыва в осадконакоплении. В верхней части успунской свиты выделены водонасыщенные проницаемые интервалы (*нижнеданиловский резервуар*), из которых в скважинах Бысытыхской 1991, Эйикской 3430 и Мархинской 2 получены притоки пластовой воды дебитами 1,2–12,6 м³/сут с растворенным газом и пленкой нефти.

Кудулахская свита, которая относится к *верхнеданиловскому резервуару*, представлена доломитами микро-тонкозернистыми, перекристаллизованными, в верхней части – известняками доломитовыми с примесью глинистого материала. Толщина свиты в соответствии с унаследованным развитием территории сокращается в северо-восточном направлении от 170 м в Унга-Хахсыкской скважине до 124 м в Бысытыхской скв. 1201. Повсеместно в интервале кудулахской свиты выделяются водонасыщенные пласты-коллекторы. Доломиты обладают лучшими емкостно-фильтрационными свойствами, чем известняки: открытая пористость достигает 10,7–13,08 %, проницаемость 0,4·10⁻³ мкм². Эффективные толщины составляют 20,8–33,4 м (Удачинская и Бысытыхская скважины). На всей изучаемой территории отложения кудулахской свиты служат резервуаром для пластовых флюидов. При испытании отложений кудулахской свиты получены притоки пластовой воды дебитами 3,6–10,8 м³/сут.

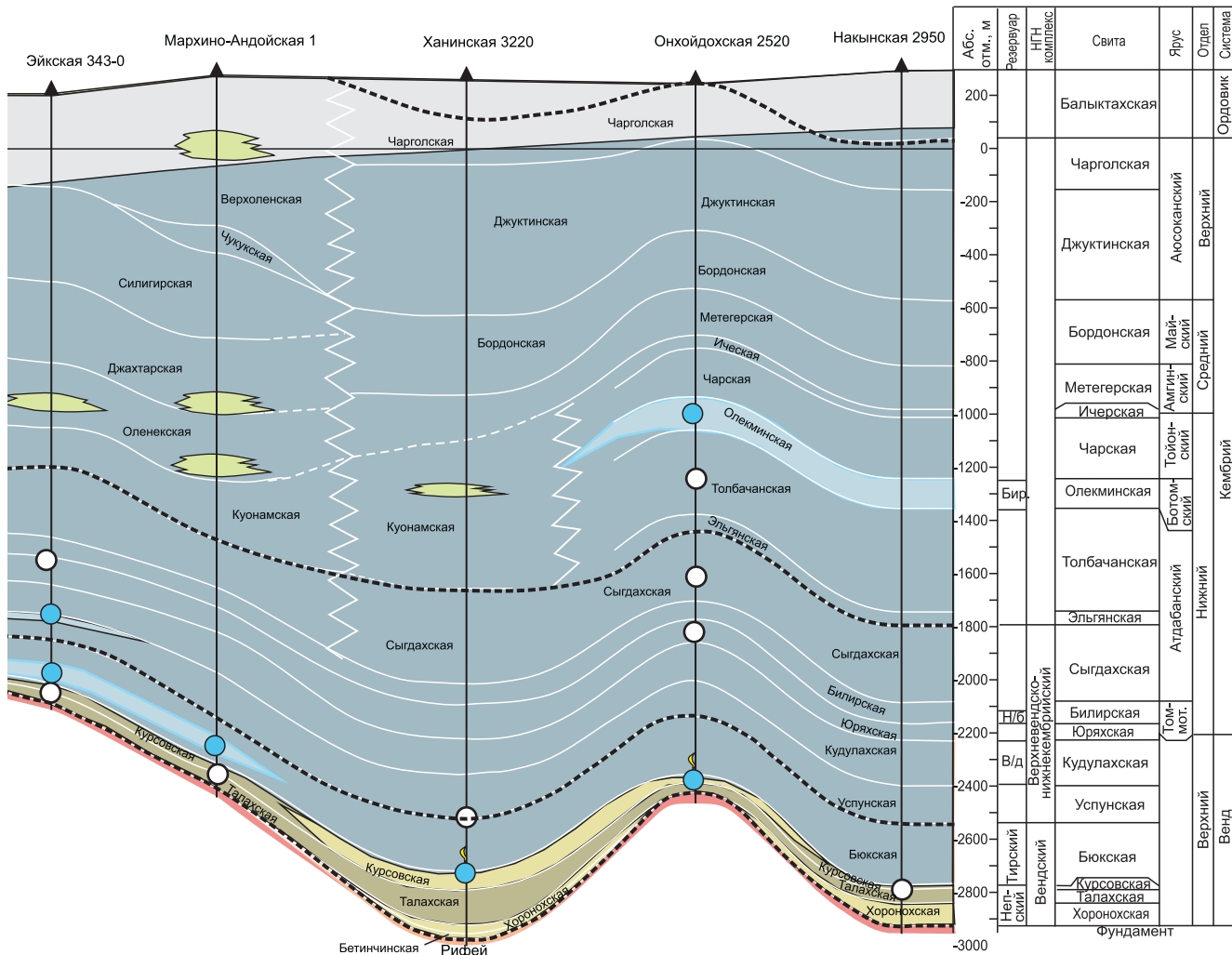
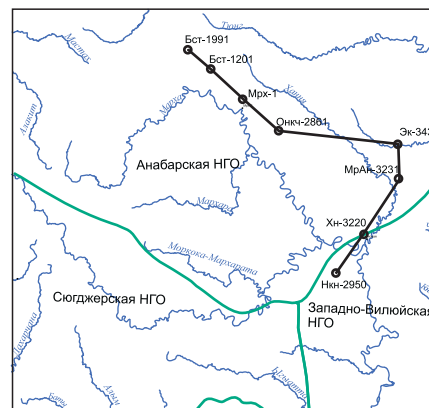
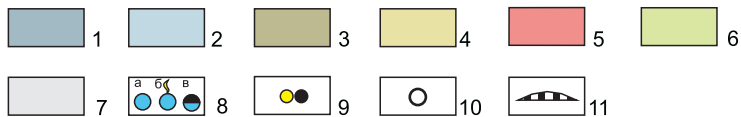


Рис. 2. Геологический разрез по линии скважин Бысытыхская 1991 – Накынская 2950

Породы: 1 – малопроницаемые и непроницаемые преимущественно карбонатные, 2 – проницаемые преимущественно карбонатные, 3 – малопроницаемые и непроницаемые преимущественно терригенные, 4 – проницаемые преимущественно терригенные, 5 – фундамента; 6 – интрузии долеритов; 7 – многолетнемерзлые породы; 8 – притоки пластовой воды (а), с растворенным газом (б), с пленкой нефти (в); 9 – нефтегазопроявления; 10 – отсутствие притока; 11 – предполагаемая залежь УВ; остальные усл. обозн. см. на рис. 1



Отложения юряхской и билирской свит на большей части рассматриваемой зоны имеют преимущественно свойства флюидоупора. Юряхская свита мощностью 75–94 м представлена доломитами, часто мергелистыми, участками глинистыми, известняками, с прослоями доломитовых мергелей и аргиллитов. Билирская свита толщиной 60–88 м сложена доломитами и известняками с прослоями мергелей и аргиллитов. Породы часто ангидритизированы. Отдельные пласты доломитов с хорошими емкостно-фильтрационными свойствами были выделены в доломитах билирской свиты (*нижнебилирский резервуар*). Общая пористость водонасыщенных пород

по ГИС составляет 7–11 %. Притоки пластовой воды до 17,8 м³/сут были получены при совместном испытании юряхской и билирской свит в скважинах Сохолохской и Мархинской 2. При испытании отложений билирской свиты получены притоки пластовой воды дебитами 4,7–6,2 м³/сут с пленкой нефти в Удачнинской и Садынской скважинах. Предполагается, что коллекторскими свойствами обладают породы нижнебилирской подсвиты мощностью 40–50 м в зоне пересечения крупных разрывов (рис. 4). Литологические газонефтяные залежи могли сформироваться и сохраниться в северо-восточной части зоны развития коллекторов, вверх по восстанию пластов

в крупных ненарушенных блоках. В этой предполагаемой зоне отметки кровли билирского резервуара составляют –1200–2000 м.

Флюидоупором служат как плотные глинисто-карбонатные породы верхнебилирской подсвиты, так и вышележащие: на юге – отложения сыгдахской, эльганской и толбачанской свит, в центральной части и на севере – змяксинской (толща пестроцветных известняков) свиты. Толщина флюидоупора сокращается в северо-восточном направлении от 730 м до 166 м.

Кембрийский НГК

Кембрийский НГК расположен в зоне сочленения трех фациальных регионов (ФР), выделенных в пределах Сибирской платформы – Юдомо-Оленекского, Анабаро-Синского и Туруханско-Иркутско-Олекминского, отвечающих трем типам отложений соответственно: сланцевому, карбонатному и соленосному [7]. Ввиду фациального изменения отложений кембрия по латерали нефтегазоносные резервуары комплекса рассматриваются с учетом этих особенностей.

На юге рассматриваемой площади в Сюгджерском районе *Туруханско-Иркутско-Олекминского ФР* кембрийский НГК представлен отложениями олекминской, чарской, ичерской, метегерской, бордонской, джуктинской и чарголской свит, сформированными в условиях внутреннего шельфа.

Верхним экраном среднего качества служат породы бордонской, джуктинской и чарголской свит (верхоленская серия) толщиной от 767–927 м в центральной части до 1345 м на западе в Унга-Хахсыкской скважине и до 1031–1134 м на востоке в Дюданской и Чучуканской скважинах. Отложения представлены мергелями, аргиллитами, глинистыми известняками, доломитами с включениями ангидритов.

Как уже было показано, нижним флюидоупором кембрийского НГК здесь служат породы сыгдахской, эльганской и толбачанской свит. В зоне перехода от солевого к бессолевому типу разреза, в нижней части толбачанской свиты (атовский горизонт) по заключению ГИС выделяются водонасыщенные пласты-коллекторы, из которых при испытании в скважинах Унга-Хахсыкской, Мегеляхской, Онхойдохской и Среднемархинской были получены притоки пластовой воды дебитами 12–32,6 м³/сут.

Образования олекминской свиты (*биркинский потенциально продуктивный резервуар*) толщиной 99–106 м сложены плотными известняками мелкозернистыми с прослоями известковистого песчаника доломитами и доломитами скрытокристаллическими, кавернозными, с гнездами ангидрита. Породы участками трещиноваты, обогащены темным битуминозным веществом. Участки развития коллекторов выявлены в переходной бессолевой зоне между двумя фациальными регионами. При испытании в процессе бурения в скважинах Онхой-

дохской и Чучуканской получены притоки пластовой воды дебитами 69 и 121,7 м³/сут соответственно. В Унга-Хахсыкской скважине при исследовании пород олекминской свиты опробователем пород на кабеле (ОИПК) получено 15 л пластовой воды и 40 л газа, поддерживающего горение; в Садынской скважине – 6,5 л пластовой воды, 4,5 л газа. В северо-восточном направлении известняки олекминской свиты фациально замещаются плотными доломитами удачининской свиты, которые служат латеральным экраном для мигрирующих углеводородов. Можно предположить наличие газонефтяной литологически экранированной залежи на глубине 1000–1500 м в среднем течении р. Мархара, между скважинами Танхайской и Онкучахской (рис. 5).

В юго-западных частях территории в отложениях кембрийского комплекса пород-коллекторов не выявлено. Водонасыщенные пласты-коллекторы определены в отдельных интервалах чарской и метегерской свит на юго-востоке территории. Суммарные толщины отложений чарской, ичерской и метегерской свит изменяются от 570 до 750 м.

В Мархинско-Вилюйской области и Далдыно-Мархинской банке *Анабаро-Синского ФР* разрез кембрийского НГК комплекса, сформированный в условиях внешнего шельфа, имеет сложное строение. На западе фациальной области разрез начинается с отложений удачининской свиты, которые перекрыты образованиями хабардинской и малыкайской свит (Танхайская скважина). Севернее разрез начинается с пород синско-куторгиновой свиты и толщи сахаровидных доломитов, сформированных в условиях открытого бассейна и в зоне перехода к внешнему шельфу. Выше по разрезу залегают отложения удачининской и чукукской свит (Айхальская и Удачининская скважины) (см. рис. 1). Еще севернее, в Орто-Силигирской скважине, в разрезе выделяются удачининская и малыкайская свиты. В восточной части области снизу вверх выделены толща сахаровидных доломитов, удачининская и чукукская свиты (Бысытыхские, Мархинские, Онкучахская скважины).

Основа рифоподобных сооружений – породы удачининской свиты (айхальской рифогенной толщи), представленные доломитами и известняками светло-серыми, скрытокристаллическими, доломитизированными, иногда кавернозными за счет растворения мелкокристаллической соли. В целом это малопроницаемая толща, коэффициент ее открытой пористости колеблется в пределах 3–9 %, проницаемость – от 0,7 до 3 мД. Характерной особенностью древних рифогенных образований является их повышенная плотность по отношению к вмещающим карбонатным породам. Под влиянием вторичных процессов в рифогенной толще формируются участки локального разуплотнения, представляющие практический интерес как потенциальные коллекторы с высокими фильтрационно-емкостными свойствами. При испытании



удачнинской свиты в Айхальской и Бысытыхских скважинах притоки пластовой воды составляли 1,2–3 и 17,3–351 м³/сут соответственно. В разрезах гидрогеологических скважин близ трубки Удачная в нижней части рифогенно-обломочной толщи отмечаются тонкие прослои кавернозных доломитов и известняков, часто обильно насыщенных нефтью [4]. Указанное сочетание плотных и проницаемых разностей в рифогенных образованиях благоприятно для нефтегазонакопления.

Синско-куторгиновая свита представлена темно- и коричневато-серыми, битуминозными известняками, иногда ангидритизированными с прослоями известняковых песчаников. В разрезе свиты с большим количеством прослоев известняковых песчаников велика вероятность развития коллекторов.

Толща *сахаровидных доломитов* перекрывает отложения синско-куторгиновой свиты, охватывает большую площадь и представлена доломитами мелкозернистыми, с неясно-слоистой текстурой, кавернозными. Часть пор заполнена кремнеземом и битумом. Отложения свиты обладают хорошими емкостно-фильтрационными свойствами, что доказывается получением притоков пластовой воды дебитами от 185–283 (скважины Онкучахская и Бысытыхская 1201) до 915–972 м³/сут (скважины Мархинская и Удачная 2531).

Латеральным северным экраном для массивных резервуаров удачинской свиты и толщи сахаровидных доломитов служат плотные глинисто-карбонатные отложения куонамской, джахтарской и силигирской свит Юдомо-Оленекского ФР.

Рифоподобные постройки выполняют функцию барьера между внутришельфовой областью и предрифовым бассейном. Эрозия сооружения, обусловленная волноприбойными процессами, приводит к накоплению на его склонах перемытого и впоследствии сцементированного органогенного обломочного материала. Органогенные, биоморфные (водорослевые) карбонатные образования относительно узкой полосой окаймляют рифогенные постройки. Клиноформоподобные образования хорошо видны на сейсмических разрезах [6]. В этих зонах резко возрастает доломитизация верхних частей свит, в них выявлены огромные полости (до 18 м в вертикальном сечении), прослеживающиеся с наклоном 50–60° на глубину более 100 м. Коэффициент проницаемости достигает здесь 176 мД [8].

В процессе развития рифогенного комплекса зоны роста рифов перемещались в северо-восточном направлении, и вместе с ними перемещались и окаймляющие их зоны развития биоморфных образований, что отражается в сложных разрезах Далдыно-Мархинской карбонатной банки [7]. Породы коллекторы слагают линзы обломочных пористых и проницаемых известняков, залегающие с резкими контактами на склонах рифогенных построек (контакт прислонения). Наличие глинистых отложений, перекрывающих постройки, обеспечивает гидроди-

намическую изоляцию залежей, связанных с осыпными образованиями (см. рис. 1, 2).

Рифогенные постройки удачинской свиты перекрыты отложениями хабардинской, чукукской и малыкайской. Хабардинская свита мощностью 122–164 м сложена красноцветными мергелями, пестроцветными глинистыми доломитами, аргиллитами и гипсами, формировавшимися в условиях внутреннего шельфа. Малыкайская свита толщиной от 37 до 250 м представлена чередующимися в разрезе пачками доломитов красно- и зеленоцветных, обычно сульфатизированных мергелей доломитовых, алевритистых и глинисто-алевритистых доломитов. Отложения хабардинской и малыкайской свит имеют в основном низкие коллекторские свойства. Только в Сохолохской скважине при испытании нижней части малыкайской свиты была получена жидкость дебитом 44,6 м³/сут.

Чукукская свита (*чукукский резервуар*) представлена пористо-кавернозными доломитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами доломитовыми, обломочно-оолитовыми известняками и доломитами. Для пород характерна загипсованность, соленасыщенность, пропитка битумом. Отложения чукукской свиты развиты непосредственно над барьерно-рифовой системой и облекают последнюю. Максимальные толщины свиты 286–345 м смещены к западу от барьерно-рифовой системы и сокращаются до полного выклинивания на северо-востоке за пределами Мархино-Вилюйской фацальной области. На севере рассматриваемой территории отложения чукукской свиты выходят на поверхность. К ним, скорее всего, и приурочены КюэNELИкЯнские источники нефти. Коэффициент открытой пористости отложений чукукской свиты варьирует в широких пределах – от долей до 10–11 % и даже до 26–31 %, а проницаемость – до 473 мД, в отдельных случаях – до 9129 мД. Высокие коллекторские свойства связаны, вероятно, с палеогипергенными преобразованиями при перерыве в осадконакоплении. В колонковых скважинах вблизи Айхальской глубокой скважины кавернозные доломиты чукукской свиты и водорослевые известняки мархинской пропитаны нефтью.

В зоне развития коллекторов чукукского резервуара нефтяные залежи могли сохраниться в крупных ненарушенных блоках юго-западнее границы выклинивания ордовикских отложений и выхода верхнекембрийских отложений на дневную поверхность (см. рис. 5). Пластовые, литологически и тектонически экранированные залежи располагаются в интервале глубин от 600–700 до 1000 м.

Нижним флюидоупором кембрийского нефтегазоносного комплекса являются пестроцветные известняки и мергели эмяксинской свиты. Верхним флюидоупором служат отложения мархинской и онхой-юряхской свит (переслаивание мергелей доломитистых и аргиллитов с доломитами и известняками). Толщина флюидоупора низкого качества

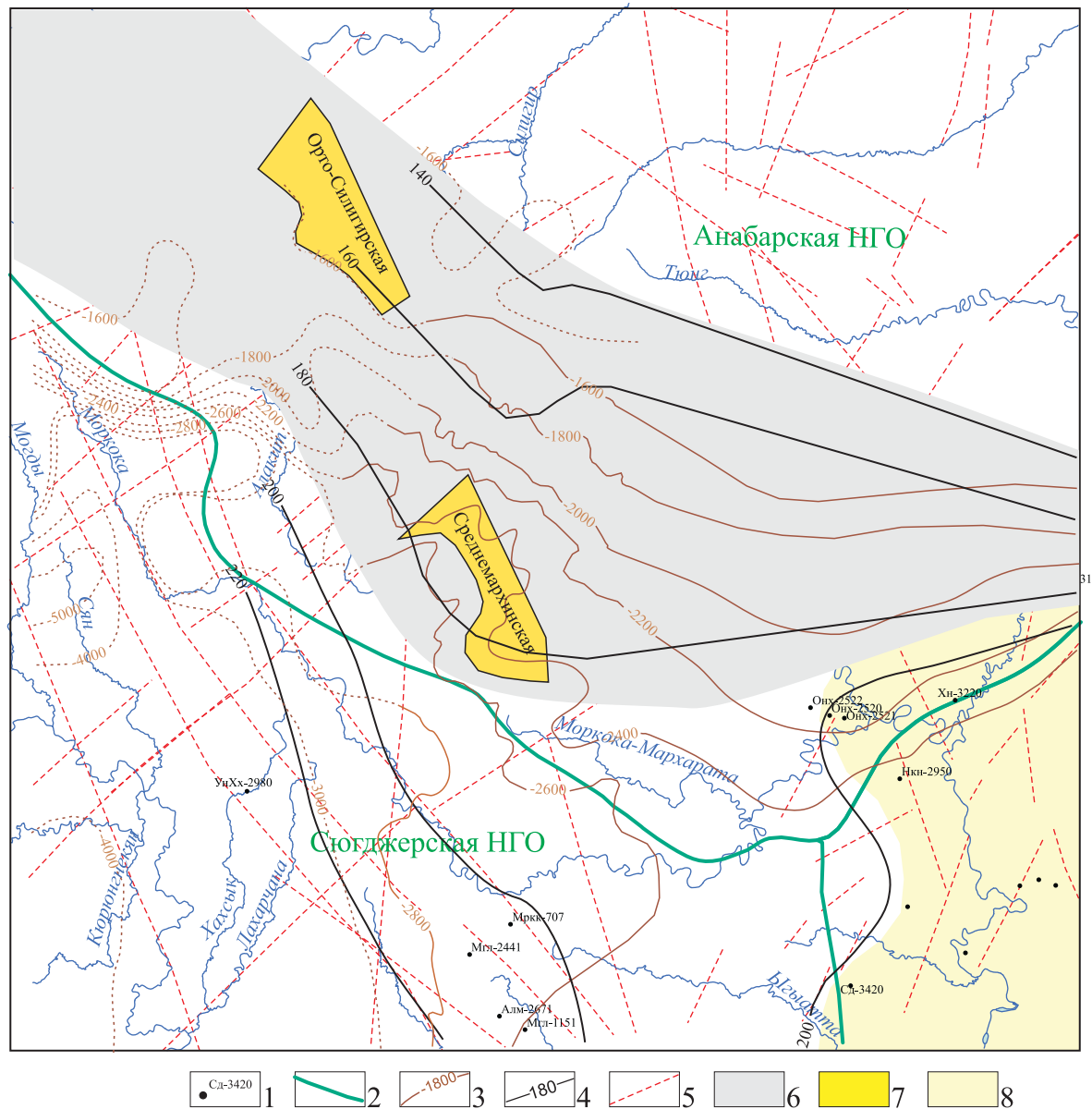


Рис. 3. Схема перспектив вендского НГН комплекса юга Анабарской НГО (тирский резервуар)

1 – глубокие скважины (Мгл – Мегеляхская, Алм – Алымджахская, Мрк – Моркокинская, УНХх – Унга-Хахсыкская, Сх – Сохолохская, Ах – Айхальская, Удч – Удачнинская, Ор-Сл – Орто-Силигирская, Бст – Бысытыкская, Мрх – Мархинская, Онкч – Онкучахская, Эк – Эикская, МрАн – Мархинско-Андо́йская, Онх – Онхойдохская, Хн – Ханинская, Нкн – Накынская, Сд – Садынская); 2 – границы НГО; 3 – изогипсы кровли буюкской свиты; 4 – изопачиты буюкской свиты; 5 – разрывные нарушения; 6 – зона развития коллекторов; 7 – предполагаемые залежи УВ; 8 – поле распространения преимущественно терригенных отложений венда мощностью 20–420 м

сокращается от 1009 на западе до 455 м на востоке и северо-востоке, в том числе и за счет разрушения пород при выходе на дневную поверхность. При сокращении толщин в разрезе мархинской свиты, где повышается количество алевритовых и глинистых известняков и прослоев известняковых конгломератов, появляются водонасыщенные пласты-коллекторы (Удачнинская скважина). Улучшают качество флюидоупора многолетнемерзлые породы, толщина которых здесь составляет 100–350 м. Но сохранение залежей углеводородов отложений среднекембрийского возраста в зоне сокращенных толщин флюидоупора, т. е. на северо-востоке территории, маловероятно.

В Верхнеоленекской области Юдомо-Оленекского ФР кембрийский НГК, сформированный в условиях открытого бассейна, представлен отложениями куонамской, оленекской, джахтарской, силигирской, чукукской и малыкайской свит. На востоке, в Муно-Оленекской области из разреза последовательно выпадают отложения малыкайской (Мархинско-Андо́йская скважина) и чукукской (Эикская скважина) свит.

На западе в Сохолохской скважине куонамская свита толщиной 221 м сложена переслаиванием аргиллитов и мергелей с редкими прослоями доломитов и известняков [7], а на востоке она имеет мощность 194–150 м и сложена водорос-

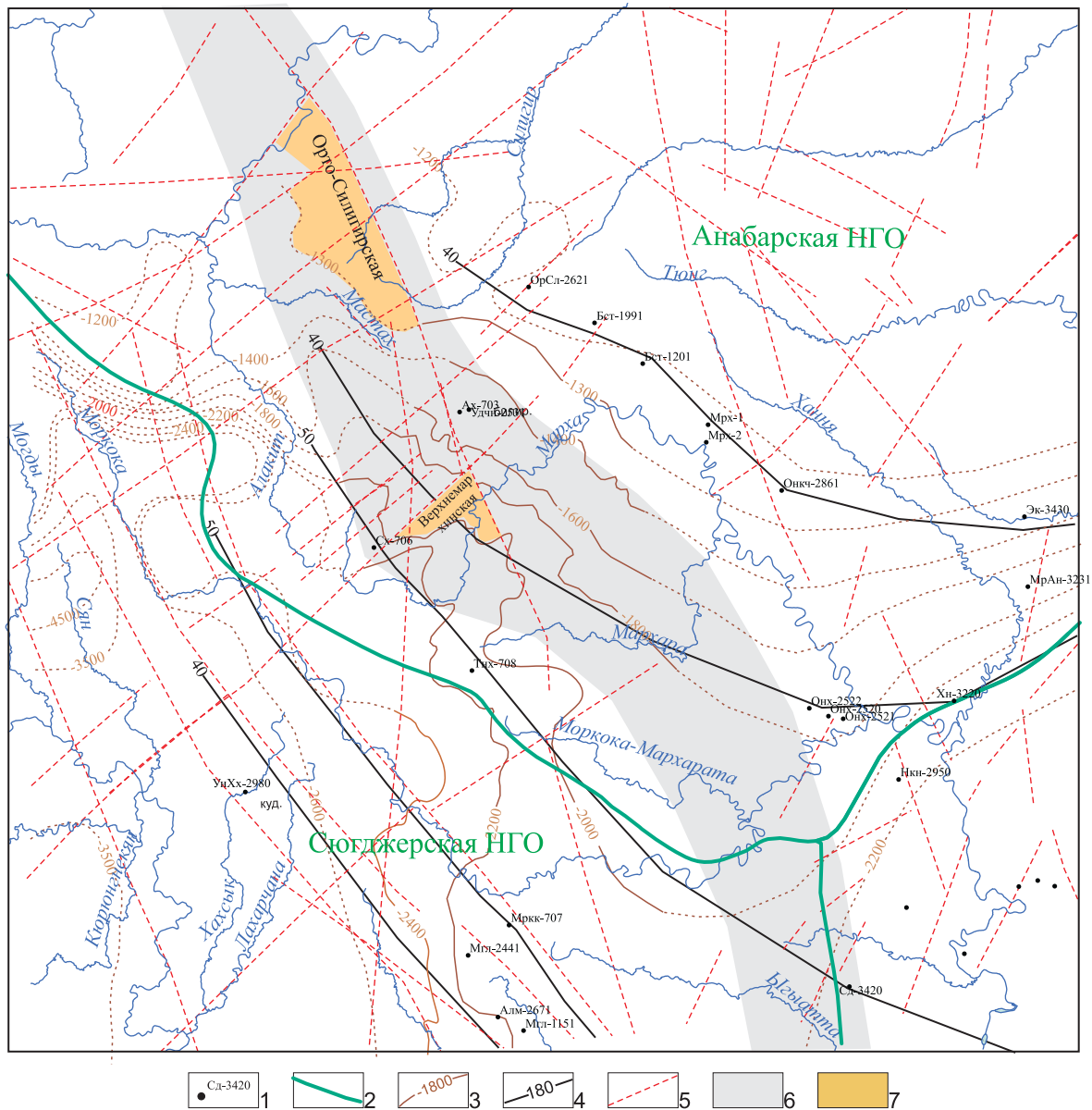


Рис. 4. Схема перспектив верхневендско-нижнекембрийского НГН комплекса юга Анабарской НГО (би-лирский резервуар)

1 – глубокие скважины; 2 – границы НГО; 3 – изогипсы кровли билирской свиты; 4 – изопахиты нижне-билирской подсвиты; 5 – разрывные нарушения; 6 – зона развития коллекторов; 7 – предполагаемые залежи УВ; остальные усл. обзн. см. на рис. 3

левыми известняками с прослоями глинистых известняков, мергелей и черных аргиллитов. К северо-востоку мощность свиты сокращается до 30 м, она представлена горючими сланцами, аргиллитами с маломощными прослоями тонкодетритового известняка. В отложениях свиты коллекторы отсутствуют.

Оленекская, джахтарская и силигирская свиты сложены переслаиванием известняков и мергелей в разном соотношении. Эти отложения обычно низкопроницаемые (открытая их пористость до 5 %, очень редко до 10 %) и могут рассматриваться как флюидоупоры.

В Юдомо-Оленекском ФР отложения чукукской свиты (чукуцкий резервуар) вскрыты скважинами Сохсолохской и Мархинско-Андонойской, где их мощ-

ность составляет 150 и 99 м соответственно. Зона развития отложений чукукской свиты окаймляет Котуй-Анабарскую карбонатную платформу и Далдыно-Мархинскую рифовую банку Анабаро-Синского ФР. Банково-рифово-баровый и обломочно-шельфовый верхнесклонный комплексы чукукской свиты, судя по описаниям разрезов скважин [4, 7], обладают высокими емкостно-фильтрационными свойствами.

Верхним флюидоупором служат глинисто-карбонатные отложения мархинской, онхой-юряхской и олдондинской свит на западе и мархинской – на северо-востоке. Толщина флюидоупора на западе изменяется от 800 до 600 м, на северо-востоке сокращается до 500 м и менее за счет срезания при выходе на дневную поверхность. Улучшают качество

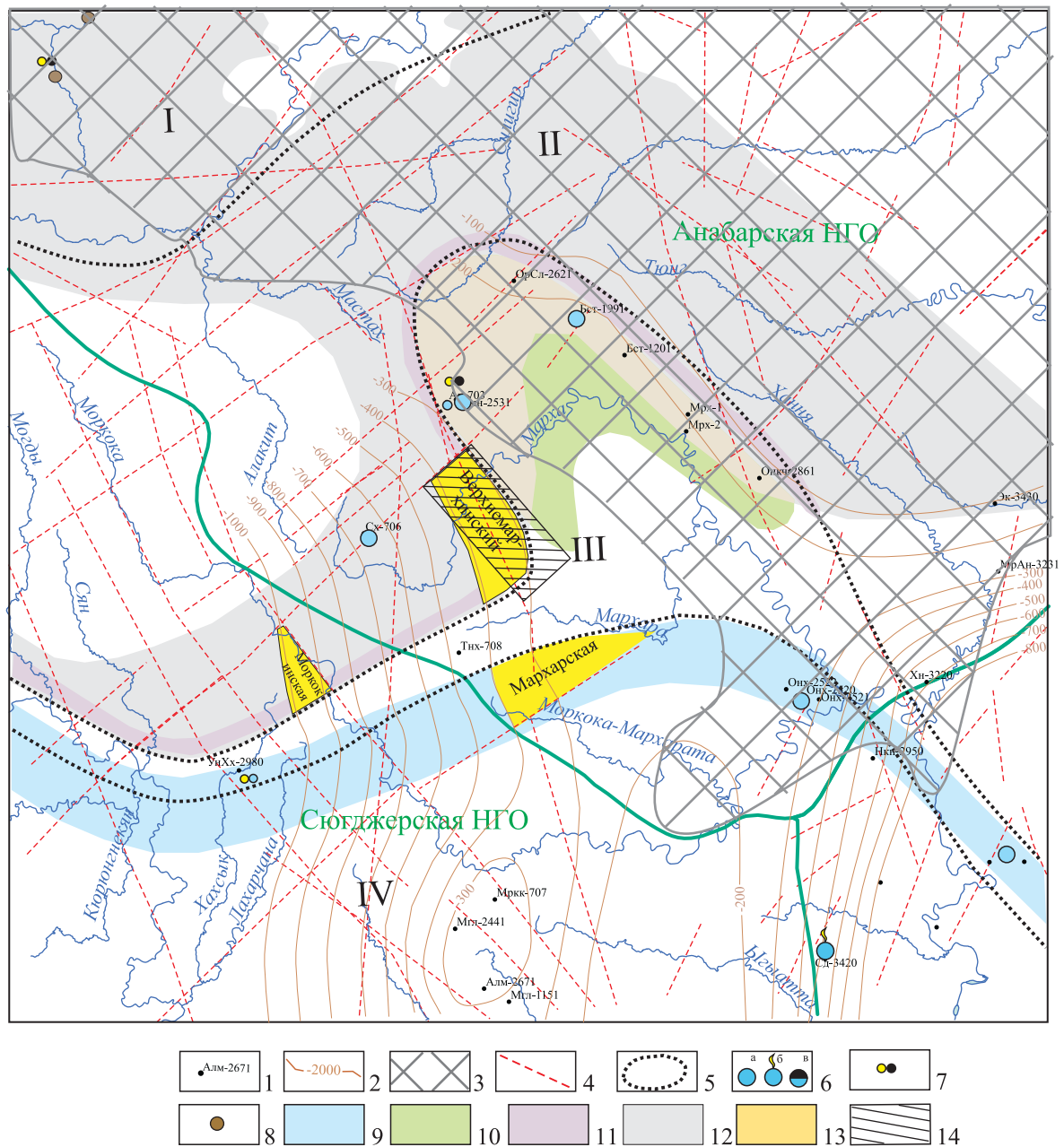


Рис. 5. Схема перспектив нефтегазосности потенциально продуктивных резервуаров олекминской и чукукской свит кембрийского комплекса

1 – параметрические и поисковые скважины; 2 – изогипсы подошвы мархинской свиты верхнего кембрия; 3 – зона отсутствия отложений ордовика и выхода отложений мархинской и чукукской свит кембрия на дневную поверхность; 4 – основные и второстепенные разломы осадочного чехла; 5 – границы фацialsных регионов (I – Анабаро-Синского (Котуй-Анабарский район), II – Юдомо-Оленекского (Верхнеоленинская область), III – Анабаро-Синского (Мархинско-Вилуйская область и Далдыно-Мархинская банка), IV – Турухано-Иркутско-Олекминского (Сюдджерской район)); 6 – полученные при испытании в скважинах притоки: а – пластовой воды, б – разгазированной воды, в – воды с пленкой нефти; 7 – нефтегазопроявления; 8 – Кюэнеликянские источники нефти; зоны развития коллекторов: 9 – биркинского резервуара, 10 – толщи сахарных доломитов и удачининской свиты, 11 – биоморфных карбонатных образований, 12 – чукукской свиты; 13 – прогнозируемые ловушки; 14 – первоочередной объект исследования; остальные усл. обозн. см. на рис. 3

флюидоупора многолетнемерзлые породы, толщи которых на западе составляет 100–350 м, на северо-востоке достигает 500–700 м, охватывая отложения не только мархинской свиты, но и силигирской.

Залежи нефти здесь могли накапливаться, вероятнее всего, в коллекторах чукукской свиты на небольшом удалении от Далдыно-Мархинской

карбонатной банки и сохраниться при толщинах отложений мархинской свиты более 600 м (см. рис. 5).

Силурийско-ордовикский НГК

Отложения ордовика развиты на юго-западе рассматриваемой территории и согласно залегают на породах кембрия, а их мощность изменяется от



320 м и более до полного выклинивания к северо-востоку в скважинах Айхальской и Удачинской. Отложения представлены сероцветными доломитами и известняками, прослоями пестроокрашенных мергелей и аргиллитов.

Силурийские отложения, сложенные преимущественно известняками, в меньшей мере мергелями и известково-глинистыми сланцами, известны в тех же районах, что и ордовикские. Они повсеместно залегают с угловым и стратиграфическим несогласием на различных горизонтах ордовика. Порой в разрезе присутствуют органогенно-обломочные известняки, коралловые известняки и ракушняк [4].

Небольшая толщина ордовикско-силурийских отложений, разделенных региональными перерывами, и близость к дневной поверхности не позволяет оценивать их перспективы высоко.

Нижним флюидоупором силурийско-ордовикского НГК служат отложения мархинской, онхой-юряхской свит верхнего кембрия и олдондинской свиты нижнего ордовика. Верхним флюидоупором служат промороженные отложения среднего ордовика и силура, состоящие из красно-коричневых мергелей, аргиллитов с прослоями доломитов и алевролитов.

Перспективы нефтегазоносности

Выявление новых зон нефтегазоаккумуляции и оценка перспектив нефтегазоносности территории сочленения Сюджерской и Анабарской НГО необходимы для ускоренного определения возможностей энергоснабжения предприятий алмазодобывающей промышленности за счет местных источников сырья. На высокие перспективы этого региона указывает широкое распространение в скважинах и в разрезах поверхностных обнажений различных нефтебитумо- и газопроявлений. Оптимальное расположение тектонически экранированных литологических ловушек нефти и газа по отношению к путям миграции углеводородов, возникающих в результате проявления неотектонических движений, существенно увеличивает перспективы территории. Если рассматривать закономерности размещения залежей углеводородов Непско-Ботубинской, Катангской, Байкитской НГО, ясно, что залежи приурочены к зоне резкого сокращения объема трапповых тел в осадочном чехле, поступающих со стороны Тунгусской синеклизы. Подобным условиям удовлетворяет положение выделяемых зон нефтегазоаккумуляции. Широкое распространение межпластовых интрузии предположительно триасового возраста отмечено на юге, юго-востоке и юго-западе изучаемого региона, где в процессе проводки скважин выявлены трапповые тела в отложениях успунской свиты венда, сыгдахской, толбачанской, чарской, верхоленской свит кембрия и в породах ордовика. В центральной части и на севере территории тела траппов в разрезе скважин не отмечены

(см. рис. 1, 2). Наличие кимберлитовых трубок не снижает перспективность площадей. К примеру, Мирнинская группа месторождений нефти и газа на севере Непско-Ботубинской антеклизы соседствует с алмазоносной территорией.

По палеогеографическим условиям накопления карбонатных отложений венда и кембрия на рассматриваемой территории можно выделить четыре основных резервуара, перспективных для накопления и сохранения углеводородов: в вендском НГК – тирский, в верхнекембрийско-нижнекембрийском – нижнебилярский, в кембрийском – биркинский и чукуцкий. Перспективные ловушки намечены в зоне развития коллекторов, в крупных наиболее приподнятых слабонарушенных или ненарушенных тектонических блоках и отображены на схемах перспектив (см. рис. 3–5). Предполагается газонефтяное насыщение коллекторов в ловушках. Плотность начальных геологических ресурсов углеводородов в перспективных зонах составляет 10–50 тыс.т/км².

Первоочередным объектом геолого-геофизических исследований предлагается Верхнемархинский участок, расположенный на пересечении перспективных зон нефтегазоаккумуляции тирского, нижнебилярского и чукуцкого резервуаров: между скважинами Удачинской, Сохолохской и Танхайской (см. рис. 5). Здесь породы продуктивных горизонтов залегают в интервале глубин 600–3000 м.

Для выявления ловушек углеводородов и определения места заложения поисковой скважины целесообразно проведение сейсморазведочных работ, которые позволили бы картировать литофациальные особенности карбонатных отложений буюской свиты, нижнебилярской подсвиты и рифогенного комплекса среднего кембрия. В случае подтверждения прогнозов здесь есть вероятность открытия залежи нефти, сопоставимой по запасам с таковой Талаканского месторождения. Поисковые скважины рекомендуется закладывать в крупных слабонарушенных и ненарушенных блоках, ближе к пересечению региональных разрывных нарушений, вверх по восстанию пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арчегов В. Б. Блоковая делимость и источники нефти на юге Анабарской антеклизы в связи с развитием нефтегазового комплекса Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2008. – Т. 3, № 4. – Точка доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/53_2008.pdf.
2. Ахметов А. Ф., Копытина Е. В., Колобов А. Н. Свойства нефтей Талаканского месторождения и полученных нефтепродуктов // Башкирский химический журнал. – 2007. – Т. 14, № 4. – С. 37–40.
3. Вожов В. И., Гурари Ф. Г., Сурнин А. И. Геотермические условия нефтегазоносности Сибирской платформы // Сов. геология. – 1983. – № 10. – С. 49–56.
4. Геология, гидрогеология и геохимия нефти и газа южного склона Анабарской антеклизы /



Е. И. Бодунов, В. Л. Белецкий, Г. С. Фрадкин и др. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1986. – 176 с.

5. **Нефтематеринские** формации, нефти и газы докембрия и нижнего – среднего кембрия Сибирской платформы / Т. К. Баженова, М. В. Дахнова, Т. П. Жеглова и др. – М.: ВНИГНИ, 2014. – 124 с.

6. **Нижне-среднекембрийский** рифогенный барьер на севере Сибирской платформы – объект первоочередных нефтегазопоисковых работ / Ю. А. Филипцов, Н. В. Мельников, А. С. Ефимов и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 2 (18). – С. 25–35.

7. **Стратиграфия** нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. В 2 т. Т. 1. Стратиграфия / под ред. А. Э. Конторовича. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. – 497 с.

8. **Сухов С. С., Варламов А. И.** Кембрийские рифовые образования Якутии (к истории исследований и перспективам их нефтегазоносности) // Актуальные вопросы геологии нефти и газа Сибирской платформы. – Якутск: Изд-во ЯФ СО РАН, 2004. – С. 63–78.

REFERENCES

1. Archegov V. [Block boundaries and oil sources in the south of the Anabar antecline in connection with the development of the oil and gas complex of the Siberian platform]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika – Petroleum Geology. Theory and practices*, 2008, vol. 3, no. 4. Available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/53_2008.pdf. (In Russ.).

2. Akhmetov A. F., Kopytina E.V., Kolobov A.N. [Oil properties of the Talakanskoye field and obtained oil products]. *Bashkirskiy khimicheskij zhurnal – Bashkir chemical journal*, 2007, vol. 14, no. 4, pp. 37–40. (In Russ.).

3. Vozhov V.I., Gurari F.G., Surnin A.I. [Geothermal conditions of oil-and-gas content of the Siberian platform]. *Sovetskaya geologiya – Soviet Geology*, 1983, no. 10, pp. 49–56. (In Russ.).

4. Bodunov E. I., Beletskiy V.L., Fradkin G.S., et al. *Geologiya, gidrogeologiya i geokhimiya nefti i gaza yuzhnogo sklona Anabarskoy anteklizy* [Geology, hydrogeology and geochemistry of oil and gas of the southern slope of the Anabar antecline]. Yakutsk, YaF SB AS USSR Publ., 1986. 176 p. (In Russ.).

5. Bazhenova T. K., Dakhnova M.V., Zheglova T.P., et al. *Neftematerinskie formatsii, nefti i gazy dokembriya i nizhnego – srednego kembriya Sibirskoy platformy* [Oil-source formations, oils and gases of Precambrian and Lower-Middle Cambrian of the Siberian platform]. Moscow, VNIGNI Publ., 2014. 124 p. (In Russ.).

6. Filiptsov Yu.A., Mel'nikov N.V., Efimov A.S., et al. [Lower-Middle Cambrian reef barrier in the north of the Siberian platform – a target of high-priority oil and gas exploration]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2014, no. 2 (18), pp. 25–35. (In Russ.).

7. Kontorovich A.E., ed. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Kembriy Sibirskoy platformy* [Stratigraphy of oil and gas bearing basins of Siberia. Cambrian of the Siberian platform]. In 2 vols. Novosibirsk, INGG SB RAS Publ., 2016. 497 p. (In Russ.).

8. Sukhov S.S., Varlamov A.I. [Cambrian reef formations of Yakutia (to the history of researches and prospects of their oil-and-gas content)]. *Aktual'nye voprosy geologii nefti i gaza Sibirskoy platformy* [Topical issues of petroleum geology of the Siberian platform]. Yakutsk, SB RAS YaF Publ., 2004, pp. 63–78. (In Russ.).

© Л. В. Рябкова, О. Н. Лебедева, Н. В. Мангазеева, 2018



ВЕРХНЕЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

А. И. Сивцев, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Республика Саха, Россия

Затрагивается проблема возможной нефтеносности континентальных отложений на востоке Сибирской платформы. Здесь установлена нефтегазоносность триас-нижнеюрских отложений бассейна, связанная с нефтегазоматеринским потенциалом верхнепалеозойских отложений, но практически не изучены верхнеюрско-нижнемеловые континентальные угленосные отложения в нефтегазопроисловом отношении. Рассмотрены особенности нефтепроявлений из верхнеюрских отложений Бергеинской и Олойской площадей Лунхино-Келинской впадины Предверхоянского прогиба. Дана геохимическая характеристика нефтей, которые относятся к легким, малосернистым, парафинистым, малосмолистым. Идентичность в составе и распределении углеводородов-биомаркеров свидетельствует о едином источнике и генетической связи этих нефтей с органическим веществом, формировавшимся в условиях континентальных фаций. Судя по геохимическим данным, продуцирующей толщей для этих нефтей могли быть верхнеюрские отложения, представленные континентальной угленосной паралической формацией. Исходное ОВ последней отличается смешанным составом с выраженным преобладанием гумусовой составляющей. На основе сопоставления промысловых и геологических данных сделано предположение о том, что своеобразным резервуаром (коллектором) нефти могут служить высокотрещиноватые угольные пласты. На востоке Сибирской платформы (Предверхоянский прогиб и прилегающая часть Вилюйской синеклизы) верхнеюрско-нижнемеловые континентальные отложения целесообразно выделить в отдельный потенциально нефтегазоносный литолого-стратиграфический комплекс.

Ключевые слова: восточная часть Сибирской платформы, Вилюйская синеклиза, Предверхоянский прогиб, угленосные континентальные отложения, верхняя юра, нижний мел, перспективы нефтегазоносности.

UPPER JURASSIC – LOWER CRETACEOUS PETROLEUM COMPLEX OF THE EASTERN SIBERIAN PLATFORM

А. I. Sivtsev, O. N. Chalaya, I. N. Zueva

Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

The article touches upon a problem of possible oil-bearing capacity of the continental deposits in the east of the Siberian platform where the Triassic-Lower Jurassic oil-and-gas content connected with the Upper-Paleozoic source potential has been established, but the potential of Upper Jurassic-Lower Cretaceous continental carboniferous deposits is not clearly understood. The authors have considered some features and nature of oil showings from the Upper-Jurassic deposits of the Bergeinsk and Oloi areas of the Lungkhin-Kelin trough of the Pre-Verkhoyansk foredeep. They give geochemical characteristics of oils belonging to light, sweet crude, paraffin, low-resin oils. The identity of hydrocarbons-biomarkers in the Bergeinsk-Oloi oils in structure and distribution is indicative of their uniform source and genetic relationship with the organic matter formed in the conditions of continental facies. According to geochemical data Upper-Jurassic deposits presented by a continental coal-bearing paralic formation initial organic matter of which is characterized by a mixed composition with a humic component distinctly predominant could serve as a producing strata for these oils. Comparing field and geological data, the authors anticipate that broken-down coal beds can serve as a peculiar oil reservoir (collecting basin). In the east of the Siberian platform within the Pre-Verkhoyansk foredeep and the adjacent part of the Vilyui syncline, it makes sense to identify the Upper Jurassic-Lower Cretaceous continental deposits as an individual potentially hydrocarbon lithologic-and-stratigraphic complex.

Keywords: East of the Siberian platform, Vilyui syncline, Pre-Verkhoyansk foredeep, coal-bearing continental deposits, Upper Jurassic, Lower Cretaceous, prospects of oil-and-gas content.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-81-87

Имеется много публикаций с обоснованием генерации жидких углеводородных флюидов углями [18, 23, 25, 28]. Нефтегенерирующую способность углей связывают с содержанием в них лейптинитовой составляющей и с обогащенными водородом микрокомпонентами группы витринита.

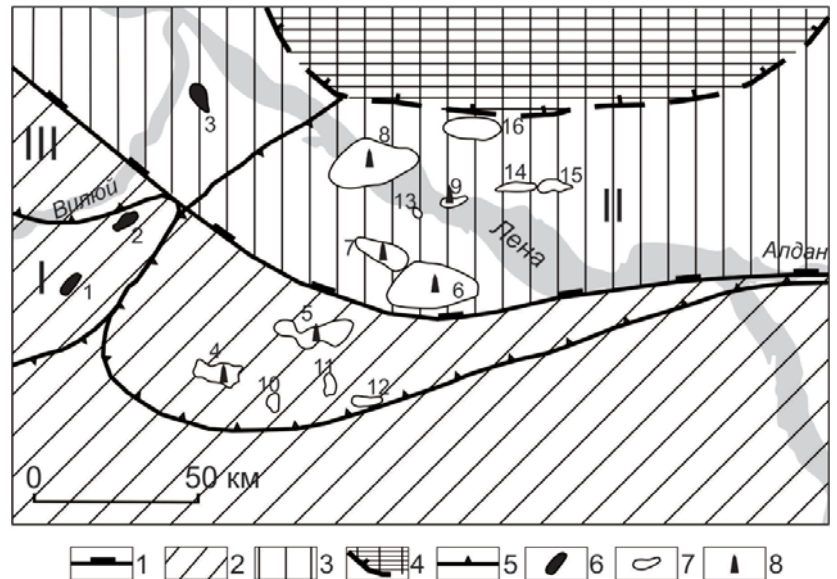
Большое количество нефтепроявлений в различных угольных бассейнах мира [18–21, 24, 26, 27], в том числе и в России, свидетельствует о генерации

углями как газообразных, так и жидких УВ с их последующей эмиграцией [3, 7–9, 12].

В восточной части Сибирской платформы в Вилюйской синеклизе и Предверхоянском прогибе выделяются два угленосных уровня отложений: верхнепалеозойский и верхнеюрско-нижнемеловой. Практически все исследователи отводят верхнепалеозойскому угленосному уровню роль основного генератора УВ известных газоконденсатных месторож-

Рис. 1. Обзорная схема Лунхинско-Келинской впадины

1 – граница нефтегазоносных областей; 2 – Вилюйская нефтегазоносная область; 3 – Предверхоанская нефтегазоносная область; 4 – Верхоянская складчато-надвиговая область; 5 – границы структур I–II порядка (I – Хапчагайский мегавал, II – Лунхино-Келинская впадина, III – Линденская впадина); 6 – газовые месторождения (1 – Бадаранское, 2 – Нижневилюйское, 3 – Усть-Вилюйское); 7 – структуры (4 – Среднелунхинская, 5 – Кобяйская, 6 – Олойская, 7 – Бергеинская, 8 – Сангарская, 9 – Эксенняхская, 10 – Дулгалахская, 11 – Восточно-Дулгалахская, 12 – Северо-Ситтепская, 13 – Балымахская, 14 – Западно-Баламаканская, 15 – Восточно-Баламаканская, 16 – Нижнечечумская); 8 – изученность глубоким бурением



дений Вилюйской нефтегазоносной области (НГО). В разрезе этих месторождений были зафиксированы многочисленные нефтепроявления вплоть до интенсивных притоков [3, 4, 24], а на некоторых газоконденсатных месторождениях Вилюйской синеклизы установлено наличие нефтяных оторочек [13, 16].

В то же время в изучаемом районе не выявлены месторождения углеводородов, генетически связанные с породами верхнеюрско-нижнемелового комплекса.

Постановка проблемы

Верхнеюрские отложения в восточной части Сибирской платформы представлены континентальной угленосной паралической формацией (чечумской серией свит), сложенной преимущественно песчаниками с подчиненными прослоями алевролитов и аргиллитов с линзами каменных углей (нижневилюйская свита). Песчаная континентальная формация представлена песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов (марыкчанская свита). По вертикали она постепенно переходит в континентальную песчано-глинистую формацию (бергеинская свита). Максимальная толщина верхнеюрских отложений в Предверхоанском прогибе и прилегающей части Вилюйской синеклизы составляет 0,8–0,85 км [14].

Верхнеюрская песчано-глинистая континентальная формация вверх по разрезу сменяется верхнеюрско-нижнемеловой угленосной лимнической формацией, которая сложена песчаниками и песками с подчиненным количеством алевролитов, глин и углей, встречающихся в виде прослоев и пластов рабочей мощности, объединенных в батылхскую свиту. Далее вверх по разрезу свита перекрывается эксенняхской безугольной свитой нижнего мела. Максимальная зафиксированная толщина угленосных нижнемеловых отложений в зоне сочленения Предверхоанского прогиба и Вилюйской синеклизы достигает 1,14 км (скв. 2 на Олойской площади).

Таким образом, общая толщина единого верхнеюрско-нижнемелового угленосного комплекса отложений в рассматриваемом районе достигает 2,0 км. А. В. Бубнов и В. Н. Иванова [2] отмечают значительное (более 10 м на 100 м вскрытого угленосного разреза) увеличение угленосности как в нижнемеловых, так и в верхнеюрских отложениях с запада на восток, в сторону Предверхоанского прогиба.

По данным глубокого бурения кровля рассматриваемых образований в указанном районе залегает в инт. 0,7–2,5 км, в среднем на уровне 1,5 км. С учетом значительного верхнемелового эрозионного среза 0,5–1,0 км, установленного в результате изучения степени углефикации отложений [15], практически весь изучаемый комплекс находился в главной зоне нефтеобразования [14].

Прямые признаки нефтегазоносности установлены на ряде площадей в виде газо- и нефтепроявлений. Из верхнеюрской бергеинской свиты были получены промышленные притоки газа на Усть-Вилюйском газоконденсатном месторождении. Здесь бергеинская свита перекрывается непроницаемыми глинисто-песчаными пачками батылхской свиты нижнего мела. В начале 1960-х гг. при разведочном бурении в Лунхинско-Келинской впадине (рис. 1) на Бергеинской и Олойской площадях, находящихся в зоне сочленения Вилюйской синеклизы и Предверхоанского прогиба, отмечались незначительные притоки нефти из верхнеюрских отложений (табл. 1).

Материалы и методы исследования

Тектонически Бергеинская и Олойская структуры представляют собой две брахиантиклинали северо-западного простирания в пределах Предверхоанского прогиба. Широкое развитие дизъюнктивных нарушений является характерной их чертой. Изученные разрезы в интервалах опробования представлены переслаиванием пластов песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей.



Таблица 1

Нефтепроявления Лунхинско-Келинской впадины

Скважина	Альтитуда Удлинение	Интервал, м	Характер проявления
<i>Олойская площадь</i>			
P-1	74,66	3410–3420 3428–3442	При совместном испытании интервалов получен незначительный приток нефти и воды. Ориентировочный дебит воды 100 л/сут. Плотность нефти 823,8 кг/м ³ . Нефть темно-зеленого цвета. Застывает при комнатной температуре. Всего отобрано 85 л нефти
P-1	74,66	3334–3374	При опробовании получен непромышленный приток нефти с водой. Плотность нефти 823,0 кг/м ³ . Всего отобрано 130 л нефти
P-1	74,66	3280–3287 3300–3320	Зафиксирован приток нефти плотностью 823,0 кг/м ³
P-2	74,58	3744–3751 3786–3796 3803–3807 3810–3817	При опробовании получен незначительный приток (75 л/сут) воды с пленками нефти
<i>Бергеинская площадь</i>			
P-1	69,39	3400–3506	При испытании открытым стволом инт. 3400–3506 м на устье наблюдался незначительный приток нефти (20 л/сут). Нефть представляет собой подвижную жидкость светло-коричневого цвета. Плотность нефти 758,5 кг/м ³ . Всего отобрано 80 л нефти
P-2	69,98	3484–3487 3490–3495 3507–3514 3523–3530 3542–3546 3550–3554 3325–3328 3350–3354 3368–3372 3387–3393	При опробовании шести пластов в инт. 3484–3554 м и четырех пластов в инт. 3325–3393 м получен незначительный приток слабоминерализованной воды с пленками нефти. Максимальный дебит жидкости из инт. 3484–3554 м 180 л/сут, а из инт. 3325–3393 – 72 л/сут
P-3	69,2	3441–3448 3466–3477 3490–3496	В результате опробования инт. 3441–3496 м получен приток пресной воды с пленками нефти. Дебит воды 550 л/сут
P-3	69,2	3280–3290	При опробовании интервала (3280–3290 м) получен приток чистой нефти (60 л/сут). Нефть вязкая, темно-зеленого цвета. Вместе с нефтью наблюдалось поступление угольных частиц в большом количестве

Анализ керн из верхнеюрских терригенных отложений показывает неудовлетворительные фильтрационно-емкостные характеристики пород: пористость пород 4–6 %, газопроницаемость $(1-2) \cdot 10^{-17} \text{ м}^2$. Иначе говоря, поровых коллекторов здесь нет, а имеющиеся коллекторы трещинные. Это подтверждается результатами мероприятий по интенсификации притока. Испытания показали, что на обеих площадях повторное вскрытие пластов торпедированием, солянокислотная обработка и значительное снижение противодавления на пласт не привели к увеличению притока нефти.

Характерной особенностью результатов испытаний является обильное поступление угольных частиц вместе с притоками нефти. Максимальный зафиксированный дебит нефти (60 л/сут) был получен из плотного пласта песчаника, залегающего между мощными (до 5–6 м) пластами углей. Здесь также отмечается обильное поступление угольных частиц вместе с нефтью.

Результаты опробования показывают своеобразное проявление дебита скважины, когда максимальные притоки были получены только в начальный период испытания.

Нефтепроявления на Бергеинской и Олойской площадях были изучены рядом исследователей [4, 11, 15]. Нефти относятся к легким, малосернистым, парафинистым, малосмолистым. Выход бензиновых фракций составляет 47 %. В их составе на алканы приходится 40,6–47,3 %, нафтеновые УВ – 36,4–43,8 %, ароматические УВ – 15,5–16,3 % (табл. 2).

В групповом составе нефтей 92,7–94,1 % приходится на углеводороды, среди которых высока доля метаново-нафтеновых структур (88,6–92,2 % от суммы УВ). Содержание смолистых компонентов 5,6–6,6 %, бензольные смолы преобладают над спиртобензольными. Асфальтены составляют 0,3–0,7 %.

По данным ИК-спектроскопии для верхнеюрских нефтей характерно доминирование соедине-

Таблица 2

Физико-химическая характеристика нефтей

Параметры	Бергеинская скв. 1	Олойская скв. 1
Интервал отбора, м	3400–3506	3334–3374
Плотность при 20 °С, кг/м ³	758,5	830,7
Содержание серы, % на нефть	0,02	0,02
Содержание парафинов, % на нефть	4,0	10,6
Углеводородный состав фракции н.к.-200 °С, %		
метановые УВ	47,34	40,62
нафтеновые УВ	36,38	43,84
ароматические УВ	16,28	15,54
Групповой состав нефти, %:		
метаново-нафтеновые УВ	81,83	84,07
нафтеново-ароматические УВ	12,23	8,65
бензолные смолы	3,20	3,82
спиртобензолные смолы	2,42	2,76
сумма смол	5,62	6,56
асфальтены	0,31	0,70

ний с длинными метиленовыми цепями над ароматическими циклами. В масляной части содержание углерода в ароматических циклах составляет всего 4,4 %, а в нафтеново-ароматических УВ – 60 %. В отличие от углеводородной части смолы и асфальтены ароматические.

Особенностью состава рассматриваемых нефтей является их сходство с ОВ гумусового типа по ряду геохимических параметров, включая молекулы-биомаркеры [4, 5, 10]. Для этих нефтей, как и для терригенного ОВ, характерно преобладание высокомолекулярных n-алканов в углеводородном составе, высокие значения отношения пристан/фитан, отсутствие 12- и 13-метилалканов и ванадилпорфириновых комплексов. Им свойственно одинаковое распределение УВ-биомаркеров с относительно высокими концентрациями этилхолестанов C₂₉, диастеранов, а также низкие концентрации трициклических хейлантанов C₁₉–C₃₀, низкое содержание или отсутствие гомогопана C₃₅ и присутствие биомаркера 17α(H) диагопана. Эти биомаркеры являются индикаторами ОВ терригенных и угленосных материнских пород [10, 24].

Обсуждение результатов

Сходство состава и характера распределению углеводородов-биомаркеров в нефтях Бергеинской и Олойской площадей свидетельствует об едином источнике и генетической связи этих нефтей с ОВ высшей наземной растительности. Продуктирующей толщей для них могли послужить верхнеюрские отложения, представленные континентальной угленосной паралической формацией, в исходном ОВ которой преобладает гумусовая составляющая.

Весьма вероятно, что нефтесодержащими породами в резервуаре являются сами трещиноватые пласты углей [3, 7–9].

В приплатформенном крыле Предверхоанского прогиба, которое относится к тектонически активной зоне с интенсивной дислоцированностью разреза, коллекторами могут служить любые высокотрещинные породы, в том числе угленосные пласты. Они могут быть резервуаром для УВ, перетекающих из нижележащих отложений, или образовавшихся в нем пластовых флюидов. Достаточное условие существования такого нетрадиционного резервуара – наличие арочного эффекта в вышележающих плотных отложениях, при котором полезная емкость может быть обусловлена разуплотнением пород (углей) под аркой за счет перераспределения вертикального давления в субгоризонтальных направлениях (рис. 2). Даже после потери такого арочного эффекта при дальнейших тектонических подвижках часть флюида, попавшая в угольные пласты, вероятно, останется в них в определенных равновесных условиях.

В случае предполагаемого нетрадиционного резервуара добыча пластового флюида (нефти) традиционными методами значительно усложняется. По всей видимости, высокотрещиноватый каменный уголь в пластовых условиях может сохранять открытые трещины только при условиях их заполнения некоторым флюидом (нефтью). При удалении (добыче) флюида из угольного пласта его мелкие трещины (пустотное пространство) будут схлопываться, сводя дебит скважины до нуля. Это подтверждается результатами опробования: отно-

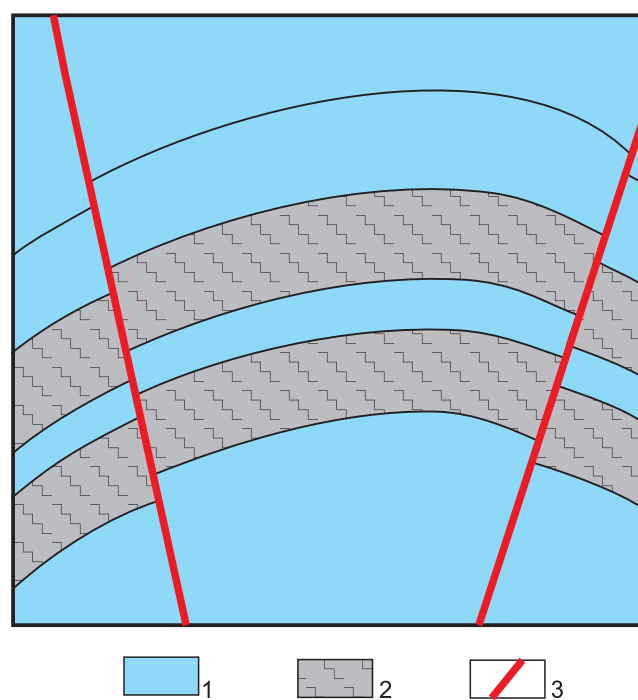


Рис. 2. Принципиальная схема арочного резервуара
1 – плотные терригенные породы; 2 – высокотрещиноватые угольные пласты; 3 – разломы



сительно высокие притоки были получены только в начальный период испытания.

Похожее явление наблюдалось при испытаниях интервалов баженовской свиты в Западной Сибири. Скважины, дававшие вначале высокие дебиты нефти, при естественном фонтанировании вскоре переставали работать [1]. Как оказалось, листоватые и рассланцованные за счет аномально высокого давления породы свиты при добыче с ощутимыми депрессиями на пласт теряли пустотное пространство. Расстояние между отдельными «листами» уменьшалось, и проницаемость пласта падала до нулевого значения. За всю историю добычи из баженовской свиты извлечено немногим более 5 млн т нефти [1].

В нашем случае в Бергеинской скв. 3 было осуществлено торпедирование интервала плотного песчаника между двумя угольными пластами. В результате последующего опробования это обусловило повышенный дебит нефти (60 л/сут) с привнесом угольных частиц. Применение успешного опыта добычи из формации Баккен [17] вместе с современными физико-химическими методами интенсификации притока может значительно увеличить дебит из предлагаемого угольного резервуара. При этом нужно иметь в виду, что освобождающееся от нефти трещинное пространство необходимо заполнять другим флюидом, чтобы мелкие трещины оставались открытыми.

Выводы

С классических позиций осадочно-миграционной теории верхнеюрско-нижнемеловая континентальная угленосная формация, распространенная на востоке Сибирской платформы, находится в благоприятных для нефтегазообразования условиях. При благоприятном сочетании структурно-литологических условий высока вероятность обнаружения промышленных скоплений нефти как в традиционных, так и на нетрадиционных резервуарах. Зафиксированные прямые признаки нефтегазоносности свидетельствуют в пользу данного утверждения. Отсутствие надежного регионально выдержанного флюидоупора в разрезе рассматриваемого района обуславливает преобладание жидких УВ над газообразными. Примером высокой генерирующей способности континентальными отложениями жидких углеводородов являются нефтегазоносные провинции северо-запада Китая [6]. Месторождения этого региона отличаются преимущественной нефтеносностью, запасы и ресурсы нефти преобладают над запасами и ресурсами газа, несмотря на преобладание континентальных отложений в осадочном чехле.

Таким образом, на востоке Сибирской платформы верхнеюрско-нижнемеловые континентальные угленосные отложения можно выделить в отдельный литолого-стратиграфический потенциальный нефтегазоносный комплекс. Также с этим комплек-

сом отложений связываются перспективы нефтегазоносности Индигиро-Зырянского прогиба (Восточная Якутия).

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ СО РАН «Геологическое строение, геохимия органического вещества и перспективы нефтегазоносности территорий Восточной Якутии и шельфа Восточно-Сибирского моря».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алексеев А. Д.** Баженовская свита: в поисках большой сланцевой нефти на Верхнем Салыме // Российские нефтегазовые технологии ROGTEC34, г. Эстепона, Испания, 2013. – С. 15–39. – Точка доступа: http://rogtecmagazine.com/wp-content/uploads/2014/09/02_SPD-The-Bazhenov-Formation-Big-Shale-Oil-in-Upper-Salym.pdf.
2. **Бубнов А. В., Иванова В. Н.** Угленосность нижнемеловых и верхнеюрских отложений восточной части Вилуйской синеклизы // Литология нефтегазоносных и угленосных отложений Якутии: сб. науч. тр. – Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. – С. 80–84.
3. **Газоугольные** бассейны России и мира / М. В. Голицын, А. М. Голицын, М. В. Пронина и др. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 250 с.
4. **Геохимия** нефтей востока Сибирской платформы / В. А. Каширцев, А. Ф. Сафронов, А. Н. Исосимова и др. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2009. – 180 с.
5. **Геохимия** органического вещества нефтегазоносных отложений Западной Якутии / ред. Е. И. Бодунов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 113 с.
6. **Го Минь, Сиднев А. В.** Нефтегазовые месторождения бассейна Джунгария и проблемы их поиска на северо-западе Китая // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 3. – С. 20–30. – Точка доступа: http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p20-30_GuoMin_ru.pdf.
7. **Голицын М. В., Голицын А. М.** Углеводородный потенциал ископаемых углей. – М.: Изд-во МГУ. – 1995. – С. 23–28.
8. **Голицын М. В., Кузнецова А. А.** Метаморфизм каустобиолитов Карагандинского бассейна. – М.: Наука, 1970. – 135 с.
9. **Голицын М. В., Пронина Н. В.** Нефть в угольных бассейнах // Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. журн.). – 2004. – Вып. 5. – С. 13–19.
10. **Конторович А. Э., Борисова Л. С.** Состав асфальтенов как индикатор типа рассеянного органического вещества // Геохимия. – 1994. – № 1. – С. 1660–1667.
11. **Нефти** и конденсаты Западной Якутии (рекомендации) / под ред. Е. И. Бодунова, В. А. Каширцева. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1981. – 89 с.
12. **Обласов Н. В.** Геохимия углистого органического вещества и его роль в формировании месторождений нефти и газа на территории Томской области: автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Томск, 2010. – 21 с.

13. Сафронов А. Ф. Историко-генетический анализ процессов нефтегазообразования (на примере востока Сибирской платформы). – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. – 148 с.

14. Сафронов А. Ф., Сивцев А. И., Черненко В. Б. Нефтеносность нижнемезозойских отложений Хапчагайского мегавала Вилюйской синеклизы // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 8. – С. 1263–1269.

15. Филатов С. С. О некоторых геохимических особенностях нефтей и конденсатов Лено-Вилюйской нефтегазоносной области // Тр. ВНИГРИ. – 1971 – Вып. 294, № 11. – С. 49–62.

16. Черненко В. Б., Сивцев А. И., Ситников В. С. Особенности геологического строения и перспективы нефтеносности Соболох-Неджелинского газоконденсатного месторождения // Наука и образование. – 2013. – № 4. – С. 18–26.

17. Bakken Oil Formation. – Available at: www.energyandcapital.com/resources/bakken-oil-field.

18. Controls on the oil and gas potential of humic coals / G. H. Isaksen, D. J. Curri, J. D. Yeakel, A. I. Jensen // Organic Geochemistry. – 1998. – Vol. 29, no. 1–3. – P. 23–44.

19. Fan P., Luo B., Huang R. Formation and migration of continental oil and gas in China // Scientific Sinica. – 1980. – Vol. 23. – P. 1286–1295.

20. Fu J., Guoying S., Dehan L. Organic geochemical characteristics of major types of terrestrial petroleum source rocks in China (eds. A. J. Fleet, K. Kelts, M. R. Talbot In Lacustrine Petroleum Source Rocks) // Geological Society Special Publication. Blackwell, Oxford. – 1988. – Vol. 40. – P. 279–289.

21. Hvoslef S., Larter S. R., Leythaeuser D. Aspects of generation and migration of hydrocarbons from coal-bearing strata of the Hitra formation, Haltenbanken area, offshore Norway // Organic Geochemistry. – 1998. – Vol. 13. – P. 525–536.

22. Killops S. D., Cook R. A., Sykes R. Petroleum potential and oil-source correlation in the Great South and Canterbury Basins // New Zealand Journal of Geology and Geophysics. – 1997. – Vol. 40. – P. 405–423.

23. Peters K. E., Moldovan J. M. The biomarker guide. – Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993. – 363 p.

24. The geochemical peculiarities of crude oils from the Upper Permian-Mesozoic strata of the Vilyusky Basin / V. A. Kashirtsev, A. F. Safronov, O. N. Chalya et al. // 6th Internat. Conf. on Petroleum Geochem. and Explor. In Afro-Asian Region. 12–14 Oct. 2004. Book of Abstracts. Pt. 1. – Pekin, China, 2004. – Vol. 12. – P. 23–24.

25. Thermal cracking of kerogen in open and closed systems: determination of kinetic parameter and stoichiometric coefficients for oil and gas generation / F. Behar, V. Vandenbroucke, Y. Tang et al. // Organic Geochemistry. – 1997. – Vol. 26, no. 5–6. – P. 321–339.

26. Wasida A., Nishita H. Geochemical characteristics of terrigenous- and marine-sourced oils in

Hokkaido, Japan // Organic Geochemistry. – 1998. – Vol. 28. – P. 27–41.

27. Wilkins R. W. T., George S. C. Coal as a source rock for oil: a review // International Journal of Coal Geology. – 2002 – Vol. 50. – P. 317–361.

28. Zumberge J. E. Prediction of source rock characteristics based on terpane biomarkers in crude oils: a multivariate statistical approach // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1987. – Vol. 51. – P. 1625–1637.

REFERENCES

1. Alekseev A.D. [Bazhenovskaya Formation: In searching for big shale oil on the Upper Salym]. *Rossiyskie neftegazovye tekhnologii ROGTEC34, Estepona, Spain* [Russian oil and gas technologies ROGTEC34, Estepona, Spain]. 2013, pp. 15–39. Available at: http://rogtecmagazine.com/wp-content/uploads/2014/09/02_SPD-The-Bazhenov-Formation-Big-Shale-Oil-in-Upper-Salym.pdf. (In Russ.).

2. Bubnov A.V., Ivanova V.N. [Coal-bearing Lower-Cretaceous and Upper-Jurassic deposits in the eastern Vilyui syncline]. *Litologiya neftegazonosnykh i uglonosnykh otlozheniy Yakutii* [Lithology of hydrocarbon and coal-bearing deposits of Yakutia]. Yakutsk, YaNTs SB AS USSR Publ., 1990, pp. 80–84. (In Russ.).

3. Golitsyn M.V., Golitsyn A.M., Pronina N.V., et al. *Gazougol'nye bassejny Rossii i mira* [Gas-coal basins of Russia and the world]. Moscow, MGU Publ., 2002. 250 p. (In Russ.).

4. Kashirtsev V.A., Safronov A.F., Izosimova A.N., et al. *Geokhimiya neftey vostochno-Sibirskoy platformy* [Geochemistry of oils in the east of the Siberian platform]. Yakutsk, SB RAS YaF Publ., 2009. 180 p. (In Russ.).

5. *Geokhimiya organicheskogo veshchestva neftegazonosnykh otlozheniy Zapadnoy Yakutii* [Geochemistry of organic matter of hydrocarbon deposits in Western Yakutia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984. 113 p. (In Russ.).

6. Go Min', Sidnev A.V. [Oil-and-gas fields in the Dzhungaria basin and problems of their prospecting in the north-west of China]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo» – Online scientific journal “Oil and gas business”*, 2015, vol. 3, pp. 20–30. Available at: http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p20-30_GuoMin_ru.pdf. (In Russ.).

7. Golitsyn M.V., Golitsyn A.M. *Uglevodородnyy potentsial iskopaemykh ugley* [Hydrocarbon potential of carbofossils]. Moscow, MGU Publ., 1995, pp. 23–28. (In Russ.).

8. Golitsyn M.V., Kuznetsova A.A. *Metamorfizm kaustobiolitov Karagandinskogo bassejny* [Metamorphism of caustobioliths of the Karaganda basin]. Moscow, Nauka Publ., 1970. 135 p. (In Russ.).

9. Golitsyn M.V., Pronina N.V. [Oil in coal basins]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) – Mine information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2004, issue 5, pp. 13–19. (In Russ.).

10. Kontorovich A.E., Borisova L.S. [Composition of asphaltenes as an indicator of the scattered organic



matter type]. *Geokhimiya – Geochemistry*, 1994, no. 1, pp. 1660–1667. (In Russ.).

11. *Nefti i kondensaty Zapadnoy Yakutii (rekommendatsii)* [Oils and condensates of Western Yakutia (recommendations)]. Yakutsk, YaF SB AS USSR Publ., 1981. 89 p. (In Russ.).

12. Oblasov N.V. *Geokhimiya uglitogo organicheskogo veshchestva i ego rol' v formirovanii mesotorozhdeniy nefti i gaza na territorii Tomskoy oblasti: avtoreferat kand. dis.* [Geochemistry of carbonaceous organic matter and its role in the formation of oil-and gas fields on the territory of the Tomsk Region. Author's abstract of PhD thesis]. Tomsk, 2010. 21 p. (In Russ.).

13. Safronov A.F. *Istoriko-geneticheskiy analiz protsessov neftegazobrazovaniya (na primere vostoka Sibirskoy platformy)* [Historical and genetic analysis of oil-and-gas formation processes (on the example of the East of the Siberian platform)]. Yakutsk, YaNTs SB RAS Publ., 1992. 148 p. (In Russ.).

14. Safronov A.F., Sivtsev A.I. [Oil potential of the Lower Mesozoic deposits of the Khapchagai megaswell of the Vilyui syncline]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2014, vol. 55, no. 8, pp. 1003–1008.

15. Filatov S.S. [On some geochemical features of oils and condensates of the Lena-Vilyui petroleum region]. *Trudy VNIGRI "Geokhimiya rasseyannogo organicheskogo veshchestva"* [Proc. VNIGRI "Geochemistry of scattered organic substance"]. 1971, issue 294, no. 11, pp. 49–62. (In Russ.).

16. Chernenko V.B., Sivtsev A.I., Sitnikov V.S. [Features of the geological structure and prospects of oil-bearing capacity of the Sobolokh-Nedzhelinskoye gas-condensate field]. *Nauka i obrazovanie – Science and education*, 2013, no. 4, pp. 18–26. (In Russ.).

17. Bakken Oil Formation. Available at: www.energyandcapital.com/resources/bakken-oil-field.

18. Isaksen G.H., Curri D.J., Yeakel J.D., Jenssen A. I. Controls on the oil and gas potential of humic coals. *Organic Geochemistry*, 1998, vol. 29, no. 1–3, pp. 23–44.

19. Fan P., Luo B., Huang R. Formation and migration of continental oil and gas in China. *Scientific Sinica*, 1980, vol. 23, pp. 1286–1295.

20. Fu J., Guoying S., Dehan L. Organic geochemical characteristics of major types of terrestrial petroleum source rocks in China (eds. A.J.Fleet, K.Kelts, M.R.Talbot In Lacustrine Petroleum Source Rocks). *Geological Society Special Publication*. Blackwell, Oxford, 1988, vol. 40, pp. 279–289.

21. Hvoslef S., Larter S.R., Leythaeuser D. Aspects of generation and migration of hydrocarbons from coal-bearing strata of the Hitra formation, Haltenbanken area, offshore Norway. *Organic Geochemistry*, 1998, vol. 13, pp. 525–536.

22. Killips S.D., Cook R.A., Sykes R. Petroleum potential and oil-source correlation in the Great South and Canterbury Basins. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 1997, vol. 40, pp. 405–423.

23. Peters K.E., Moldovan J.M. The biomarker guide. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993. 363 p.

24. Kashirtsev V.A., Safronov A.F., Chalaya O.N., et al. The geochemical peculiarities of crude oils from the Upper Permian-Mesozoic strata of the Vilyuskiy Basin. *6th Internat. Conf. on Petroleum Geochem. and Explor. In Afro-Asian Region. 12–14 Oct. 2004*. Book of Abstracts. Pt. 1. Pekin, China, 2004, vol. 12, pp. 23–24.

25. Behar F., Vandenbroucke V., Tang Y., et al. Thermal cracking of kerogen in open and closed systems: determination of kinetic parameter and stoichiometric coefficients for oil and gas generation. *Organic Geochemistry*, 1997, vol. 26, no. 5–6, pp. 321–339.

26. Wasida A., Nishita H. Geochemical characteristics of terrigenous- and marine-sourced oils in Hokkaido, Japan. *Organic Geochemistry*, 1998, vol. 28, pp. 27–41.

27. Wilkins R.W.T., George S.C. Coal as a source rock for oil: a review. *International Journal of Coal Geology*, 2002, vol. 50, pp. 317–361.

28. Zumberge J.E. Prediction of source rock characteristics based on terpane biomarkers in crude oils: a multivariate statistical approach. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1987, vol. 51, pp. 1625–1637.

© А. И. Сивцев, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева, 2018



УДК 553.87:553.061.12/.17(470.55/.58)

ОСОБО ЧИСТЫЙ ЖИЛЬНЫЙ КВАРЦ – МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ПОЛИХРОННОГО И ПОЛИГЕННОГО ГЕНЕЗИСА

В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев, В. В. Бабенко

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

В России минерально-сырьевая база кварца, используемого в высокотехнологичных производствах, традиционно объединяет месторождения пьезооптического кварца, горного хрусталя, гранулированного, прозрачного и молочно-белого жильного кварца. Востребованность и обеспеченность различными видами кварцевого сырья неоднозначна. Специальные кварцевые материалы и изделия на их основе все более широко применяются в радиоэлектронной, авиационной, химической, электро-технической, металлургической и других отраслях народного хозяйства; прозрачные кварцевые и оптические стекла и изделия из кварца все чаще используются в качестве конструкционного материала для оснащения искусственных спутников и космических кораблей; панорамного остекления самолетов, изготовления приборов ночного видения, оптических локаторов, систем перехвата и оптической связи; в конструкциях радарных установок и в быстродействующих ЭВМ. Резко возрастает потребность в кварцевых трубах и стержнях для получения световодов и супертонкого кварцевого волокна. Нами было выявлено, что качество кварцевого сырья обусловлено его структурно-текстурными особенностями и физико-химическими факторами, которые определяются его генезисом и, в свою очередь, определяют технологические свойства кварца. Все это позволило нам выделить семь генетических типов жильного кварца. Два из них сформировались в докембрии (один – в геодинамической обстановке кратонизации, второй – рифтогенеза), остальные – в коллизионных геодинамических обстановках. Все эти типы размещаются в пяти структурно-формационных зонах Уфалейского метаморфического комплекса.

Ключевые слова: Уфалейский кварценозный район, кварц, чистота, прозрачность, структурные примеси, генетические типы, геодинамические режимы, метаморфическая дифференциация, метасоматоз, перекристаллизация.

HIGH-PURITY VEIN QUARTZ – MINERAL RAW MATERIALS OF POLYCHRONOUS AND POLYGENOUS GENESIS

V. N. Ogorodnikov, Yu. A. Polenov, A. N. Savichev, V. V. Babenko

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

The mineral raw materials base of Russian quartz, used in high-tech manufacturings, traditionally unites deposits of piezooptical quartz, clear quartz, granular, clear and milky-white vein quartz. The demand for quartz and reserves of different quartz raw materials is ambiguous. Special quartz materials and products based on them are increasingly used in radioelectronic, aviation, chemical, electrotechnical, metallurgical and other branches of the national economy. Clear quartz and optical glasses and quartz products are being increasingly used as a structural material for the equipment of artificial satellites and spacecrafts, panoramic glazing of aircrafts, manufacture of night vision devices, optical locators, systems of interception and optical communication, and have application in the construction of radar installations and in high-speed computers. There is a sharp increase in a need for quartz tubes and rods for the production of optical fibers and superthin quartz ones. The authors revealed that the quality of quartz raw materials is caused by its structural and texture features and physicochemical factors determined by its genesis and in turn define the technological properties of quartz. All of this allowed them to identify 7 genetic types of vein quartz. Two types formed in the Precambrian: one – in the geodynamic setting of cratonization, the second – in the geodynamic setting of rifting, the rest – in collision geodynamic settings. All these types are located in 5 structural and formational zones of the Ufaley metamorphic complex.

Keywords: Ufaley quartziferous region, quartz, purity, clarity, structural impurities, genetic types, geodynamic regimes, metamorphic differentiation, metasomatism, recrystallization.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-88-98

Генетическая типизация жильного кварца Уфалейского кварценозного района

На первоначальном этапе изучение кварцевых жил Уфалейского кварценозного района (Южный Урал) велось авторами с практической целью – для оценки возможности использования жильного кварца для получения высококачественного кварцевого стекла, для чего которого требуется природный особо чистый кварц.

По мере накопления результатов исследования различных типов кварца появилась возможность их применения для расшифровки генезиса кварцевых жильных образований. Это чрезвычайно важно, поскольку природная чистота жильного кварца является следствием генезиса кварцевых жил и может быть использована в качестве критерия прогнозирования и оценки объектов как рудного, так и нерудного минерального сырья.



Таблица 1

Генетическая типизация жильного кварца Уфалейского кварценосного района

Тип кварца по структурным особенностям	Геологические тела	Генетический тип	Родоначальный магматический комплекс	Формационный тип	Геодинамические циклы и обстановки	Эталонные кварцевые жилы
Светло-серый, мелко-среднезернистый (1–3 мм)	Маломощные согласные прожилки	Метаморфической дифференциации	–	Метаморфогенные, первичнозернистые	Метаморфизм карельского мегацикла (1,8–1,7 млрд лет)	–
Серый, полупрозрачный, средне-крупнозернистый (2–10 мм)	Субсогласные тела мощностью до 1 м	Слюдяногорский	Чусовской комплекс субщелочных гранитоидов, «гигантомигматиты»	Метаморфогенный, вторичнозернистый, перекристаллизованный	Рифтогенез рифейского мегацикла (1,35–1,0 млрд лет)	170
Молочно-белый мелкозернистый (1–2 мм)	Крупные тела в шовных рифтогенных зонах	Уфалейский	Битимский комплекс субщелочных гранитоидов, альбититы, карбонатиты	Гидротермально-метасоматический, первичнозернистый	Байкальский (кадомский) коллизионный ороген (620–525 млн лет)	175
Серый, тонкозернистый льдистоподобный	Крупные тела в шовных зонах	Егустинский	Козлогорский комплекс субщелочных гранитоидов-сиенитов, нельсониты	Гидротермально-метасоматический, первичнозернистый	Раннепалеозойская ТМА шовных зон (500–400 млн лет)	П-3, П-21
Молочно-белый, полупрозрачный, крупно-гигантозернистый	Плитообразные тела разной мощности и протяженности	Пугачевский	Нижнеуфалейский комплекс гранитоидов	Гидротермальный, первичнозернистый	Ранняя коллизия палеозойского цикла (360–320 млн лет)	П-3, П-21
Светло-серый, полупрозрачный, гранулированный среднезернистый (до 3–5 мм)	Будинообразные тела разной мощности и протяженности	Кыштымский	Кизильский комплекс микроклиновых гранитов	Метаморфогенный, вторичнозернистый, гранулированный	Поздняя коллизия палеозойского цикла (310–240 млн лет)	101
Бесцветный или стекловидный, гигантозернистый	Плитообразные тела разной мощности и протяженности	Щербаковский	То же	Гидротермальный, первичнозернистый, гигантозернистый	Поздняя коллизия палеозойского цикла (310–240 млн лет)	Щербаковская, жила № 3 и др.

Наши исследования [5, 9, 10, 12] подтвердили наличие разновидностей кварца, имеющих различие в текстурно-структурных особенностях и позволили найти этому генетические объяснения. Нами выделены следующие генетические типы жильного кварца (табл. 1): *метаморфической дифференциации, слюдяногорского, уфалейского, егустинского, пугачевского, кыштымского и щербаковского*.

Распределение выделенных генетических типов кварца в пределах Уфалейского метаморфического комплекса имеет определенные структурные и петрологические закономерности (рис. 1).

Прожилки метаморфической дифференциации являются результатом процессов регионального метаморфизма от гранулитовой до амфиболитовой фации, который зафиксирован в уфалейском мета-

морфическом комплексе в докембрии, в карельскую эпоху тектономагматической активизации.

Слюдяногорский генетический тип жильного кварца – результат собирательной перекристаллизации с укрупнением зерна ранних прожилков метаморфической дифференциации, располагающихся в долгоживущей Слюдяногорской шовной зоне, заложеной в конце среднего рифея в результате процессов рифтогенеза (гренвильская эпоха складчатости – 1000±50 млн лет). Вследствие собирательной перекристаллизации в условиях высокотемпературной амфиболитовой фации в зонах ультраметаморфизма при температурах 650–800 °С и относительно высоком давлении (6–10 кбар) образуется кварц гетеробластового, средне-крупнозернистого строения, который претерпел высокотемпературный от-

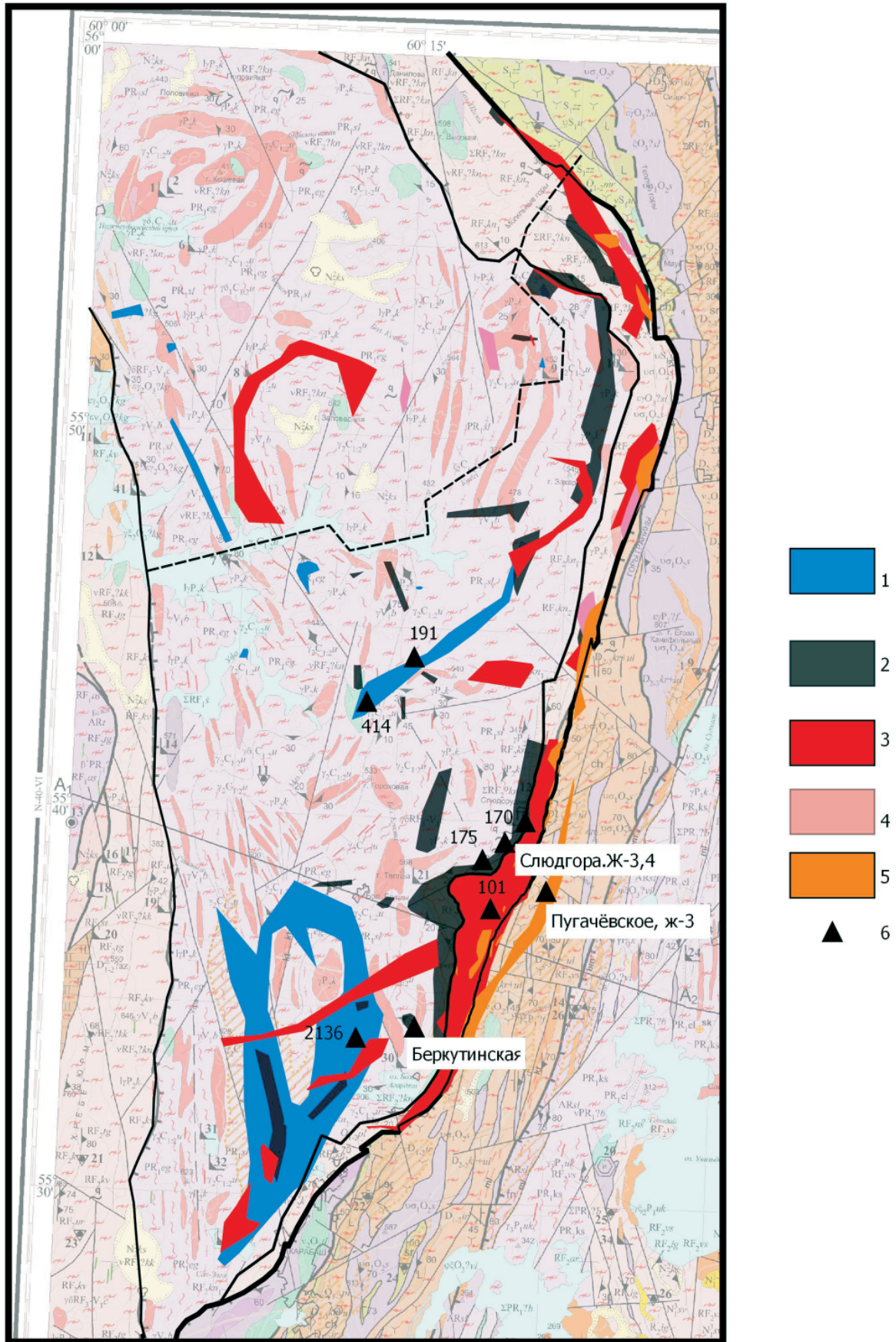


Рис. 1. Распределение генотипов жильного кварца в пределах Уфалейского кварценозного района по материалам кварцевметрической съемки. Геологическая основа – фрагмент геологической карты N-41-1 [2] Типы кварца: 1 – тонкозернистый егустинский, 2 – мелкозернистый уфалейский, 3 – гранулированный кыштымский, 4 – гетерогранобластовый, перекристаллизованный слюдяногорский, 5 – шестоватый кварц жил выполнения щербаковский и пугачевский; 6 – эталонные кварцевые жилы, их номера и названия

жиг (α - β переход) и образование трещин «сотового» кварца (рис. 2). Следовательно, данный тип кварца характеризуется высокой степенью прозрачности ($T > 80\%$), низкими значениями потерь при прокаливании (ППП) ($< 1\%$) и одновременно – достаточно высокими содержаниями макро- и микропримесей, в том числе структурных элементов-примесей ($Al > 50\text{--}100\text{ ppm}$). Это привело к отсутствию заинтересованности промышленности в данном типе кварца.

Кварцево-жильные образования, сложенные метасоматическим мелкозернистым жильным кварцем **уфалейского генетического типа**, приурочены к Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоне и их метасоматический генезис связан с альбититами и ураноносными карбонатитами докембрийского возраста (байкальская эпоха складчатости). Наиболее характерной генетической особенностью данной разновидности кварца является полигенный характер его образования, фиксируемый по неоднородному строению агрегата, сформированного под влиянием нескольких последующих этапов геологического развития Уфалейского метаморфического комплекса (венд-палеозойского

возраста). Для описываемого типа вторично-зернистого кварца нельзя применять термин «гранулированный кварц», так как механизм образования зерен первоначально метасоматический (гранобластовая структура) с последующим метаморфогенным преобразованием. Следует называть его структуру гетерогранобластовой. Высокобарические ($P = 6\text{--}9\text{ кбар}$) и высокотемпературные ($T = 550\text{--}650\text{ }^\circ\text{C}$) условия образования (см. рис. 2) обусловили высокую степень прозрачности кварца ($50\text{--}75\%$), низкие значения потерь при прокаливании ($0,007\%$) и относительно невысокое содержание микропримесей ($Al_{cp} = 56\text{ ppm}$).

Микро-, тонкозернистый кварц егустинского генетического типа относится к относительно высокотемпературному ($T = 500\text{--}650\text{ }^\circ\text{C}$) метасоматическому кварцу (см. рис. 2), который развивается только в разновидностях кварца слюдяногорского и уфалейского типов в условиях высокого давления ($P > 6\text{ кбар}$). Жилы с микро-тонкозернистым кварцем развиты в центральных частях Уфалейского метаморфического комплекса. Этот тип кварца генетически связан с развитием поздних редкометалльных

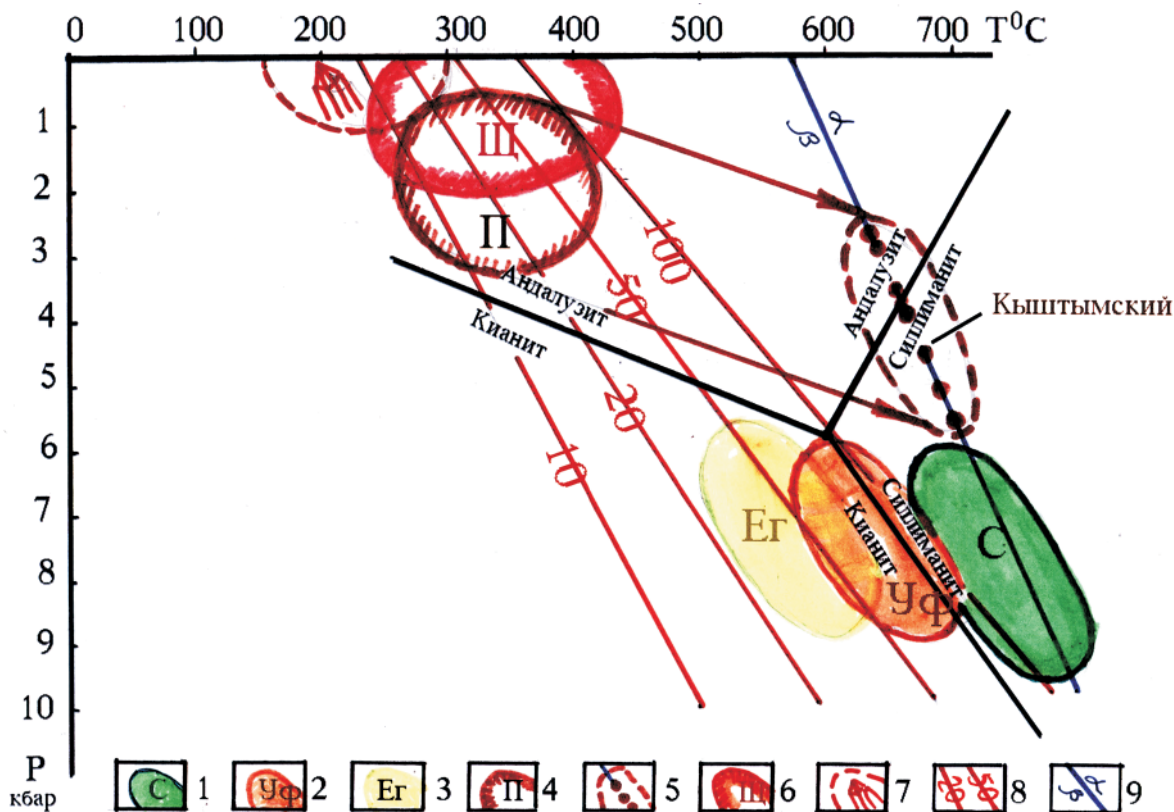


Рис. 2. P-T-условия формирования природных кварц-жильных образований различного генезиса. Диаграмма составлена с использованием материалов [7, 12, 17]

Поля развития: 1 – метаморфогенных кварцевых жил перекристаллизации (слюдяногорский тип), 2 – гидротермально-метасоматических кварцевых жил (уфалейский тип), 3 – гидротермально-метасоматических кварцевых жил (егустинский тип), 4 – жил выполнения раннеколлизийного этапа (пугачевский тип), 5 – метаморфогенного, вторично-зернистого, гранулированного кварца (кыштымский тип), показаны точки измеренных температур газово-жидких включений в гранулированном кварце [17], 6 – стекловидного кварца позднеколлизийного этапа (щербакровский тип), 7 – хрусталеносных гнезд; 8 – изолинии предельного насыщения кварца структурным алюминием (ppm); 9 – граница перехода α - β модификаций кварца



и редкоземельных карбонатитовых метасоматитов с апатитом – так называемых нельсонитов. Высокая фтористость растворов привела к очищению зерен кварца от включений и к образованию особо чистого кварца, сделала его «льдиноподобным». Светопропускание в этом кварце 68–92 %, он характеризуется более низким содержанием структурной примеси алюминия (15–35 ppm).

Слюдяногорский, уфалейский и егустинский генетические типы жильного кварца были образованы в докембрии в гнейсово-амфиболитовой толще в абиссальных, низкоградиентных условиях на глубинах более 20 км, что обусловило высокобарические и высокотемпературные условия его образования и преобразования (см. рис. 2).

Крупнозернистый молочно-белый кварц жил выполнения пугачевского генетического типа – это массивная разновидность кварца от крупной до гигантозернистой структуры, зерна которого содержат большое количество преимущественно первичных мелких и мельчайших газожидких включений, что определяет его низкое светопопускание ($T = 15\text{--}30\%$). Образование кварца жил выполнения связано с сдвиго-взбросовыми подвижками во время ранней коллизии (360–320 млн лет) вдоль регионального Главного уральского глубинного разлома (ГУГР) и образования кулисообразных жил вмещающих трещин отрыва (см. рис. 1). Жилы образуются в приповерхностных условиях, давление не превышает 3 кбар, температуры – 250–400 °С (см. рис. 2). Несмотря на низкий показатель светопопускания относительно низкие температуры растворов обуславливают низкие средние содержания структурного алюминия ($Al = 20,1\text{ ppm}$).

Практическое отсутствие кварцевых жил, сложенных крупнозернистым молочно-белым кварцем на Кыштымском месторождении подтверждает происхождение «гранулированного» кварца **кыштымского генетического типа** по кварцевым телам выполнения молочно-белого кварца пугачевского типа [4, 7, 10, 12]. Только к жильному кварцу, слагающему тела кыштымского типа, применим термин «гранулированный». Кварц этого типа является продуктом рекристаллизации деформированного первично-гигантозернистого кварца жил выполнения палеозойской ранней стадии коллизии. Это происходит под воздействием процессов высокотемпературного дислокационного метаморфизма в зоне активного воздействия ГУГРа уровня амфиболитовой фации ($T = 610\text{--}700\text{ °C}$, $P = 2\text{--}5\text{ кбар}$), связанного с этапом поздней коллизии (310–240 млн лет). Основными процессами, приводящими к образованию кварца кыштымского типа, являются деформация и рекристаллизация крупно- и гигантозернистого кварца жил выполнения. Рекристаллизация – образование за счет крупных индивидов более мелких, т. е. при этом осуществляется грануляция индивидов. Грануляция кварца обусловлена наличием градиента температуры, избыточного тектонического напряжения

и инициирована его полиморфным $\alpha\text{-}\beta$ превращением с образованием полигональной системы усачных трещин, аналогичной «сотовому» кварцу камерных пегматитов [7, 10, 11]. Этим и обусловлена равномерностерность гранулированного кварца. Высокая чистота «гранулированного» кварца обусловлена первичной чистотой кварцевых жил выполнения пугачевского типа (см. рис. 2) и удалением механических примесей при грануляции кварцевых зерен в межзерновое пространство. Содержание валового алюминия 30–40 ppm, а структурной примеси алюминия в кристаллической решетке кварца – 10–20 ppm.

Стекловидный гигантозернистый жильный кварц щербаковского генетического типа представляет собой совокупность разделенных индукционными поверхностями индивидов до 10 см и более по наибольшему сечению. Изучение морфологии, характера сростания и положения в жильном кварце этих индивидов позволяет утверждать, что агрегат сформировался в результате зернистого и друзового роста в открытых полостях, а данный тип жильного кварца является первично прозрачным или слабо замутненным первичными газожидкими включениями. Формирование кварцевых жил щербаковского типа вызвано гидротермальными процессами палеозойской поздней коллизии (310–240 млн лет). Они относятся к наиболее молодым образованиям и нередко приурочены к зонам локализации жил гранулированного кварца, а в ряде жил секут их. Термодинамические условия образования (см. рис. 2) этих жил определяют достаточно высокое предельное количество структурного алюминия (20–30 ppm), причем преобладает алюминий с Na-Li компенсатором. ИК-спектры стекловидного кварца имеют много общих характеристических особенностей с ИК-спектрами горного хрусталя, что обусловлено близкими термодинамическими условиями их образования (см. рис. 2).

Физико-химические факторы, определяющие технологические свойства кварца

Кварц – основной минерал кварцево-жильных образований, которые являются объектами добычи рудных и нерудных полезных ископаемых. Обычные парагенезисы минералов золота, вольфрама, многих сульфидов с кварцем не случайны и определяются особыми свойствами кремнезема, являющегося главной средой, в которой переносятся рудные компоненты и с которой они кристаллизуются в кварцевых жилах. В связи с этим детальное исследование кварца по разным направлениям имеет большой практический интерес.

За восьмидесятилетний период детального изучения различных разновидностей кварца уральских месторождений исследователями проведены полевые и лабораторные наблюдения с широким использованием современных методов исследования минералов, что позволило определить ос-

новые параметры, влияющие на качество особо чистого кварца – сырьевого источника для высококачественных кварцевых концентратов.

1. Содержание *структурных примесей* в кварце объективно отражает особенности его генезиса и может быть использовано в качестве критерия прогнозирования и оценки объектов, в особенности на ранних стадиях геолого-разведочных работ. Для этой цели используются высокоточные методы ЭПР- и ИК-спектроскопии, с помощью которых можно устанавливать содержание основной структурной примеси (алюминия), достигающее 80 % от всей суммы примесей.

Концентрация структурно связанного алюминия в кварце снижается с падением температуры и повышением давления в минералообразующей системе (рис. 3). Это определяется относительным положением кварцево-жильного поля относительно удаленности от кровли гранитных массивов, поверхности высокометаморфизованного гнейсового блока или шовных зон региональных разломов [8, 15, 16].

2. Анализ *химического состава элементов-примесей* жильного кварца и кристаллов горного хрусталя Уральских месторождений (рис. 4) показал, что процессы хрусталеобразования усиливают прозрачность кварца (Т%), но в то же время в них увеличивается количество структурных примесей лития и германия.

Количество алюминия несколько снижается по сравнению с жильным кварцем, что свидетельствует о более низких температурах при хрусталеобразовании. Другие элементы-примеси, связанные с минеральными и газовой-жидкими включениями, испытывают устойчивую тенденцию к снижению при перекристаллизации и новообразовании кварцевых жил, а процессы их грануляции приводят к значительному снижению примесей в кварце. Установлено, что наиболее чистым от структурных примесей является стекловидный и гранулированный кварц высокобарических зон Новотроицкого, Уфалейского и Пугачевского генетических типов, используемых для получения особо чистого прозрачного стекла [5, 7, 12, 15].

3. Важнейшими *физико-химическими факторами*, определяющими генетический тип месторождений и технологические свойства кварца, являются температура и давление минералообразующего процесса, которые находятся в относительном соответствии с температурой и давлением метаморфизма жильовмещающих пород. Повышение температуры кристаллизации способствует вхождению алюминия и щелочей, как основных загрязняющих элементов-примесей, в решетку кварца, а рост давления, наоборот, препятствует этому. Эффект влияния температуры кристаллизации на концентрацию структурных примесей в кварце на порядок превышает эффект влияния давления [8, 12].

Содержание изоморфных примесей в кварце методом ЭПР определялось на основе измерения концентраций связанных с ними парамагнитных

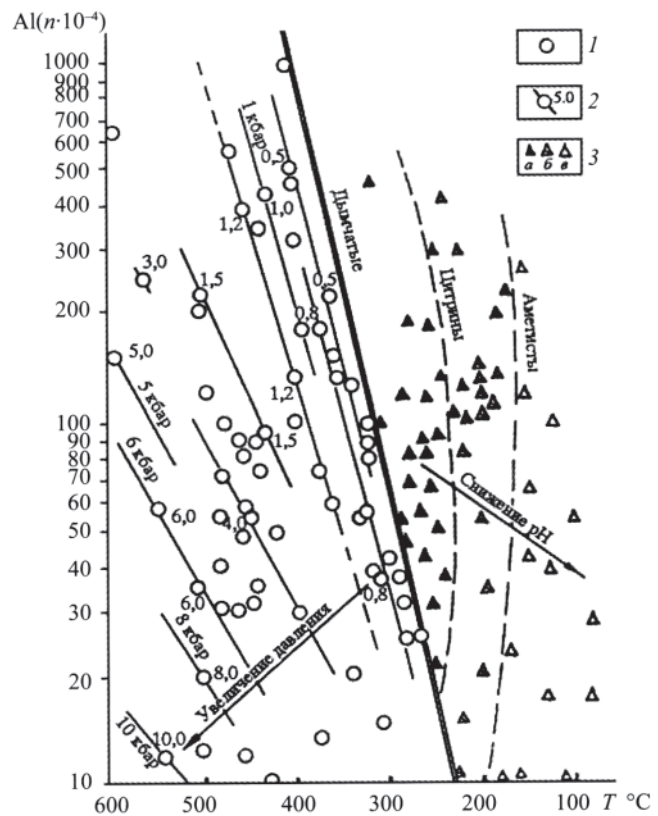


Рис. 3. Зависимость структурной примеси алюминия от P-T-pH параметров образования жильного кварца и кристаллов горного хрусталя [8, 15]

1 – жильный кварц; 2 – давление (кбар), при котором образовались кварцевые жилы; 3 – кристаллы горного хрусталя: дымчатые (а), цитрины (б), аметисты и бесцветные разновидности (в)

центров. Значения концентрации структурной примеси Al, компенсируемого щелочными ионами, для исследованных образцов приведены в табл. 2 [13].

Чаще кварц жил выполнения позднеколлизийного этапа, представленный прозрачным и полупрозрачным крупно- и гигантозернистым агрегатом, отличается повышенным содержанием Al^{3+} (Na, Li) – до $(18-54) \cdot 10^{-4}$ мас. %. Таким кварцем сложены жилы Щербаковская и № 3 Кыштымского месторождения.

Первично-зернистый кварц слагает жилы выполнения, которые на Урале сформировались во время ранней и поздней коллизии. Этот кварц в зависимости от условий образования может быть молочно-белым крупно-гигантозернистым и стекловидным крупно-гигантозернистым. Внешне различить эти два вида кварца не представляет никакой проблемы, но разделение их по визуальным наблюдениям на ранне- или позднеколлизийные образования весьма сложно. В решении этой задачи должны помочь точные методы исследования жильного кварца.

При внимательном рассмотрении спектров ЭПР вторично-зернистого кварца, к категории которого относятся все типы гранулированного кварца, можно сделать некоторые генетические и практи-

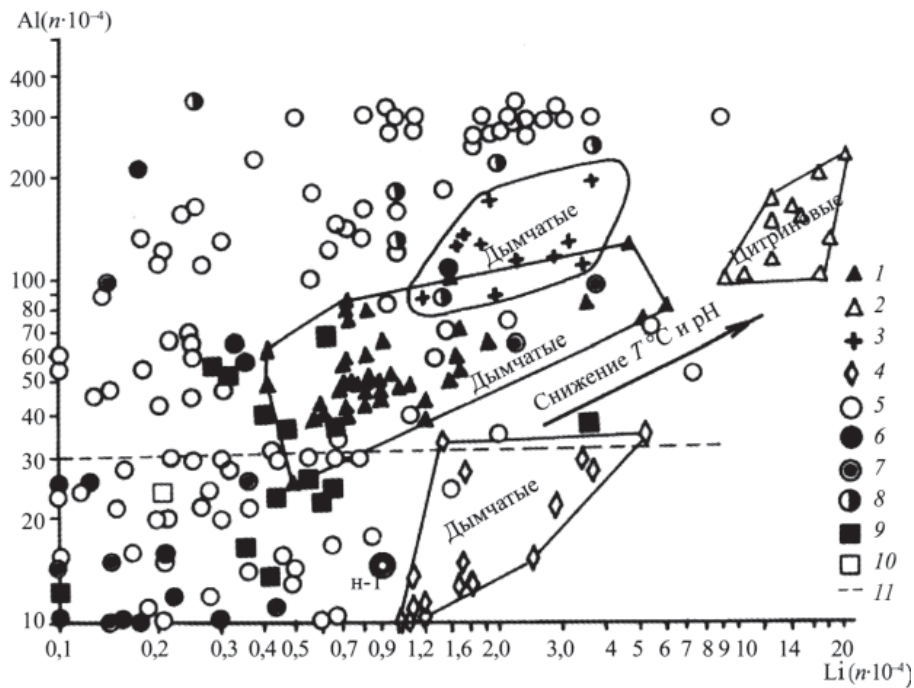


Рис. 4. Соотношение содержаний алюминия ($n \cdot 10^{-4} \%$) и лития ($n \cdot 10^{-4} \%$) в кварце золоторудных, шеелитоносных и хрусталеносных кварцево-жильных месторождений [8]

1–4 – кристаллы хрусталеносных месторождений: Приполярного (1 – дымчатые, 2 – цитриновые) и Южного Урала (3, 4 – дымчатые: 3 – Астафьевского, 4 – Светлинского); 5–8 – жильный кварц различных месторождений: Айдырлинского золоторудного (5), Березовского и Великопетровского золоторудных шеелитоносных (6), Кумакского золоторудного (7), Кочкарского золоторудного (8); 9 – гранулированный кварц Кыштымского месторождения; 10 – стекловидный кварц Пугачевского месторождения; 11 – уровень содержания структурного алюминия в особо чистом кварце; н-т – особо чистый кварц Новотроицкого месторождения

ческие выводы. Содержание примесей $Al^{3+}(Na, Li)$ в кварце жилы 170 Кыштымского месторождения по сравнению с содержанием примесей в других типах гранулированного кварца повышенное и достигает $13,7 \cdot 10^{-4}$ мас. % (см. табл. 2). Это наследственное от вмещающих пород, поскольку жила 170 слюдяногорского типа образовалась в результате перекристаллизации с укрупнением зерен кварца во вмещающих породах под действием метаморфизма ранней и поздней коллизий.

Жилы гранулированного кварца кыштымского типа характеризуются низким содержанием $Al^{3+}(Na, Li)$ – от 0 до $2,8 \cdot 10^{-4}$ мас. %. Этот тип кварца образовался в результате рекристаллизации гигантозернистого кварца жил выполнения ранней коллизии при высокотемпературном метаморфизме в этап поздней коллизии.

Ранее считалось, что кварцевые жилы золоторудных и редкометалльных месторождений не пригодны для стекловарения. Наши исследования показали, что кварц этих месторождений ничем не отличается от так называемых «безрудных» кварцевых жил.

Размещение кварцево-жильных образований в Уфалейском метаморфическом комплексе

Кварцево-жильные образования Кыштымского кварценосного района являются результатом

длительных и сложных процессов формирования Уфалейского гнейсово-амфиболитового комплекса. Кварцевые тела в значительной степени претерпели преобразования под воздействием более поздних метаморфических, метасоматических и гидротермальных процессов, что привело к существенному усложнению первоначального строения жильного кварца, слагающего кварцевые тела.

В пределах уфалейского метаморфического комплекса кварцевые жилы расположены в разных тектономагматических зонах, являющихся составной частью очень сложных по строению и генетической природе геологических структур – шовных. Все исследованные кварцевые объекты группируются нами в пределах однотипных, часто пространственно разобщенных, тектонометасоматических, структурно-формационных зонах зон (рис. 5).

Серебрянская структурно-формационная зона (Кузнечихинское месторождение) – I. Кварцевые жилы, отнесенные к этому типу разреза, локализованы в центральной части уфалейского метаморфического комплекса (см. рис. 5) и пространственно приурочены к зоне оперения Серебрянского сдвиговзброса, по которой проходит граница егустинской и слюдяногорской подсвит уфалейской свиты нижнепротерозойского возраста [6]. Доминирующую роль здесь играют гнейсовидные плагиоклазовые



Таблица 2

Основные параметры ИК-спектров жильного кварца различных генетических типов из месторождений Уфалейского кварцевоносного района [13], с изменениями авторов

Генетический тип	№ жилы	ID	Кол-во проб	Площадь полосы поглощения, см ²							
				3375 см ⁻¹ ОН-(Al)		3440 см ⁻¹ ОН-(Al-Na)		3475 см ⁻¹ ОН-(Al-Li)		3640–3680 см ⁻¹ HF	
				X _{ср}	σ	X _{ср}	σ	X _{ср}	σ	X _{ср}	σ
Егустинский	191	1	19	9	2,2	–	–	–	–	13,1	6,6
	192	2	10	7,9	3	–	–	–	–	12,1	2,4
	194	3	4	10,6	1,5	–	–	–	–	11,1	3,3
Уфалейский	175	4	20	7,2	1,3	–	–	–	–	8,5	1,1
	179	5	5	7,2	1,7	–	–	–	–	15,2	5,6
	185	6	7	10	2,5	–	–	–	–	23,1	10,2
	4	7	5	18,2	8,6	–	–	–	–	5,2	2,1
	3	8	5	36,4	21	4,9	1,2	5,2	0,9	7,1	3,3
Слюдяногорский	170	9	3	15,2	1,6	2,2	1,3	0,5	0,07	0	–
Щербакровский	3	10	15	25,7	6,2	4,4	2,1	0,9	0,3	0	–
	Щер.	11	5	22,5	2,4	2,8	1,6	0,9	0,2	0	–
Кыштымский	101	12	13	15,3	3	0,6	0,2	–	–	0	–
	21	13	8	19,1	2,3	2,3	0,8	0,3	0,05	0	–
	10	14	4	14,2	2,1	–	–	–	–	0	–
	35	15	3	14,7	1,7	–	–	–	–	0	–
	204	16	2	12,1	2,1	–	–	–	–	0	–
Пугачевка	88	17	10	16,2	2,9	–	–	–	–	0	–

амфиболиты и их метаморфические производные, подчиненную – слюдяные гнейсы, гранитогнейсы и обычно интенсивно гранитизированные слюдяно-кварцевые сланцы и серые грубосланцевые кварциты. Характерная особенность кварцево-жильной минерализации – ее локализация в интенсивно дислоцированных и мигматизированных породах.

Жильный кварц в большей своей части имеет метасоматическую природу и характерную для данной структурно-формационной зоны тонкозернистую структуру, массивную текстуру и относится к егустинскому геолого-промышленному типу [5, 10, 12].

Слюдяногорско-Теплогорская структурно-формационная зона – II. Кварцевые жилы, отнесенные к этой структуре, локализованы в верхах уфалейской свиты в пределах зоны интенсивной мигматизации, выраженной в частом переслаивании амфиболовых гнейсов и гранитогнейсов. Эта зона ограничена с востока Слюдяногорским тектоническим нарушением (см. рис. 5). Впервые на интенсивное рассланцевание в пределах этой субмеридиональной зоны обратил внимание П. П. Скабичевский [14]. К этой же зоне приурочены кварцевые тела в мусковитовых пегматитах Слюдяногорского месторождения, которые длительное время принимались за кварцевые ядра пегматитов.

Метасоматический кварц в данной части разреза характеризуется мелкозернистой равномернозернистой массивной текстурой и относится к «уфалейскому» геолого-промышленному типу [5, 7, 9, 12].

Слюдяногорская шовная зона – III и Кыштымское месторождение гранулированного кварца – IV. Разрез этих структурно-формационных зон представлен отложениями куртинской свиты среднего рифея (см. рис. 5). Эта зона ограничивается с запада Слюдяногорским тектоническим швом между докембрийскими породами уфалейской и рифейскими породами куртинской свит, и представляет собой мощную зону смятия и дислокационного метаморфизма, образовавшуюся в условиях высокобарического метаморфизма. Эта зона меланжа имеет мощность от 200 до 500 м и характеризуется интенсивным развитием пластических и хрупких деформаций, процессов перекристаллизации, бластеза и проявлением высокобарического метаморфизма и метасоматоза. Жилы структурно-формационной зоны III располагаются в западной части куртинской свиты, наиболее близкой к Слюдяногорскому тектоническому шву. Данные объекты представляют собой жилы метаморфической дифференциации и перекристаллизации, сложенные зернистым кварцем средне-крупнозернистым кварцем слюдяногорского типа. Часть жил представлена палеозойскими жилами выполнения, сложенными молочно-белым кварцем шестоватой структуры с образованием больших участков прозрачного кварца с характерным струйчатым изломом и муаровым отливом.

Жилы Кыштымского месторождения гранулированного кварца – IV располагаются в центральной и западной частях куртинской свиты

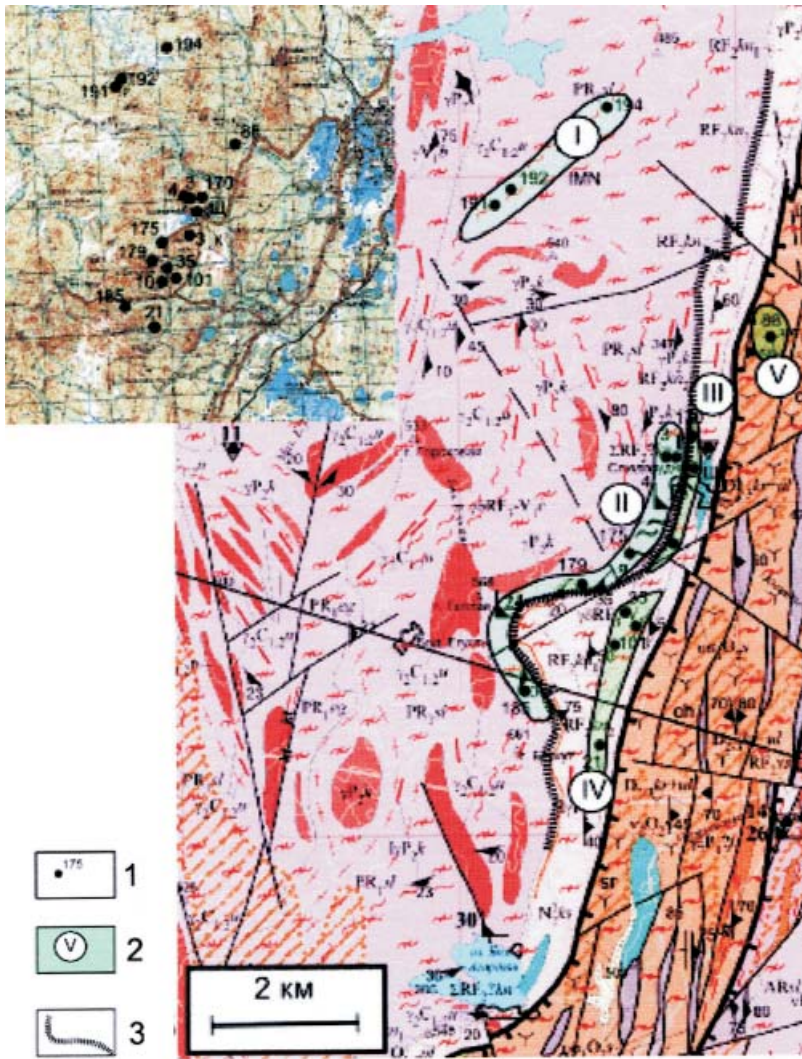


Рис. 5. Схема размещения кварцевых жил, изученных методом ИК-спектроскопии в пределах юго-восточной части Уфалейского метаморфического комплекса (геологическая основа – фрагмент геологической карты N-41–1 [2])

1 – кварцевые жилы и их номера; 2 – структурно-формационные зоны и их номера (названия см. в тексте); 3 – фрагмент западного борта верхне-протерозойского рифта, Слюдяногорско-Теплогорская шовная зона

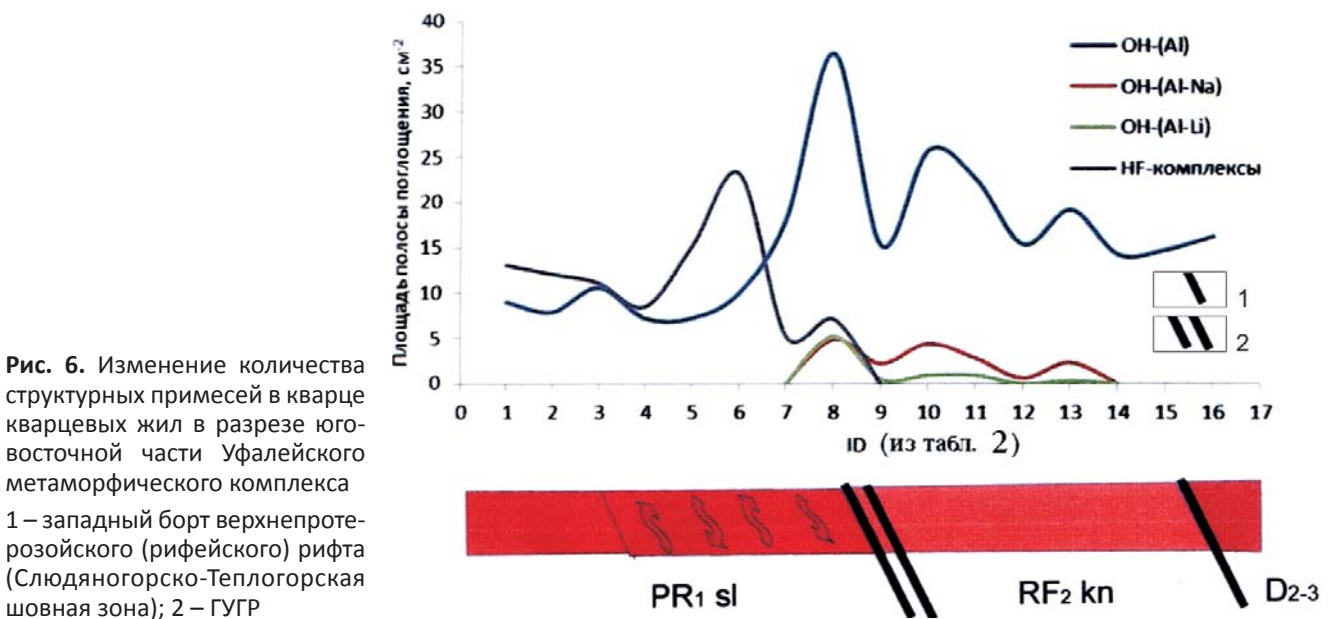


Рис. 6. Изменение количества структурных примесей в кварце кварцевых жил в разрезе юго-восточной части Уфалейского метаморфического комплекса 1 – западный борт верхнепротерозойского (рифейского) рифта (Слюдяногорско-Теплогорская шовная зона); 2 – ГУГР

и сложены однородным среднезернистым гранулированным кварцем. Катакlastические и гранобластовые структуры кварца кыштымского типа образуются по жилам выполнения молочно-белого и стекловидного кварца путем рекристаллизации в высокобарических и высокотемпературных усло-

виях и традиционно относятся к «кыштымскому» типу [3, 4, 6].

Структурно-формационная зона ГУГРа (Пугачевское месторождение молочно-белого кварца) – V. Кварцевые жилы этой зоны составляют основную часть Пугачевского месторождения мо-



лочно-белого и прозрачного жильного кварца, приурочены к локальной зоне скалывания и находятся в генетической связи с ГУГРом [1, 12].

Выделение структурно-формационных зон (пространственных сгущений кварцевых жил) как элементов геологического разреза позволяет создать геологический разрез юго-восточной части Уфалейского метаморфического комплекса, на фоне которого представлены результаты ИК-спектроскопии жильного кварца (рис. 6). Максимумы примесных микроэлементов, образующих дефекты типа $\text{OH}-(\text{Al})$, $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Na})$ и $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Li})$ в кристаллической решетке кварца показывают, что внедрение этих дефектов в кварц кварцевых жил происходило в зоне Слюдяногорского тектонического шва (см. рис. 6).

Максимумы $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Na})$ - и $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Li})$ -дефектов связаны с проявлением редкометалльных элементов и связаны с щелочными процессами в пегматитах Слюдяногорского месторождения и развитием карбонатитов вдоль Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоны. ореол этих дефектов охватывает кварцевые жилы западной и центральной частей разреза куртинской свиты и сходит на нет в восточной части. Микроэлементный состав включений позволяет сделать вывод о том, что данные дефекты были внедрены в кристаллическую решетку кварца в процессе метасоматоза щелочной стадии с проявлением альбитизации, их индикаторами являются $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Na})$ и $\text{OH}-(\text{Al}-\text{Li})$ -дефекты.

Примесные HF-комплексы фиксируются в кварце кварцевых жил, локализованных в уфалейской свите, и не переходят в ореол, сопряженный с куртинской. Фторотипный характер дефектов (HF-комплексы) в кварце кварцевых жил в пределах уфалейской свиты связан с воздействием на кварцевые жилы кислых фторидных растворов, пространственно совмещенных с кварц-локализирующими структурами [5].

Таким образом, кварцевые жилы, трассирующие Слюдяногорский тектонический шов, находятся в зоне длительного воздействия и теплофлюидопроводников с широко проявленными процессами дислокационного метаморфизма, магматизма и сопровождающего их метасоматоза. Здесь происходит формирование фильтрующей колонны со сложным по физической природе режимом стягивания рассеянных газов и жидкостей в более или менее концентрированный поток «стволовой зоны» [11], действия которого приводят к внедрению в кристаллическую решетку кварца структурных микропримесей определенной геохимической направленности.

В заключении подчеркнем, что исследование кварца различных генетических типов показало, что любой кварц с учетом содержания в нем элементов-примесей имеет свою нишу применения в той или иной отрасли хозяйствования. Требованиям к особому чистому кварцу среди кварцево-жильных образований Уфалейского кварценозного района в большей

степени отвечают гранулированный кварц кыштымского типа, метасоматический кварц егустинского и уфалейского типов, бесцветный стекловидный кварц щербачковского типа.

Работа выполнена при поддержке темы НИР ФАНО № 0393–2018–0031, руководитель д. г.-м. н. А. Ю. Кисин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Агеев Б. И., Бурьян Ю. И., Захарченко И. И.** Геолого-структурное положение Пугачевского месторождения стекловидного кварца // Геология метаморфических комплексов. – Свердловск: СГИ, 1985. – С. 99–106.
2. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Южно-Уральская, лист N-41-I (Кыштым) / Н. С. Кузнецов, Б. А. Пужаков, В. Д. Шох и др. – Челябинск, 2008. – 320 с.
3. **Емлин Э. Ф., Синкевич Г. А., Якшин В. И.** Жильный кварц Урала в науке и технике. – Свердловск, 1988. – 272 с.
4. **Жильный** кварц восточного склона Урала / Г. Н. Вертушков, Ф. Ф. Борисков, Э. Ф. Емлин и др. // Тр. СГИ. – 1970. – Т. 2, вып. 66. – С. 82–99.
5. **Золоторудная**, редкометалльная и хрусталоносная минерализация месторождений Урала кварцево-жильного типа / В. Н. Огородников, В. А. Коротеев, Ю. А. Поленов и др. – Екатеринбург: УрО РАН-УГГУ, 2014. 312 с.
6. **Кейльман Г. А.** Мигматитовые комплексы подвижных поясов. – М.: Недра, 1974. – 200 с.
7. **Мельников Е. П.** Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. – М.: Недра, 1988. – 216 с.
8. **Огородников В. Н.** Закономерности размещения и условия образования кварцево-жильных хрусталоносных и золоторудных месторождений Урала: автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Свердловск, 1993. – 28 с.
9. **Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А.** Минерагения шовных зон Урала. Уфалейский гнейсово-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН-УГГУ, 2007. – 187 с.
10. **Поленов Ю. А.** Эндогенные кварцево-жильные образования Урала. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 269 с.
11. **Поспелов Г. Л.** Геологические предпосылки к физике рудоконтролирующих флюидопроводников // Геология и геофизика. – 1963. – № 3. – С. 18–38; № 4. – С. 24–41.
12. **Савичев А. Н.** Уфалейский кварцево-жильный район (закономерности размещения кварца различных генетических типов, минералого-технологическое картирование и прогноз): автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – 24 с.
13. **Серкова Л. Е.** Типоморфные особенности жильного безрудного кварца: автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Свердловск, 1990. – 20 с.



14. Скабичевский П. П. О Нижнеуфалейском гранитном массиве // Сов. геология. – 1940. – № 10. – С. 106–108.

15. Страшненко Г. И. Геохимические особенности распределения элементов примесей в кварце // Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 312, № 6. – С. 1450–1453.

16. Страшненко Г. И., Мельников Е. П. Метаморфогенные месторождения химически чистого жильного кварца // Разведка и охрана недр. – 1989. – № 6. – С. 2–12.

17. Юсупов С. Ш., Мельников Е. П., Фаттахудинов С. Г. РТ-условия грануляции жильного кварца Урала. – Уфа: Баш ФАН СССР, 1979. – 48 с.

REFERENCES

1. Ageev B.I., Buryan Yu.I., Zakharchenko I.I. [Geological-structural position of the Pugachevskoye deposit of vitreous quartz]. *Trudy SGI "Geologiya metamorficheskikh kompleksov"* [Geology of metamorphic complexes. Proc. of SMI]. Sverdlovsk, SGI Publ., 1985, pp. 99–106. (In Russ.).

2. Kuznetsov N.S., Puzhakov B.A., Shokh V.D., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoi Federatsii masshtaba 1:200 000. Ser. Yuzhno-Ural'skaya, list N-41-I (Kyshtym)* [State geological map of the Russian Federation, scale 1:200.000, Ser. Yuzhno-Uralskaya, sheet no. N-41-I (Kyshtym)]. Chelyabinsk, 2008. 320 p. (In Russ.).

3. Emlin E.F., Sinkevich G.A., Yakshin V.I. *Zhil'nyi kvarts Urala v nauke i tekhnike* [Vein quartz in science and technology]. Sverdlovsk, 1988. 272 p. (In Russ.).

4. Vertushkov G.N., Boriskov F.F., Emlin E.F., Sinkevich G.A., Sokolov Yu.A., Sustavov O.A., Yakshin V.I. [Vein quartz of the eastern Urals slope]. *Trudy SGI* [Proc. of SMI]. Sverdlovsk, 1970, vol. 2, issue 66, pp. 82–89. (In Russ.).

5. Ogorodnikov V.N., Koroteev V.A., Polenov Yu.A., Babenko V.V., Savichev A.N. *Zolotorudnaya, redkometall'naya i khrustalenyaya mineralizatsiya mestorozhdeniy Urala kvartsevo-zhil'nogo tipa*. [Gold ore, rare-earth and crystal-bearing mineralization of quartz-vein type deposits of the Urals.] Ekaterinburg, UrO RAS-UGGU Publ., 2014. 312 p. (In Russ.).

6. Kel'man G.A. *Migmatitovye komplekсы podvizhnykh pojasov* [Migmatic complexes of mobile belts]. Moscow, Nedra Publ., 1974. 200 p. (In Russ.).

7. Melnikov E.P. *Geologiya, genesis i promyshlennyye tipy mestorozhdeniy kvartsa* [Geology, genesis and industrial types of quartz deposits]. Moscow, Nedra Publ., 1988. 216 p. (In Russ.).

8. Ogorodnikov V.N. *Zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya obrazovaniya kvartsevo-zhil'nykh khrustalenykh i zolotorudnykh mestorozhdeniy Urala*. [Regularities of allocation and formation conditions of quartz-vein crystalline and gold ore fields of the Urals. Author's abstract of DSc thesis]. Sverdlovsk, 1993. 28 p. (In Russ.).

9. Ogorodnikov V.N., Sazonov V.N., Polenov Yu.A. *Minerageniya shovnykh zon Urala. Ufaleyskiy gneysovo-amfibolitovyy kompleks (Yuzhnyy Ural)* [Minerageny of sature zones of the Urals. The Ufaley gneiss-amphibolite complex (the Southern Urals)]. Ekaterinburg, IGG UrO RAS-UGGU Publ., 2007. 187 p. (In Russ.).

10. Polenov Yu.A. *Endogennyye kvartsevo-zhil'nye obrazovaniya Urala* [Endogenous quartz-vein bodies of the Urals]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2008. 269 p. (In Russ.).

11. Pospelov G.L. [Geological prerequisites for ore control capping]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1963, no. 3, pp.18–38; no. 4, pp. 24–41. (In Russ.).

12. Savichev A.N. *Ufaleyskiy kvartsevo-zhil'nyy rayon (zakonomernosti razmeshcheniya kvartsa razlichnykh geneticheskikh tipov, mineralo-tekhnologicheskoye kartirovaniye i prognoz)*, *Avtoref. Diss. kand. geol.-min.nauk* [The Ufaley quartz-vein region (Allocation regularities of various genetic types of quartz, mineral-metallurgical sampling and potential assessment). Author's abstract of PhD thesis]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2005. 24 p. (In Russ.).

13. Serkova L.E. *Tipomorfnyye osobennosti zhil'nogo bezrudnogo kvartsa*, *Diss.kand. geol.-min.nauk* [Typomorphic features of barren vein quartz. Author's abstract of PhD thesis]. Sverdlovsk, 1990. 120 p. (In Russ.).

14. Skabichevskiy P.P. [About the Nizhniy Ufaley granite massif]. *Sovetskaya Geologiya – Soviet Geology*, 1940. no. 10, pp. 106–108. (In Russ.).

15. Strashnenko G.I. [Geochemical features of impurities distribution in quartz]. *Doklady Ak. Nauk SSSR – Proc. of AS USSR*, 1990, vol. 312, no. 6, pp. 1450–1453. (In Russ.).

16. Strashnenko G.I., Melnikov E. P. [Metamorphogene deposits of chemically clean vein quartz]. *Razvedka i okhrana nedr – Prospect and protection of mineral resources*, 1989, no. 6, pp. 2–12. (In Russ.).

17. Yusupov S. Sh., Melnikov E. P., Fattakhudinov S. G. *PT usloviya granulyatsii zhil'nogo kvartsa Urala* [PT-conditions of the vein quartz granulation in the Urals]. Ufa, Bash. Branch of the AS USSR Publ., 1979. 48 p. (In Russ.).

© В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов,
А. Н. Савичев, В. В. Бабенко, 2018

НОВЫЙ ТИП ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ЕНИСЕЙСКОМ КРЯЖЕ

Р. Х. Мансуров

Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов, Москва, Россия

На восточном склоне Енисейского кряжа открыто новое рудопроявление коренного золота Южное. Оно приурочено к зоне оперяющих разрывов Ишимбинской системы глубинных разломов и локализовано в углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложениях свит аладынской и карточки среднего рифея. Золотоносная минерализованная зона рудопроявления представляет собой крупнообъемную согласно залегающую залежь с рассеянной вкрапленной сульфидной минерализацией. Проведено сравнение рудопроявления Южное с эталонными золоторудными объектами Енисейского кряжа. Показано, что ближайший их аналог – бедные руды Олимпиадинского месторождения.

Ключевые слова: Енисейский кряж, золоторудные месторождения, рудопроявление Южное.

NEW TYPE OF GOLD ORE MINERALIZATION WITHIN THE YENISEY RIDGE

R. Kh. Mansurov

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow, Russia

On the eastern slope of the Yenisey Ridge the new ore occurrence of the vein gold Yuzhnoe was discovered. It is confined to the zone of feathering failures of the Ishimba system of deep faults and localized in coal-bearing terrigenous-carbonate deposits of the Middle Riphean Alad'ino and Kartochki Formations. The gold-containing mineralized zone of ore occurrence is a large-volume conformable deposit with disseminated impregnated sulphide mineralization. The comparison of the Yuzhnoe ore occurrence with the prototype gold ore objects of the Yenisey Ridge is carried out. It is shown that their closest analogue is poor ores of the Olimpiadinskoe deposit.

Keywords: Yenisey Ridge, gold-ore deposits, Yuzhnoe ore occurrence.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-99-109

Среди известных золоторудных месторождений Енисейского кряжа выделяются три главных геолого-промышленных типа: 1) золотосульфидные (Олимпиадинское, Ведугинское, Удережское); 2) золотокварцевые (Советское и др.); 3) золотосульфидно-кварцевые (Благодатное, Эльдорадо, Аяхтинское) [2, 3, 5, 11, 13, 14]. Последние два часто относят к золотокварцевому типу, однако в настоящее время межжильное относительно слабозолотоносное пространство этих месторождений, содержащее прожилково-вкрапленную минерализацию, включается в контур промышленных руд [13].

Цель работы – сопоставление указанных эталонных месторождений Енисейского с недавно выявленным при поисковых работах ЦНИГРИ рудопроявлением Южное [12], а также обоснование возможности отнесения подобных объектов к специфической группе крупнообъемных месторождений золота.

Для «крупнотоннажных» или «крупнообъемных» месторождений золота выделяются следующие основные характерные параметры: а) большие объемы и запасы руды, б) невысокие средние содержания золота (как правило, около 0,3–1,5 г/т, редко более). Возможность их рентабельной карьерной отработки зависит от геолого-экономической ситуации и ряда других факторов (административно-географическое положение, наличие развитой инфраструктуры, транспортное сообщение и др.). Кроме того, к основным параметрам

крупнообъемного золотого оруденения относится морфология рудных тел (линейно-изометричные штокверковые или штокверкоподобные минерализованные зоны и залежи) и глубина их залегания (не более 300 м) [7].

Характеристика рудопроявления Южное

Рудопроявление Южное расположено в пределах Нижнечиримбинского золоторудно-россыпного узла Северо-Енисейского рудного района и контролируется зоной Ишимбинского регионального разлома (рис. 1). Главная отличительная особенность рудопроявления – его локализация в верхней части разреза углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложений сухопитской серии среднего рифея (свиты аладынская и карточка (R_{2al+kr})). В структурном плане рудопроявление приурочено к рудоконтролирующей зоне расланцевания, представляющей собой вытянутую в субмеридиональном (северо-северо-западном) направлении зону протяженностью более 4 км и шириной около 1,5 км (рис. 2). Зона характеризуется интенсивной тектонической проработкой, смятием, интенсивным расланцеванием, кливажем, а также мелкой складчатостью высоких порядков и флексурными перегибами. Структурная позиция зоны определяется ее локализацией в области динамического влияния Ишимбинской системы глубинных рудоконтролирующих разломов (в 6 км восточнее системы) в узле пересечения разрывных нарушений двух основных направлений:

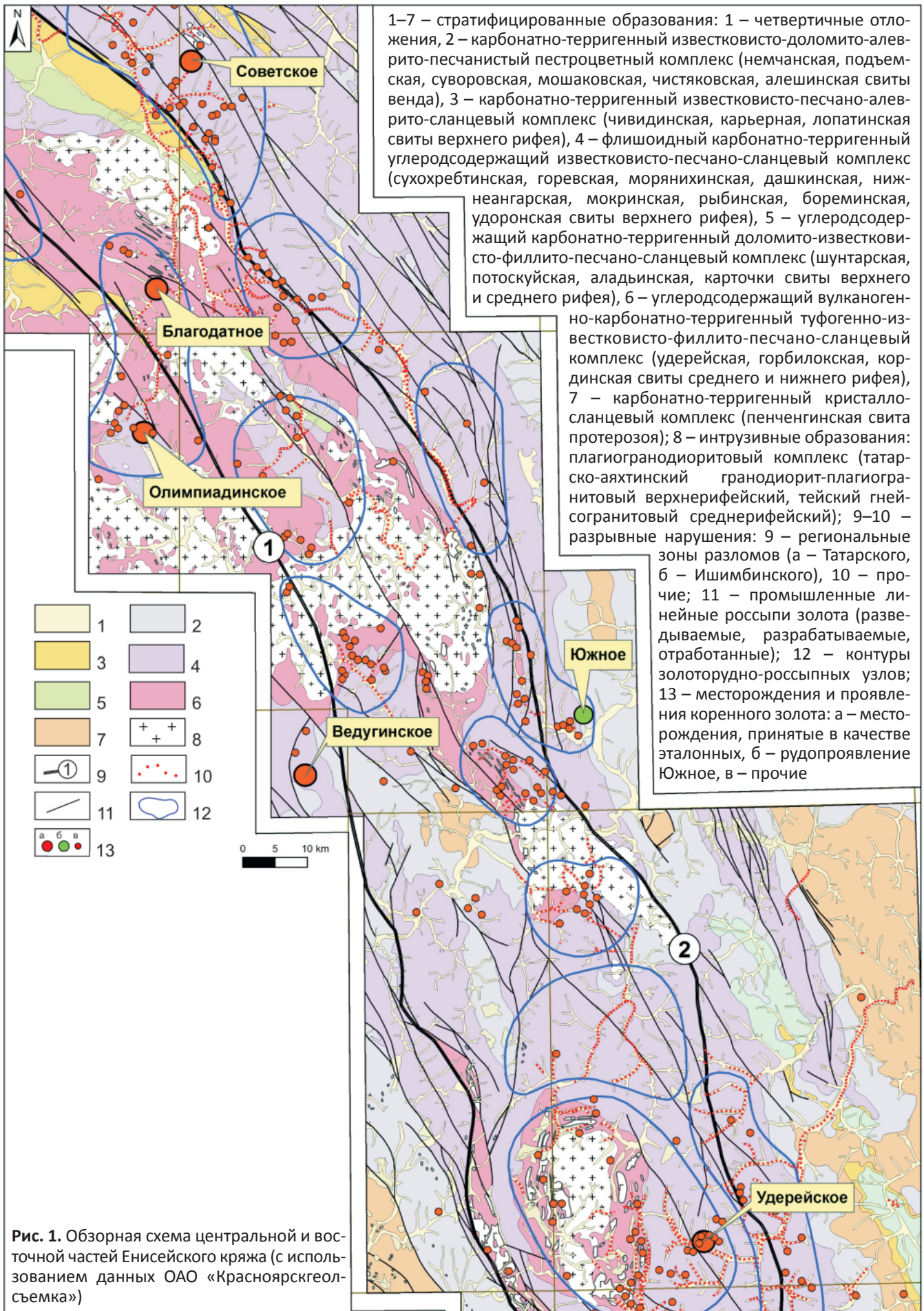


Рис. 1. Обзорная схема центральной и восточной частей Енисейского кряжа (с использованием данных ОАО «Красноярскгеолсъемка»)

1) северо-северо-западного – разрывы, сонаправленные с Ишимбинской системой разломов; 2) диагонального северо-восточного – вероятно, пострудные осложняющие нарушения. Узел пересечения разрывов приурочен к пологопадающему (30–40°) восточному крылу антиклинальной складки первого порядка – Певунской горст-антиклинали.

Вмещающими золотоносную минерализованную зону рудопроявления являются углеродсодержащие терригенно-карбонатные отложения свит аладынской и карточки объединенных, представленные известняками, мраморизованными известняками, известковистыми доломитами с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев кварц-кальцит-серицитового состава. Содержание углеродистого вещества незначительно (не более 0,5 %).

Рудопроявление расположено в зоне развития хлорит-серицитовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. На рассматриваемой территории интрузивные образования отсутствуют.

Гидротермально-метасоматические изменения выражены главным образом в широко проявленной в пределах всей зоны складчато-разрывных деформаций железомagneзиальной карбонатизации, максимальная интенсивность которой наблюдается в пределах рудопроявления.

По данным опробования горных выработок минерализованная зона в первичных ореолах определяется по концентрациям золота более 0,3 г/т, средняя ее мощность около 200 м. Зона представляет собой согласную залежь рассеянной сульфидной вкрапленности. Содержание сульфидов, на 99 % представленных мышьяковистым пиритом с тонкодисперсным золотом, составляет около 3–5 %. Минерализованная зона четко выражена в слабо-контрастной аномалии золота во вторичных ореолах рассеяния (рис. 3). Примечательно, что с ней сопряжено аномальное поле марганца, вероятно, связанное с широко проявленной железомagneзиальной карбонатизацией.

В пределах минерализованной зоны выявлены эпицентры повышенных концентраций золота (более 1,0 г/т) мощностью первые десятки метров, отвечающие потенциально рудным зонам. Последние характеризуются увеличением количества сульфидов до 8–10 %, а также присутствием кварцевых секущих жильно-прожилковых образований, распространенных весьма неравномерно. Содержания золота в потенциально рудных зонах по данным пробирного анализа в отдельных бороздовых пробах достигают 6,5 г/т.

Особенность золотоносной сульфидной минерализации рудопроявления Южное – аномальное обогащение пирита тяжелым изотопом серы ($\delta^{34}\text{S} = +14,0...+17,0 \text{ ‰}$ – в золотоносной минерализованной зоне и $\delta^{34}\text{S} = +17,0...+19,0 \text{ ‰}$ – в околорудном ореоле). Карбонаты рудопроявляющей толщи от-

носительно обогащены тяжелыми изотопами углерода ($\delta^{13}\text{C}$ от –2,5 до 0 ‰) и кислорода ($\delta^{18}\text{O}$ от 16,5 до 20 ‰), что в целом характерно для карбонатов осадочного и гидротермально-осадочного происхождения [12].

Характерные особенности эталонных месторождений

Месторождения золото кварцевого типа (в качестве их эталонного объекта автор рассматривает Советское) характеризуются наличием секущих золотоносных жильных и жильно-прожилковых систем. Золото, как правило, находится в свободной форме, а его количество не зависит от степени проявления сульфидной минерализации.

Советское золото кварцевое месторождение приурочено к ядерной части антиклинали северо-западного простирания. Важную роль в его строении играют продольные нарушения, выраженные зонами рассланцевания [7]. Рудовмещающими являются отложения нижней подсвиты удерейской свиты среднего рифея, представленные углеродистыми филлитами и филлитовидными глинистыми и алеврито-глинистыми сланцами.

Характерная особенность месторождения – наличие серии сближенных, сливающихся и ветвящихся жил, прожилков и сложных линз. Рудные тела состоят из кварцевых жил и прожилков, образующих залежи сложной морфологии с разделяющими их вмещающими породами. Количество кварца в рудных телах составляет в среднем 40 %, а количество сульфидов, как правило, не превышает 1 %. Пирит составляет около 80 % сульфидных минералов, в подчиненном количестве содержатся пирротин и арсенопирит. Среди жильных зон обособляется мощная центральная часть с существенно арсенопиритовой минерализацией; к флангам «тяготеет» рассеянная вкрапленность мелкокубического пирита [7]. Основное количество сульфидов приурочено непосредственно к кварцевым жилам и прожилкам; сульфидизация, как правило, проявлена в приконтактных частях жильно-прожилковых образований или вблизи реликтов вмещающих пород в кварце.

Золотое оруденение Советского месторождения сформировано в несколько этапов. Ранний этап (890–850 млн лет) отвечает времени проявления метаморфизма и, вероятно, связан со становлением тейского гранитоидного комплекса. Второй (820 млн лет) и третий (775 млн лет) этапы отвечают времени формирования золото кварцевого оруденения: второй соответствует формированию надвиговых структур и проявлению повторного метаморфизма, а третий близок к времени формирования гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса [14]. Приведенные данные указывают на большой временной интервал рудообразования. Температуры формирования золото кварцевых руд заключены в интервале 330–220 °C [8].

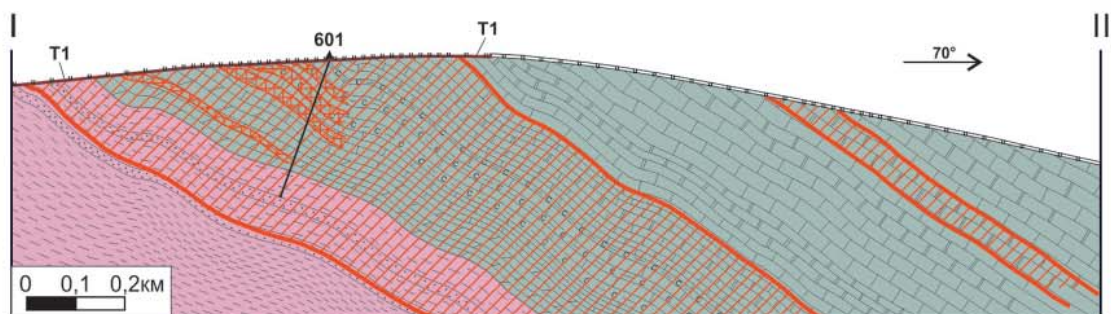
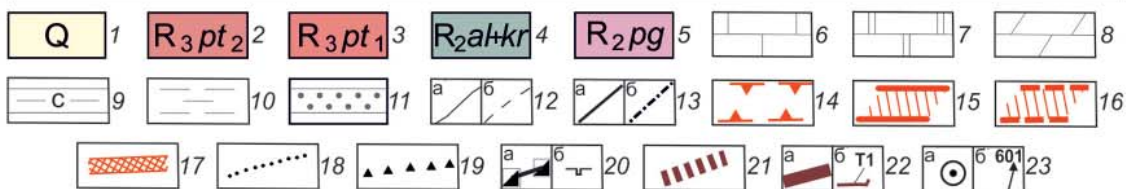
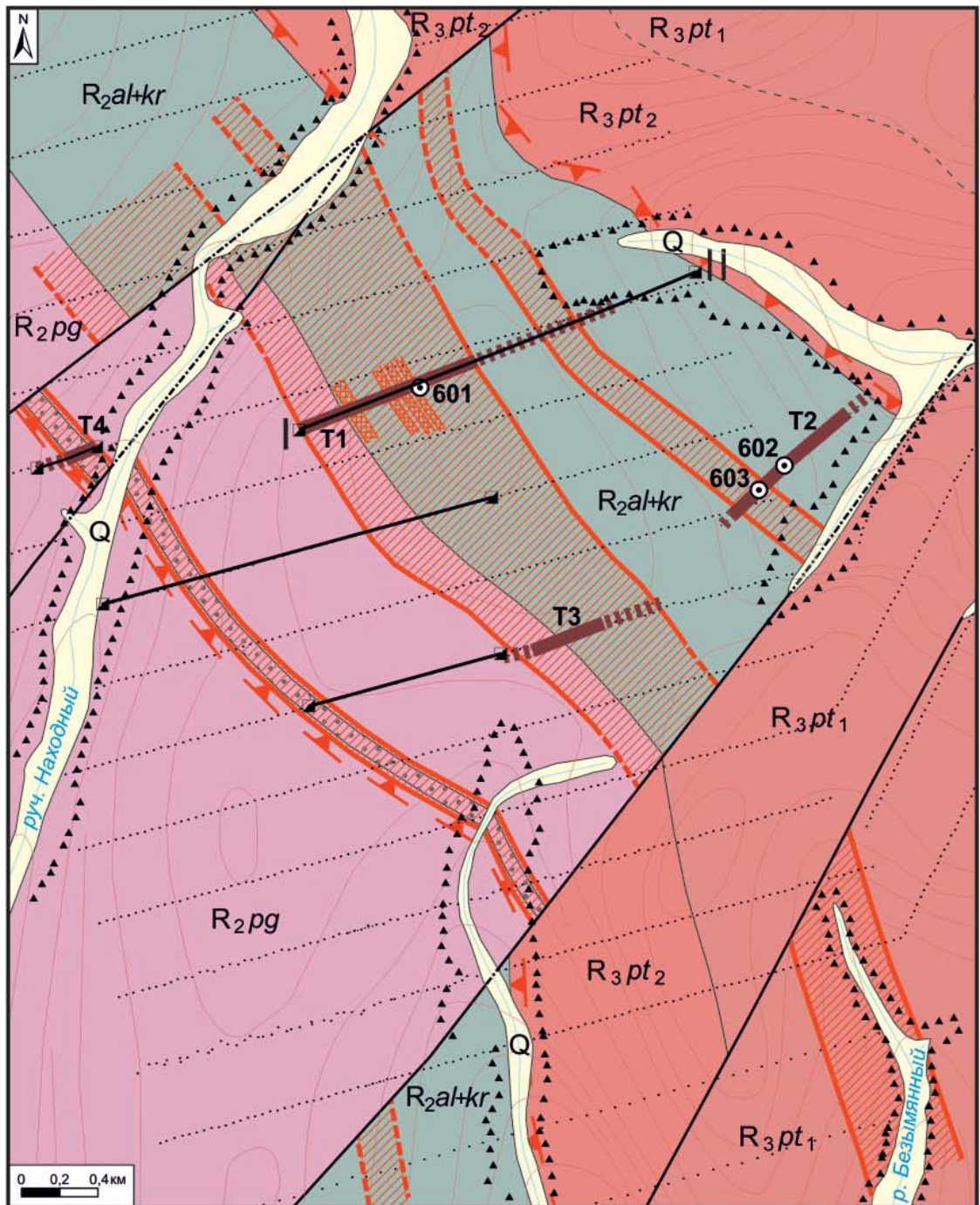


Рис. 2. Геологическая схема рудопроявления Южное и геологический разрез

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2–5 – углеродистые карбонатно-терригенные отложения рифея: 2–3 – тунгусская серия, потоскуйская свита: 2 – верхняя подсвита (глинистые сланцы с прослоями известняков), 3 – нижняя подсвита (алевроито-глинистые сланцы с прослоями известняков и доломитов); 4–5 – сухопитская серия: 4 – свиты аладьинская и карточки объединенные (известняки участками мраморизованные, известковистые доломиты с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев), 5 – погорюйская свита (алевроито-глинистые сланцы); 6–11 – литологические обозначения (на разрезе): 6 – известняки, 7 – мраморизованные известняки, 8 – известковистые доломиты, 9 – углеродсодержащие известковисто-глинистые сланцы, 10 – алевроито-глинистые сланцы, 11 – кварцитовидные песчаники с прослоями кварцитов; 12 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые; 13 – разломы: а – установленные, б – предполагаемые; 14 – рудоконтролирующая зона расланцевания (на плане); 15–16 – золотоносные минерализованные зоны: 15 – установленные, 16 – предполагаемые; 17 – потенциально рудные зоны; 18 – точки литохимического опробования по ВОР; 19–23 – горные выработки: 19 – копуши глубиной 0,8–1,0 м, 20 – шурфы: а – на плане, б – на разрезе, 21 – бульдозерные расчистки глубиной 1 м, 22 – бульдозерные траншеи, пройденные до коренных пород: а – на плане, б – на разрезе, 23 – скважины: а – на плане, б – на разрезе

Месторождения золото-сульфидно-кварцевого типа (в качестве эталонного объекта автор выделяет Благодатное) характеризуются совмещением жильно-прожилкового и прожилково-вкрапленного оруденения с образованием крупнообъемных штокверковых рудных тел с относительно равномерным содержанием золота в их пределах.

Месторождение Благодатное приурочено к юго-западному крылу Панимбинского антиклинория и представляет собой линейно-изометричную северо-западного простирания и северо-восточного падения субпластовую (падение 50–80° в северо-восточных румбах) линзовидную крупнообъемную минерализованную зону, образованную сочетанием жильно-прожилковой и прожилково-вкрапленной минерализации [2, 17]. Вмещающие породы представлены гидротермально измененными кварц-слюдистыми сланцами кординской свиты нижнего рифея.

Руды месторождения малосульфидные монометалльные, прожилково-вкрапленные. Содержание сульфидов в рудах не превышает 3,0 %, преобладают арсенопирит, пирротин, пирит, реже встречаются халькопирит, галенит, сфалерит, марказит, леллингит и др. [2].

В образовании месторождения Благодатное выделяется несколько этапов. Ранний этап связан с формированием сульфидной минерализации. Температурный режим разными авторами оценивается интервалом 650–320 °С [7, 17]. Затем формируются кварцево-жильно-прожилковые образования – 400–240 °С. Возраст этих двух этапов оценивается в 750–698 млн лет. Третий этап заключается в образовании кварц-карбонатных прожилков с золото-сульфидно-полиметаллической минерализацией при температурах 390–210 °С. Возраст этого этапа оценивается в 368–364 млн лет [7, 17].

Месторождения золотосульфидного типа представлены такими крупными объектами, как Олимпиадинское, Ведугинское, Удерейское. Они обладают рядом специфических особенностей: золотосульфидный (прожилково)-вкрапленный характер руд, большие объемы и запасы руд и металла, отсутствие четко выраженной околорудной гидротермально-метасоматической зональности. При этом

названные золотосульфидные месторождения, объединяемые в одну группу, имеют ряд собственных отличительных признаков.

Хорошо изученное [11, 13–15] Олимпиадинское месторождение большинством исследователей отнесено к золото-мышьяковисто-сульфидному типу, поскольку главным рудным минералом первичных руд является арсенопирит, включающий тонкодисперсное золото. Рудовмещающая толща характеризуется существенно карбонатным составом и представлена отложениями кординской свиты (R_1kd), залегающей в основании сухопитской серии нижнего рифея. Породы метаморфизованы в условиях биотитовой ступени зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, возрастающего до эпидот-амфиболитовой фации вблизи

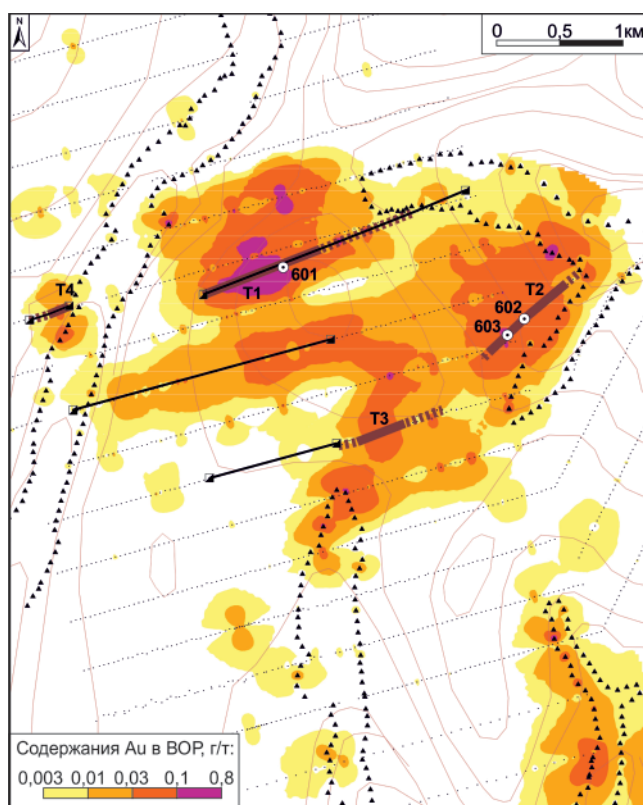


Рис. 3. Карта результатов литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния

Усл. обозн. см. на рис. 2



интрузивного массива [15]. Толща сложена кварц-карбонат-слюдистыми сланцами с прослоями углеродсодержащих сланцев и карбонатных пород. Крупнообъемная золотоносная минерализованная зона в восточной части месторождения, в которой сконцентрировано около 90 % запасов золотых руд, локализована в замковой части антиклинали и приурочена к провису кровли Тырадинского гранитоидного массива.

На Олимпиадинском месторождении широко проявлены высокотемпературные контактово-метасоматические изменения (скарнирование, пропилитизация и др.). С золоторудной минерализацией связываются преобразования березитоидного типа: замещение первичных биотита, железомagneзиального хлорита мусковитом и серицитом, возрастание содержания кварца и карбоната [15]. В рудах выделяются несколько продуктивных минеральных комплексов: 1) прожилково-вкрапленный дорудный пирит-пирротинный, проявленный в пределах всего рудного поля; 2) основной продуктивный вкрапленный золотоарсенопиритовый (с тонкодисперсным золотом); 3) непостоянно продуктивный поздний вкрапленно-прожилковый золотосурьмяный (бертьерит-антимонитовый) с относительно крупным самородным золотом [2, 11, 13, 15]. Первые два типа формируют первичные бедные промышленные вкрапленные золотосульфидные руды, а третий – богатые наложенные золотосурьмяные руды.

Для золотосульфидных руд установлен нижний предел изотопного возраста (Rb-Sr) в 794 ± 15 млн лет, верхний предел для золотосурьмяных руд – по разным оценкам от 676 до 609 млн лет [14–16]. Многостадийность золоторудного процесса проявлена в снижении температур от 450–300 °C для контактовых изменений до 230–210 °C для продуктивных золотосульфидных руд и до 180–150 °C для золотосурьмяной минерализации [14, 15].

Ведугинское месторождение приурочено к западному крылу Ведугинской антиклинали, сложенной филлитовидными и углеродсодержащими кварц-серицит-хлоритовыми сланцами удерейской свиты среднего рифея, метаморфизованными в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Вмещающие породы смяты в систему линейных субвертикальных складок, определяющих общий структурный план месторождения и в значительной степени формирующих закономерности локализации его золоторудных тел.

Крупнообъемное золотое оруденение месторождения образует минерализованную зону S-образной формы протяженностью около 2,7 км и шириной до 250 м, представленную зоной межпластовых срывов, которая ограничена сближенными субпараллельными тектоническими нарушениями. Рудные тела представляют собой метасоматиты серицитового, кварц-серицитового состава, к которым приурочены кварцевые и кварц-карбонатные

прожилки, линзы и вкрапленная, реже прожилковая сульфидная минерализация. Метасоматиты слагают крутопадающие (80–90°) пластовые, линзовидно-пластовые тела протяженностью до 1000 м и мощностью до 50–80 м. Тела метасоматитов залегают эшелонированно, кулисообразно. Основные рудные минералы – пирит (в том числе мышьяковистый), пирротин, арсенопирит. Их содержание, как правило, не превышает 5–7 %. Степень золотоносности руд зависит от количества сульфидов [1].

На Ведугинском месторождении выделяются два главных этапа рудообразования: 1) слабозолотоносная кварц-пирит-арсенопиритовая ассоциация, связанная с разобщенными агрегатами зернистых выделений пирита и арсенопирита, температура образования 500–350 °C; 2) золото-пирит-арсенопиритовая ассоциация с температурой образования 424–375 °C, золото ассоциирует с арсенопиритом, встречается во включениях и в сростании с ним [1]. Возраст золото-пирит-арсенопиритового оруденения составляет $805,0 \pm 6,3$ млн лет [14].

Удерейское месторождение приурочено к центральной части Урало-Васильевской брахисинклинали, осложняющей восточное крыло Татарского куполовидного поднятия. Рудовмещающей является карбонатно-терригенная толща удерейской свиты, метаморфизованная в условиях филлитовой ступени зеленосланцевой фации и представленная углеродистыми кварц-серицитовыми и карбонат-кварц-серицитовыми филлитовидными сланцами [13, 15].

Золотое оруденение Удерейского месторождения представлено двумя главными морфоструктурными типами: 1) залежами вкрапленных, вкрапленно-прожилковых, существенно золотосульфидных руд; 2) жилами и жильно-прожилковыми зонами кварц-антимонитовых сурьмяных руд. Золотосульфидная вкрапленная минерализация приурочена к субпослойным залежам, представленным метасоматитами сульфидно-карбонат-серицитового состава. Золотосурьмяное оруденение представлено крутопадающими жилами и жильно-прожилковыми зонами [15]. Соответственно, выделяются два минеральных типа руд – золотосульфидный и золотосульфидно-сурьмяный. Основная часть золота в рудах связана с сульфидами, главным образом с арсенопиритом и в меньшей степени с пиритом. Для золотосульфидного типа характерно широкое развитие слабозолотоносного тонко- и мелкокристаллического пирита, вероятно осадочно-диагенетического генезиса, который, предположительно, подвержен интенсивной перекристаллизации и замещению золотоносным арсенопиритом [15]. Для раннего этапа формирования золотосульфидных руд установлен возраст $711,6 \pm 3,4$ млн лет, для золотосурьмяных – 676–643 млн лет [14]; температуры рудообразования 350–180 и 180–120 °C соответственно.

Таким образом, месторождения золотосульфидного типа, как правило, характеризуются наличием многостадийного рудного процесса, совме-

нием нескольких типов золоторудной минерализации и комплексным составом руд. От известных золотокварцевых и золото-сульфидно-кварцевых месторождений Енисейского кряжа золотосульфидные объекты отличает наличие (прожилково)-вкрапленных руд с низкими средними содержаниями золота (1–3 г/т), которые определяют крупнообъемный характер золотой минерализации и большие запасы руд и металла.

Типизация рудопроявления Южное

Рудопроявление Южное в сравнении с известными золоторудными месторождениями занимает наиболее высокое положение в стратиграфическом разрезе сухопитской серии нижнего – среднего рифея и приурочено к углеродсодержащим терригенно-карбонатным отложениям свит аладынской и карточки (рис. 4, см. таблицу). Следует отметить, что золотоносность этих отложений нами установлена впервые: ранее свиты аладынская и карточки не рассматривались в качестве благоприятного вмещающего стратоуровня.

Состав вмещающих пород рудопроявления Южное существенно карбонатный – кварц-серицит-карбонатные сланцы, известняки, доломиты, с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев. Среди рассматриваемых эталонных объектов существенно карбонатным составом вмещающих толщ характеризуется Олимпиадинское месторождение.

Все рассматриваемые объекты, включая рудопроявление Южное, приурочены к областям развития низких ступеней зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Лишь на Олимпиадинском месторождении широко распространены высокотемпературные контактовые образования, связанные с внедрением крупного гранитоидного массива. В Олимпиадинском рудном поле вмещающие породы кординской свиты также претерпели низкотемпературный метаморфизм.

Роль интрузивного магматизма в формировании месторождений неоднозначна [14]. Так, на Олимпиадинском месторождении оруденение приурочено к вмещающим породам в области провиса кровли гранитоидного массива. Месторождение Удерейское приурочено к крупной магматогенной интрузивно-купольной структуре [15]. Данные о непосредственной связи Советского, Благодатного и Ведугинского месторождений с интрузивным магматизмом отсутствуют. На площади рудопроявления Южное интрузивных образований также нет; ближайший выход гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса находится в 20 км западнее. Однако по данным ОАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» отрицательная аномалия поля силы тяжести, фиксируемая в пределах рудопроявления, может интерпретироваться как скрытый на глубине более 2 км крупный интрузивный массив.

Гидротермально-метасоматические изменения представлены объемными ореолами серицитиза-

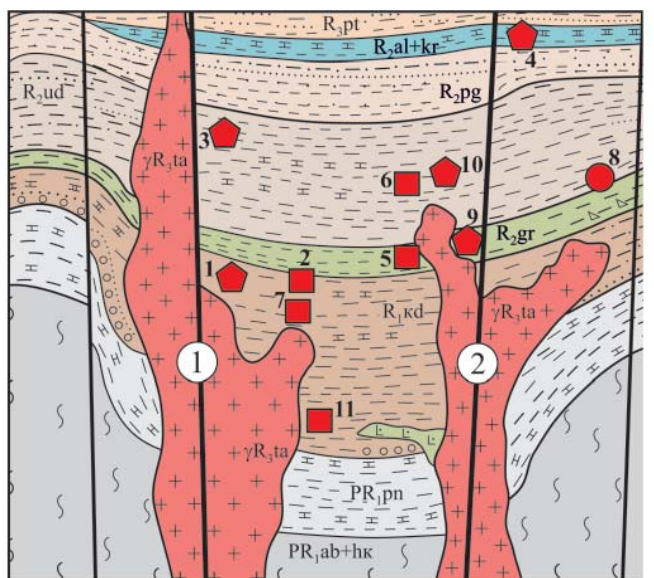


Рис. 4. Схематический палеогеологический разрез Енисейской золоторудной провинции с размещением золоторудных месторождений и проявлений (по В. Д. Конкину, с изменениями и добавлениями)

Геолого-промышленные типы месторождений: 1 – золотокварцевый, 2 – золото-сульфидно-кварцевый, 3 – золотосульфидный; свиты: 4 – потоскуйская (R_{3pt}) карбонатно-терригенная глинисто-алеврито-кварцевая, 5 – аладынская и карточка объединенные (R_{2al+kr}) терригенно-карбонатные сланцево-доломит-известковистые, 6 – погоройская (R_{2pg}) флишоидная песчано-сланцевая с фацией углеродистых сланцев, 7 – удерейская (R_{2ud}) – переслаивание серо-зеленых кварц-хлорит-гидрослюдистых углеродсодержащих глинистых, алеврито-глинистых и карбонатно-глинистых сланцев, 8 – горбилоская (R_{2gr}) – алеврито-глинистые, карбонатно-глинистые кварц-хлорит-серицитовые, кварц-серицитовые сланцы, 9 – кординская (R_{1kd}) – углеродистые филлиты с невыдержанными прослоями кварцитовидных песчаников, линзы туффитов, сланцы биотит-кварц-хлорит-серицитовые с гранатом, 10 – пенченгинская (PR_{1pn}) – зеленовато-темно-серые кварц-хлорит-серицитовые, кварц-серицитовые сланцы углеродистые, рассланцованные эффузивы, 11 – хр. Карпинского и абалаковская толща (PR_{2ab+hk}) кристаллосланцевая, кристаллосланцево-гнейсовая с фациями амфиболитов, кварцитов и мраморов; интрузивные формации: 12 – гранодиорит-гранитная (Татарско-Аяхтинский комплекс γR_{3ta}) – среднезернистые порфировидные граниты, гранодиориты, 13 – габбро-амфиболитовая (Исаковский комплекс νR_{2is}) – ортоамфиболиты, габбро-амфиболиты, амфиболитизированные диабазы, аподиабазовые амфиболиты, амфиболовые сланцы; 14 – региональные глубинные разломы (1 – Татарский, 2 – Ишимбинский); 15 – разрывные нарушения; золоторудные объекты: 1 – Олимпиадинское, 2 – Благодатное, 3 – Ведугинское, 4 – Южное, 5 – Аяхтинское, 6 – Васильевское, 7 – Титимухтинское, 8 – Советское, 9 – Боголюбовское, 10 – Удерейское, 11 – Раздолинское



Сравнительная характеристика золоторудных объектов Енисейского края [1, 4, 16, 17]

Объект (тип)	Вещающие отложения (свиты)	Околорудные метасоматические изменения	Рудные минералы		Нерудные минералы		Содержание сульфидов в рудах, %	Морфология золоторудных зон и рудных тел	Запасы, млн т	Запасы Au, т	Среднее содержание Au в рудах, г/т
			Главные	Второстепенные	Главные	Второстепенные					
Южное (Au-S)	Алдинская (r _{2a} +kr)	Сульфидизация, железо-магнетитовая карбонатизация, окварцевание, серицитизация	Пирит (мышьяковистый)	Пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, самородное золото	Кварц, серицит, анкерит	Кальцит, сидерит, доломит, мусковит	3–8	Субсогласная залежь вкрапленных золотосульфидных руд	20,0*	22,0*	1,1
Ведугинское (Au-S)		Карбонатизация, окварцевание, серицитизация, сульфидизация	Пирит, арсенопирит, пирротин	Антимонит, самородное золото, серебро, бертьерит, халькопирит, сфалерит, галенит, пентландит, висмутин, тетраэдрит, кубанит, кобальтин	Кварц, серицит, кальцит	Хлорит, сидерит, доломит, анкерит, цоизит, актинолит, барит, гранат	5–7	S-образная субсогласная минерализованная зона прожилково-вкрапленных руд	31,8	79,4 (71,2)	2,5
Удерецкое (Au-S)	Удерецкая (r _{2nd})	Карбонатизация, сульфидизация, окварцевание, серицитизация, хлоритизация	Пирит, арсенопирит, антимонит, бертьерит	Пирротин, самородное золото, халькопирит, самородная сурьма, халькопирит, сфалерит, тетраэдрит, буланжерит, кобальтин	Кварц, серицит	Кальцит, сидерит, флюорит	5–6	Субсогласные залежи прожилково-вкрапленных золотосульфидных руд; жильно-прожилковые зоны сурьмяных руд	27,8	75,1 (14,7)	2,7
Советское (Au-Q)		Окварцевание, серицитизация, сульфидизация	Пирит, арсенопирит	Пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, самородное золото, самородное серебро, фрейбергит, висмутин	Кварц	Анкерит, кальцит, сидерит, серицит, мусковит, альбит	<1	Секущие жильные и жильно-прожилковые зоны золотокварцевых руд	26,5	87,4 (4,0)	3,3
Благодатное (Au-S-Q)		То же	Пирит, арсенопирит, пирротин	Халькопирит, галенит, сфалерит, самородное золото, висмутин, марказит, леллингит	«	Серицит, мусковит, биотит	1–3	Субсогласная минерализованная зона секущих жильно-прожилковых и прожилково-вкрапленных руд	204,7	389,0 (228,6)	1,9
Олимпиадинское (Au-S)		Окварцевание, карбонатизация, серицитизация	Арсенопирит, пирротин, пирит	Антимонит, самородное золото, самородная сурьма, шеелит, бертьерит, халькопирит, сфалерит, галенит, пентландит, висмутин, тетраэдрит, гудмундит, аурустибит	Кварц, серицит, кальцит	Хлорит, сидерит, доломит, анкерит, цоизит, актинолит, барит, гранат	2–5	Зона-залежь прожилково-вкрапленных золотосульфидных руд	283,3	850,0 (227,7)	3,0

Примечание. В скобках – остаточные запасы; * – авторские прогнозные ресурсы; типы золоторудных объектов: Au-S – золотосульфидный, Au-S-Q – золото-сульфидно-кварцевый, Au-Q – золото-кварцевый.

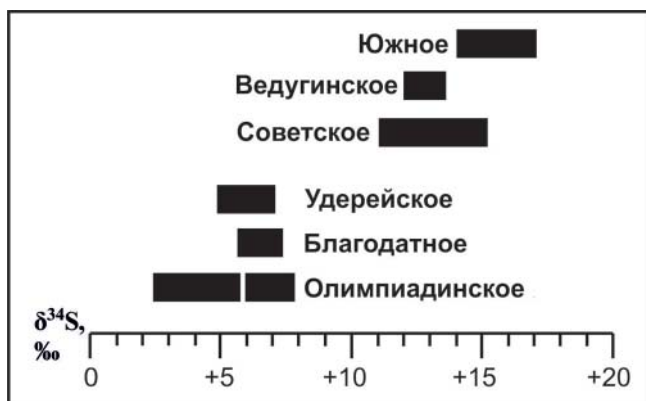


Рис. 5. Вариации изотопного состава серы сульфидов в рудах золоторудных месторождений и проявлений Енисейского кряжа (по [11, 12, 14, 16])

ции, вкрапленной сульфидизации и прожилково-вкрапленной карбонатизации, в том числе железомagneзиальной. Последняя, как правило, благоприятный косвенный признак золоторудного процесса [6]. На рудопроявлении Южное аномальным литохимическим ореолам золота отвечают аномальные поля марганца, что, вероятно, связано с широким распространением железомagneзиальной карбонатизации [12]. Околорудные изменения главным образом представлены жильно-прожилковыми зонами карбонат-кварц-серицитовых метасоматитов березитоидного типа.

По строению и морфологии минерализованных зон и рудных тел рассмотренные объекты можно разделить на несколько групп: 1) объемные залежи согласных вкрапленно-рассеянных относительно бедных золотосульфидных руд (Олимпиадинское, Удере́йское, Ведугинское, Южное); 2) штокверки золото-сульфидно-кварцевых прожилково-вкрапленных руд (Благодатное); 3) жилы и жильно-прожилковые зоны богатых золото-кварцевых руд (Советское); 4) жильно-прожилковые зоны золотосурьмяных руд (Олимпиадинское, Удере́йское).

Состав руд, как правило, полисульфидный. Главные рудные минералы – пирит, арсенопирит, реже пирротин. Руды практически всех месторождений обладают повышенной мышьяковистостью, в том числе и золотая минерализация рудопроявления Южное.

Все рассмотренные месторождения отличаются длительным полистадийным характером рудообразования, что фиксируется минералогическими наблюдениями, данными изотопной геохронологии и широким диапазоном температур гомогенизации флюидных включений.

При сопоставлении изотопно-геохимических данных обнаруживается, что золотоносные сульфиды всех рассмотренных объектов обогащены тяжелым изотопом серы ($\delta^{34}\text{S}$ от +3 до +20 ‰), что может указывать на существенную роль гидротермально-осадочных процессов при формировании первичных рудных концентраций [9, 10]. Это предположение подтверждается также и закономерным

повышением доли тяжелого изотопа серы в рудах снизу вверх по разрезу вмещающих отложений сухопитской серии (рис. 5). При этом в ряду золоторудных объектов Енисейского кряжа рудопроявление Южное занимает наиболее высокое стратиграфическое положение и характеризуется максимальными значениями $\delta^{34}\text{S}$.

Выводы

Сравнительный анализ позволяет среди рассмотренных выше месторождений выделить для рудопроявления Южное эталонный объект-аналог. По совокупности особенностей геологического строения, составу вмещающих пород, типу золотой минерализации, характеру и составу руд наиболее близким аналогом является месторождение Олимпиадинское, а точнее, его первичные ранние крупнообъемные вкрапленно-рассеянные бедные золотосульфидные руды.

В первую очередь следует отметить существенно карбонатный состав вмещающих отложений на сопоставляемых объектах и отсутствие четко выраженной метасоматической зональности. Вмещающими для вкрапленных руд Олимпиадинского месторождения являются измененные терригенно-карбонатные породы, сложенные карбонатами (преимущественно железистым кальцитом), кварцем и слюдами с примесью хлорита и углеродистого вещества [11, 15]. Минерализованную зону рассеянной сульфидной вкрапленности рудопроявления Южное вмещают существенно карбонатные измененные (серицитизация, железомagneзиальная карбонатизация) породы – карбонат-серицитовые сланцы, известняки, доломиты с прослоями углеродсодержащих известковистоглинистых сланцев [12].

Первичные вкрапленные руды Олимпиадинского месторождения и золотую минерализацию рудопроявления Южное объединяет также тесная ассоциация золота с сульфидами (арсенопиритом и/или мышьяковистым пиритом), в которых оно находится в тонкодисперсной и субмикроскопической форме.

В то же время рудопроявление Южное характеризуется рядом специфических особенностей. Это прежде всего положение в верхней части разреза сухопитской серии, а также отсутствие близко расположенных интрузивных массивов, локализация восточнее зоны Ишимбинского разлома, широкое развитие железомagneзиальной карбонатизации в пределах минерализованной зоны.

Среди рассмотренных золоторудных объектов Енисейского кряжа к группе крупнообъемных месторождений в первую очередь могут быть отнесены объекты золотосульфидного типа, заключающие в себе большие запасы руд и металла. Однако по результатам геолого-разведочных работ на месторождении Благодатное установлена возможность оконтуривания рудных тел по концентраци-



ям золота в пределах единой крупнообъемной рудовмещающей минерализованной зоны с низкими (от 0,5 г/т) средними содержаниями золота [2]. На Советском месторождении при включении в контур оруденения слабозолотоносных вмещающих пород в межжильном пространстве оконтуривается единая крупнообъемная минерализованная зона мощностью около 300 м со средними содержаниями золота 1,0–1,5 г/т, пригодная для открытой отработки [7]. С учетом достаточно развитой инфраструктуры в районе месторождения такие параметры могут подтвердить рентабельность месторождения.

Таким образом, к крупнообъемным месторождениям, помимо уникальных и крупных объектов золотосульфидного типа (Олимпиадинское, Ведугинское, Удерейское), с учетом современных технологий переработки и обогащения руд, а также высокой цены на золото могут быть отнесены месторождения комплексного золото-сульфидно-кварцевого (Благодатное) и даже золотокварцевого (Советское) типов.

Рассматривая конкретные площади для постановки прогнозно-поисковых работ на крупнообъемное оруденение, в первую очередь следует выделить участки, расположенные в пределах зоны Ишимбинского регионального разлома в восточной части Енисейского кряжа. К таковым относятся Тужимский, Нижнечиримбинский, Вангашский рудно-россыпные узлы. Открытие рудопроявления Южное также расширяет перспективы переоценки ареалов развития отложений верхов разреза сухопитской серии, считавшихся ранее непродуктивными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ведугинское** золотосульфидное месторождение (Енисейский кряж) / А. М. Сазонов, А. Э. Романовский, Г. И. Шведов и др. // Руды и металлы. – 1994. – № 2. – С. 86–97.

2. **Геологическое** строение золоторудных месторождений и опыт геологического обслуживания сырьевой базы компании «Полюс» в Красноярском крае / В. К. Совмен, Ю. М. Страгис, А. А. Плеханов и др. – Красноярск: Полюс, 2009. – 208 с.

3. **Геолого-структурная** позиция и типизация золоторудных полей восточной части Енисейского кряжа / А. М. Сазонов, Е. А. Звягина, Т. В. Полева и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири: матер. юбилейной науч.-практ. конф. – Красноярск: ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2010. – С. 94–101.

4. **Государственный доклад** «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 году». – М.: Центр «Минерал», 2016. – 342 с.

5. **Забияка А. И., Курганьков П. П., Гусаров Ю. В.** Тектоника и металлогения Нижнего Приангарья. – Красноярск: КНИИГИМС, 2003. – 325 с.

6. **Иванов А. И.** Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). – М.: ЦНИГРИ, 2014. – 215 с.

7. **Константинов М. М.** Золоторудные месторождения России. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.

8. **Кряжев С. Г.** Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах: автореф. дис. ... д. г.-м. н. – М., 2017. – 52 с.

9. **Кряжев С. Г.** Изотопно-геохимические и генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах // Отечественная геология. – 2017. – № 1. – С. 1–11.

10. **Кряжев С. Г., Гриненко В. А.** Изотопный состав и источники серы золотосульфидных месторождений Енисейского кряжа // XVIII Симпозиум по геохимии изотопов им. акад. А. П. Виноградова: тез. докл. – М.: ГЕОХИ РАН, 2007. – С. 141–142.

11. **Ли Л. В.** Олимпиадинское месторождение вкрапленных золотосульфидных руд. – Красноярск: КНИИГИМС, 2003. – 119 с.

12. **Мансуров Р. Х., Кряжев С. Г., Зеликсон Б. С.** Минералого-геохимические особенности рудопроявления Южное, Енисейский кряж // Руды и металлы. – 2017. – № 1. – С. 55–66.

13. **Модели** месторождений золота Енисейской Сибири / С. С. Сердюк, Ю. Е. Коморовский, А. И. Зверев и др. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. – 584 с.

14. **Неволько П. А., Борисенко А. С.** Этапы формирования золотого и сурьмяного оруденения Енисейского кряжа и их корреляция с периодами проявления магматизма // Металлогения древних и современных океанов. – 2009. – Т. 15. – С. 37–42.

15. **Новожилов Ю. И., Гаврилов А. М.** Золотосульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999. – 175 с.

16. **Ножкин А. Д., Борисенко А. С., Неволько П. А.** Этапы позднепротерозойского магматизма и возрастные рубежи золотого оруденения Енисейского кряжа // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 1. – С. 158–181.

17. **Полева Т. В., Сазонов А. М.** Геология золоторудного месторождения Благодатное в Енисейском кряже. – М.: Экономическая газета, 2012. – 290 с.

REFERENCES

1. Sazonov A.M., Romanovskiy A.E., Shvedov G.I., et al. [Veduginskoe gold-sulphide deposit (Yenisey Ridge)]. *Rudy i metall – Ores and Metals*, 1994, no. 2, pp. 86–97. (In Russ.).

2. Sovmen V. K., Stragis Yu. M., Plekhanov A. A., et al. *Geologicheskoe stroenie zolotorudnykh mestorozhdeniy i opyt geologicheskogo obsluzhivaniya syr'evoy bazy kompanii "Polius" v Krasnoyarskom krae* [Geological structure of gold deposits and experience of geological servicing of the Polyus Company raw materials base in the Krasnoyarsk region]. Krasnoyarsk, Polyus Publ., 2009. 208 p. (In Russ.).



3. Sazonov A.M., Zvyagina E.A., Poleva T.V., et al. [Geological-structural position and typification of gold ore fields within the eastern Yenisey Ridge]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Central'noj Sibiri: mater. yubilejnoj nauch.-prakt. konf.* [Geology and mineral resources of Central Siberia. Proc. of the anniversary scientific-research conference]. Krasnoyarsk, Krasnoyarskgeols'yemka Publ., 2010, pp. 94–101. (In Russ.).
4. Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu" [Governmental Report "On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2015"]. Moscow, TSentr "Mineral" Publ., 2016. 342 p. (In Russ.).
5. Zabiya A.I., Kurgankov P.P., Gusarov Yu.V. *Tektonika i metallogeniya Nizhnego Priangar'ya* [Tectonics and Metallogeny of the Lower Angara Region]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2003. 325 p. (In Russ.).
6. Ivanov A.I. *Zoloto Baykalo-Patoma (geologiya, orudnenie, perspektivy)* [The gold of the Baykal Pathom (geology, ore mineralization, prospects)]. Moscow, TSNIIGRI Publ., 2014. 215 p. (In Russ.).
7. Konstantinov M.M. *Zolotorudnye mestorozhdeniya Rossii* [Gold ore deposits of Russia]. Moscow, Akvarel Publ., 2010. 349 p. (In Russ.).
8. Kryazhev S.G. *Geneticheskie modeli i kriterii prognoza zolotorudnykh mestorozhdeniy v ughlerodisto-terrigenykh kompleksakh. Avtoref. Dokt. diss.* [Genetic models and prediction criteria of gold ore deposits in carbonaceous-terrigenous complexes. Author's abstract of DSc thesis]. Moscow, 2017. 52 p. (In Russ.).
9. Kryazhev S.G. [Isotope geochemical and genetic models of gold ore deposits in carbonaceous-terrigenous strata]. *Otechestvennaya geologiya – National Geology*, 2017, no. 1, pp. 1–11. (In Russ.).
10. Kryazhev S.G., Grinenko V.A. [The isotopic composition and sources of sulfur in gold-sulfide deposits of the Yenisey Ridge.], *XVIII simpozium po geokhimii izotopov im. Akademika Vinogradova. Tezisy dokladov.* [Academician Vinogradov's XIX symposium of isotopes geochemistry. Abstracts]. Moscow, GEOKHI RAN Publ., 2007, pp. 141–142. (In Russ.).
11. Li L.V. *Olimpiadinskoe mestorozhdenie vkraplennykh zoloto-sul'fidnykh rud* [Olimpiadinskoe deposit of disseminated gold-sulfide ores]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2003. 119 p. (In Russ.).
12. Mansurov R.Kh., Kryazhev S.G., Zelikson B.S. [Mineralogical and geochemical characteristics of the Yuzhnoe gold ore occurrence, the Yenisei Ridge]. *Rudy i metally – Ores and metals*, 2017, no. 1, pp. 55–66. (In Russ.).
13. Serdyuk S.S., Komorovskiy Yu.E., Zverev A.I., et al. *Modeli mestorozhdeniy zolota Eniseiskoy Sibiri* [Gold deposits' models of Yeniseian Siberia]. Krasnoyarsk, 2010. 584 p. (In Russ.).
14. Nevol'ko P.A., Borisenko A.S. [Formation stages of gold and stibium mineralization of the Yenisey Ridge and their correlation with periods of magmatism occurrences]. *Metallogeniya drevnykh i sovremennykh okeanov – Metallogeny of ancient and modern oceans*, 2009, vol. 15, pp. 37–42. (In Russ.).
15. Novozhilov Yu.I., Gavrilov A.M. *Zoloto-sulfidnye mestorozhdeniya v ughlerodisto-terrigenykh tolshchakh* [The gold-sulphide deposits in carbonaceous-terrigenous strata]. Moscow, TSNIIGRI Publ., 1999. 175 p. (In Russ.).
16. Nozhkin A.D., Borisenko A.S., Nevol'ko P.A. [Stages of Late Proterozoic magmatism and periods of Au mineralization in the Yenisey Ridge]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no. 1, pp. 124–143.
17. Poleva T.V., Sazonov A.M. *Geologiya zolotorudnogo mestorozhdeniya Blagodatnoye v Eniseyskom kryazhe* [Geology of the Blagodatnoe gold ore deposit in the Yenisey Ridge]. Moscow, Ekonomicheskaya gazeta Publ. House, 2012. 290 p. (In Russ.).

© P. X. Мансуров, 2018

УДК 550.834.3/.5:(556.3:551.79)(470.631)

СЕЙСМОРАЗВЕДКА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИ ПОИСКАХ РЕЗЕРВУАРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Б. А. Канарейкин, Е. Ю. Гошко, Е. В. Мосягин, А. С. Сальников, А. В. Сагайдачный

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Выполнены инженерно-сейсмические исследования верхней части геологического разреза в долине р. Теберда (Карачаево-Черкесская республика) с целью поиска перспективных резервуаров подземных вод. В результате сейсмических исследований с использованием преломленных и отраженных волн установлено строение четвертичных отложений, выполняющих ложе долины, получена их литолого-гидрогеологическая стратификация. Сейсмотомография по параметру V_s/V_p (отношение скорости поперечной волны к продольной) позволила выделить в разрезе четвертичных отложений наиболее перспективные гидрогеологические структуры.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, продольные преломленные и отраженные волны, сейсмотомография, четвертичные отложения, водоносный горизонт, горная река Теберда.

SEISMIC EXPLORATION AS AN EFFICIENT INSTRUMENT IN SEARCHING FOR GROUNDWATER BODIES UNDER MOUNTAIN CONDITIONS

B. A. Kanareikin, E. Yu. Goshko, E. V. Mosyagin, A. S. Salnikov, A. V. Sagaidachny

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

Engineering and seismic studies of the shallow subsurface in the valley of the Teberda River (Karachay-Cherkess Republic) have been carried out with the aim to search for promising groundwater bodies. Seismic refraction and reflection studies have allowed for establishing a structure of the Quaternary deposits filling the valley floor, and obtaining their litho-hydrogeological stratification. Seismic tomography by the V_s/V_p parameter (S-P velocity relationship) has made possible the identification of the most promising hydrogeological structures in the Quaternary deposit section.

Keywords: engineering seismology, longitudinal refracted and reflected waves, seismic tomography, Quaternary deposits, aquifer, Teberda River.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-110-116

Проблема снабжении населения качественной питьевой водой всегда требует особого внимания, особенно в некоторых районах Российской Федерации. В 2016 г. в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН было проведено совещание по проблеме гидрогеологии и качества питьевой воды (<https://union.nsu.ru/news/category/science/>), на котором отмечалось, что в Новосибирской области есть районы, где питьевой воды недостаточно.

Схожие проблемы возникают и в других районах России, в частности, в Карачаево-Черкесской республике, где при кажущемся изобилии водных ресурсов 46 % населения используют питьевую воду, не отвечающую санитарно-эпидемиологическим требованиям. В ноябре 2016 г. СНИИГГиМС по заданию Росгеологии выполнил инженерно-сейсмические исследования в высокогорной долине р. Теберда, расположенной на склоне Передового хребта в Карачаево-Черкесии (рис. 1).

В задачи работ входило прослеживание верхней границы грунтовых вод и поиск участков палеодолин (переуглублений), сложенных грубообломочными и песчаными водонасыщенными отложениями четвертичного возраста.

Четвертичные отложения в районе работ распространены преимущественно в пределах пойм,

пойменных и надпойменных террас р. Теберда и ее притоков. Условно принято возрастное деление отложений на две толщи: нерасчлененную верхнеплейстоцен-нижнеголоценовую переуглублений (Q_{III-IV}^1) и верхнеголоценовую пойм и современных русел (Q_{IV}^2). Разрез аллювия слагают в основном валунно-галечниково-гравийные отложения русловых фаций с песчаным или песчано-глинистым заполнителем, а также разнозернистые пески с включениями гальки. Ниже по разрезу, как правило, отмечается увеличение содержания глинистого материала [5].



Рис. 1. Сейсмические работы в долине р. Теберда

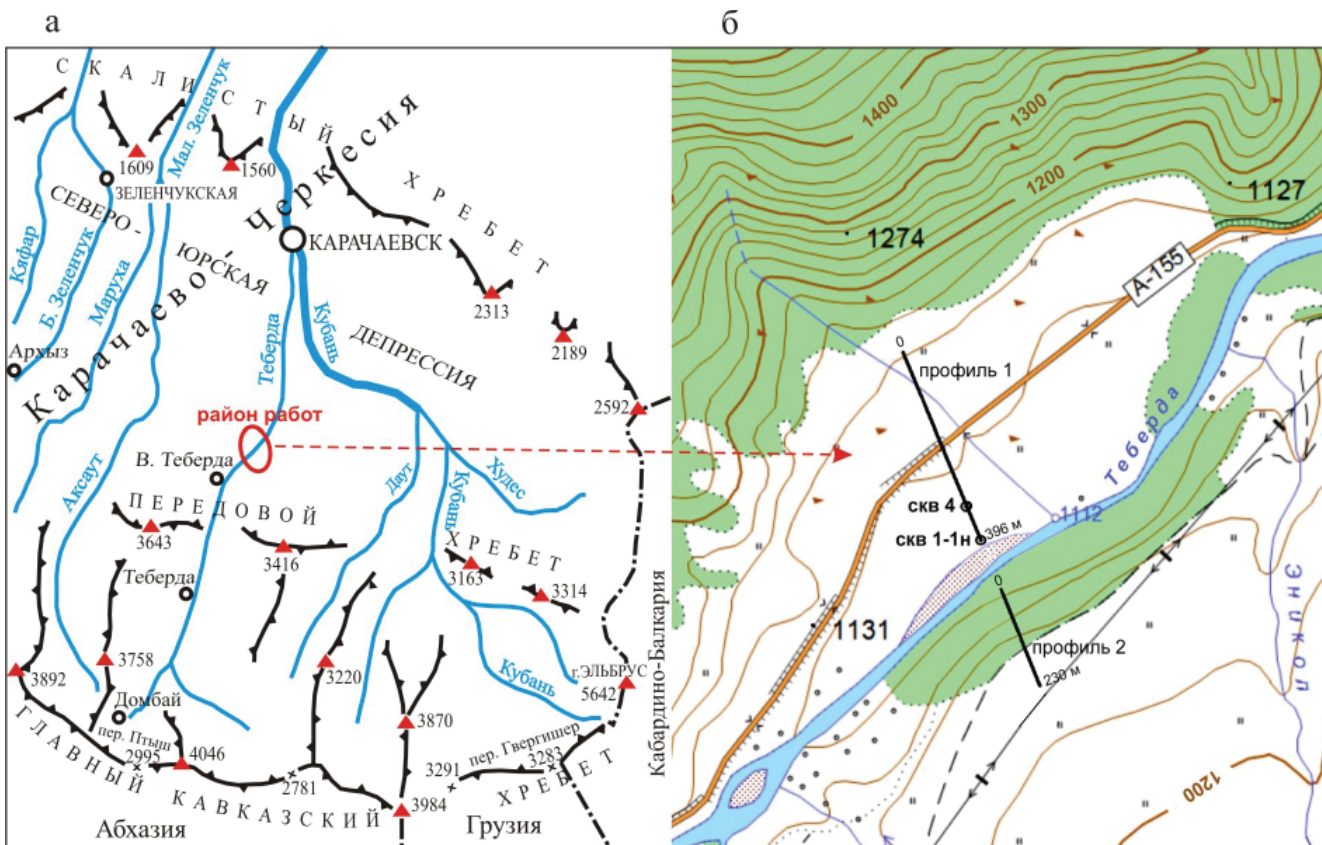


Рис. 2. Район сейсмических работ: а – орография бассейна р. Кубань, б – схема расположения сейсмических профилей

Окрестность пос. Верхняя Теберда, где были проведены работы, относится к высокогорью, в пределах которого часто встречаются отложения переуглублений ледникового выпайивания (гляциальные отложения). Ложе долины представлено дислоцированными карбонатно-терригенными породами палеозойского возраста ($D_{2-3}-P_1$). Глубина залегания кровли коренных пород на участках переуглублений долины достигает 100 м и более [1, 5].

Для решения поставленной задачи при сейсмических работах применялся метод ОГТ, позволяющий использовать при обработке материала как отраженные, так и преломленные волны. Сейсмические наблюдения регистрировались 97 приемными устройствами, расставленными вдоль линии профиля на длину 192 м с шагом 2 м, расстояние между пунктами возбуждения колебаний 4 м.

Инженерно-сейсмические работы выполнялись телеметрической сейсмостанцией РОСА® (Россия, разработка СНИИГГиМС) [6]. Длительность сейсмозаписи 2 с, шаг дискретизации 1 мс. Наблюдения выполнялись на Z-компоненте с использованием геофонов GS-20DX. Применено ударное возбуждение упругих колебаний кувалдой весом 6 кг с использованием 4–6 накоплений воздействий.

Работы выполнены по двум профилям, расположенным на левобережье (профиль 1) и правобережье (профиль 2) р. Теберда около пос. Верхняя Теберда (см. рис. 1). Общая длина профилей 630 м. Профиль 1 расположен в предгорье и пойме р. Те-

берда, профиль 2 пересекает две надпойменные террасы (рис. 2).

На всех сейсмограммах получены четкие сейсмозаписи продольных (P) прямых и преломленных волн. Преобладающая частота записи 90–120 Гц. Во вторых вступлениях во многих случаях уверенно выделялась низкочастотная поперечная (S) волна, а также продольные отраженные волны ($P_{отр}$) (рис. 3).

Обработка полученных сейсмических материалов проводилась с использованием как преломленных, так и отраженных волн. Для изучения строения верхней части разреза четвертичных отложений были использованы первые вступления продольных волн. Построение сейсмических раз-

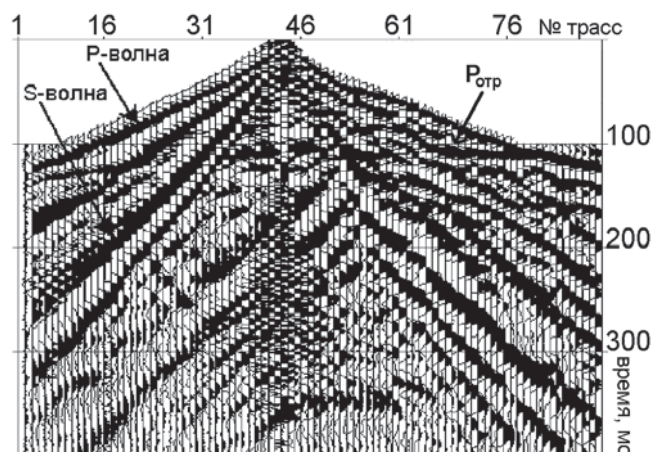


Рис. 3. Прослеживание P- и S-волн на сейсмограмме



резов по продольным преломленным волнам проводилось способом послышной интерпретации годографов первых вступлений [3] и с применением программного комплекса ProMaxSeisSpace 5000 и модуля «RefractionStaticsCalculation», вычисляющего скорость в преломляющем слое и времена запаздывания.

Первичная обработка годографов первых вступлений показала двуслойное строение верхней части разреза: были выделены две преломленные волны. Первая из них отождествляется с подошвой зоны малых скоростей.

Для отображения особенностей прослеживания преломленных волн с помощью программного комплекса были построены временные разрезы отдельно для каждой из них. На первом этапе, по сейсмограммам общего пункта возбуждения были определены интервалы прослеживания для каждой волны и измерены граничные скорости. Для более корректного определения скорости в сейсмограммы предварительно были введены статические поправки за рельеф. Выбранные интервалы удалений послужили базой для последующего суммирования. Для обеспечения спрямления осей синфазности преломленных волн и нахождения t_0 применялась редукция по закону $t_{ред} = t_0 - x/V_r$, где $t_{ред}$ – редуцированное время; x – удаление источник-приемник; V_r – граничная скорость. Редуцированные трассы, соответствующие выбранному диапазону удалений, для отображаемой границы суммировались. Координата полученной суммотрассы относилась к середине базы в данном наборе удалений. Ввиду ожидаемой гладкости и субгоризонтальности преломляющих границ построение указанных временных разрезов было выполнено только с использованием одного (правого) фланга сейсмограмм общего пункта возбуждения.

Характер прослеживаемости преломляющего горизонта, связанного с подошвой зоны малых скоростей, показан на временном сейсмическом разрезе по профилю 1 (рис. 4, б). Граничная скорость по подошве зоны малых скоростей изменялась от 500–600 на пойменных участках до 700–1000 м/с в предгорьях и на надпойменных террасах; ее значения соответствуют скорости продольных волн в неводонасыщенных валунно-галечниково-гравийных грунтах [4]. Скорость продольных волн (V_p) в зоне малых скоростей на различных участках разреза изменялась от 260 до 420 м/с, мощность слоя – от 2 до 8 м, а мощность слоя между подошвой зоны малых скоростей и второй преломляющей границей – от 2 до 20 м.

Второй преломляющий горизонт характеризуется граничной скоростью 2300–2600 м/с и отождествляется с кровлей первого водоносного горизонта (ВГ) (см. рис. 4, в), что соответствует водонасыщенным валунно-галечниково-гравийным отложениям с песчаным или глинисто-песчаным заполнителем [4]. На профиле 2 границу ВГ по данным преломленных волн удалось проследить только в его начальной части. В пределах второй над-

пойменной террасы преломленная волна от этого горизонта в первые вступления не вышла. Поверхность водоносного горизонта здесь была прослежена по разрезу ОГТ.

Разрезы ОГТ продольных отраженных волн построены с использованием стандартного графа обработки сейсмических материалов в программном комплексе ProMaxSeisSpace 5000. Граф обработки состоял из набора процедур, включавших расчет статических поправок по данным преломленных волн, поверхностно-согласованную деконволюцию, подавление высокоамплитудных помех, подавление широкого спектра поверхностных волн-помех. Далее был проведен интерактивный анализ кинематических поправок, результатом которого стали эффективные скорости суммирования $V_{ОГТ}$. Временной сейсмический разрез строился от рельефа дневной поверхности (см. рис. 4, г). Пересчет временного разреза в глубинный проводился с использованием средней скорости $V(t, x) = 0,8V_{ОГТ}(t, x)$ по полученному временному разрезу скорости $V_{ОГТ}(t, x)$.

Волновое поле на разрезах ОГТ контрастно разделяется на две различные сейсмофациальные области. Верхняя ($t_0 \leq 100$ мс) характеризуется интенсивными субгоризонтальными и слабо наклонными отражателями. По привязке к скважинам она отображает строение четвертичных отложений. Наиболее выразительная по амплитуде отраженная волна отождествляется с кровлей верхнего ВГ. Для нижней сейсмофациальной области типичны круто наклонные отражающие площадки. Она может соответствовать сильно дислоцированным породам палеозойского возраста ($D_{2-3}-P_1$) [1, 5]. Границу резкого углового несогласия между этими областями следует рассматривать как кровлю средне-верхнедевонских – нижнепермских отложений (горизонт Ф).

В результате комплексной обработки сейсмических материалов с привлечением продольных преломленных и отраженных волн была получена геолого-геофизическая модель четвертичных отложений, выполняющих ложе долины р. Теберда (рис. 5). Выше уровня грунтовых вод разрез представлен аллювиальными отложениями (αQ_{IV}^2) в пойменной части профилей и пролювием (prQ_{IV}^2) в предгорьях и на надпойменных террасах.

Ниже уровня грунтовых вод в четвертичных отложениях по данным ОГТ выделяется несколько литологических комплексов. По привязке к скважинам 4-П и 1–1н горизонт ВГ является кровлей верхнего аллювиального комплекса. Этот комплекс следует отнести к наиболее перспективной гидрогеологической структуре. Максимальная его мощность 15–16 м. Подошвой верхнего аллювиального комплекса служит 2–3-метровый пласт глин, он же представляет собой кровлю нижнего аллювиального комплекса, сложенного песками с включениями гальки, который также следует рассматривать как перспективно водоносный. Максимальная мощность данного комплекса достигает 22 м.

Ниже аллювиальных комплексов с некоторой долей условности выделяются аллювиально-флювиогляциальный, флювиогляциальный и гляциальный комплексы, также водоносные, но степень их обводненности ниже, чем аллювиальных комплексов. По границе Ф фиксируются три депрессионные зоны (переуглубления) в ложе долины. В центральной зоне (интервал профиля 240–360 м) максимальная мощность четвертичных отложений составляет 94 м, в северо-западной – 58 м, в юго-восточной – 75 м. Переуглубление с наибольшей мощностью четвертичных отложений следует связать с начальным этапом формирования долины р. Теберда. Боковые переуглубления, скорее всего,

связаны со вторичными руслами либо с боковыми притоками.

Таким образом, комплексный анализ преломленных и отраженных волн позволил достичь более детального расчленения разреза четвертичных отложений и выделить водонасыщенную его часть.

Для более детальной оценки скоростного строения четвертичных отложений и характера их водонасыщенности были выполнены сейсмотомографические построения с использованием годографов продольных волн в первых вступлениях и рефрагированных поперечных волн в последующих вступлениях [2]. Сейсмотомографический разрез по параметру V_p подтвердил разделение толщи чет-

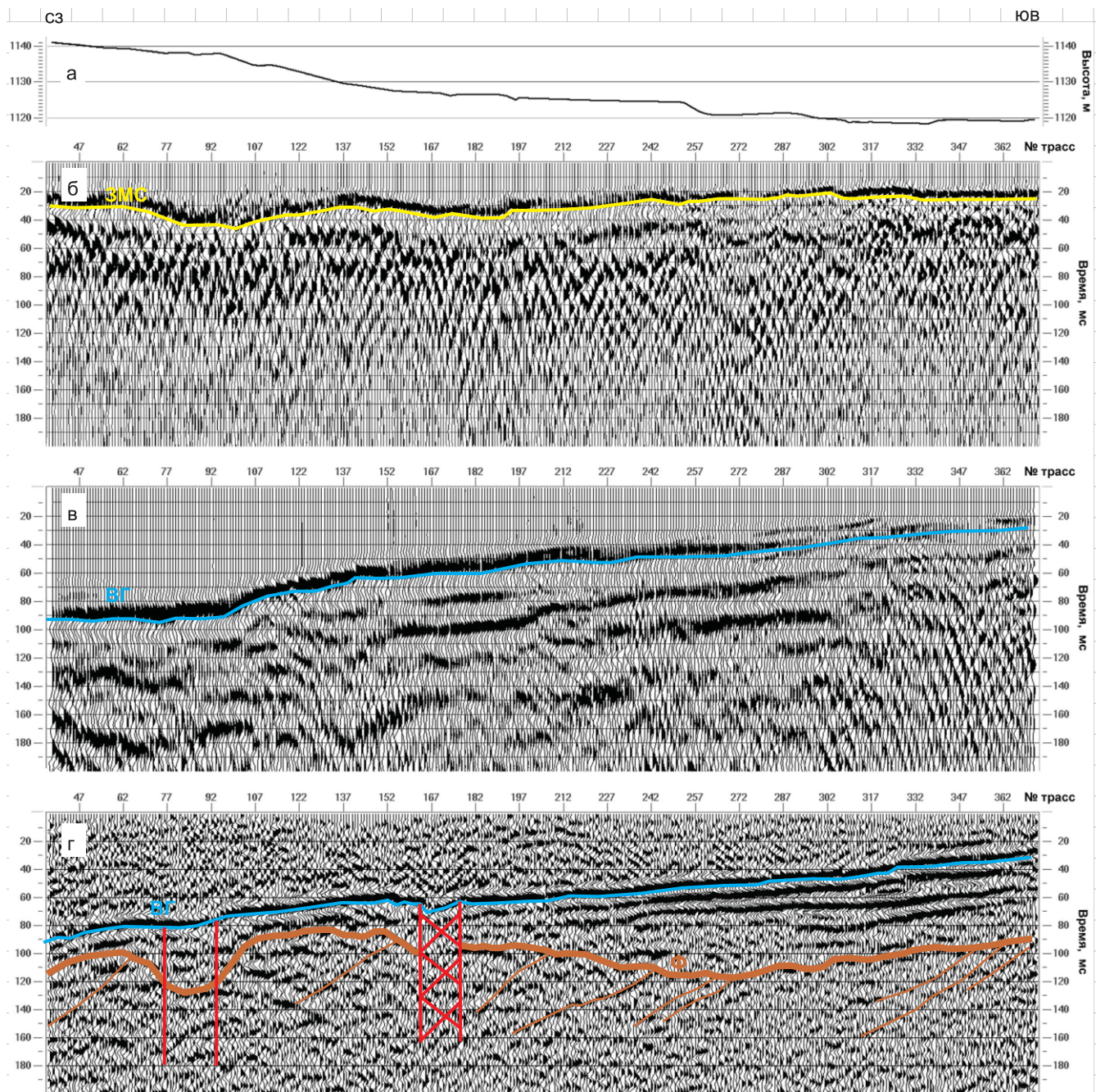


Рис. 4. Временные сейсмические разрезы по профилю 1: а – рельеф дневной поверхности; б – разрез преломленных волн от подошвы зоны малых скоростей (ЗМС); в – разрез преломленных волн от кровли водоносного горизонта (ВГ); г – разрез ОГТ продольных отраженных волн (Ф – поверхность коренных пород)

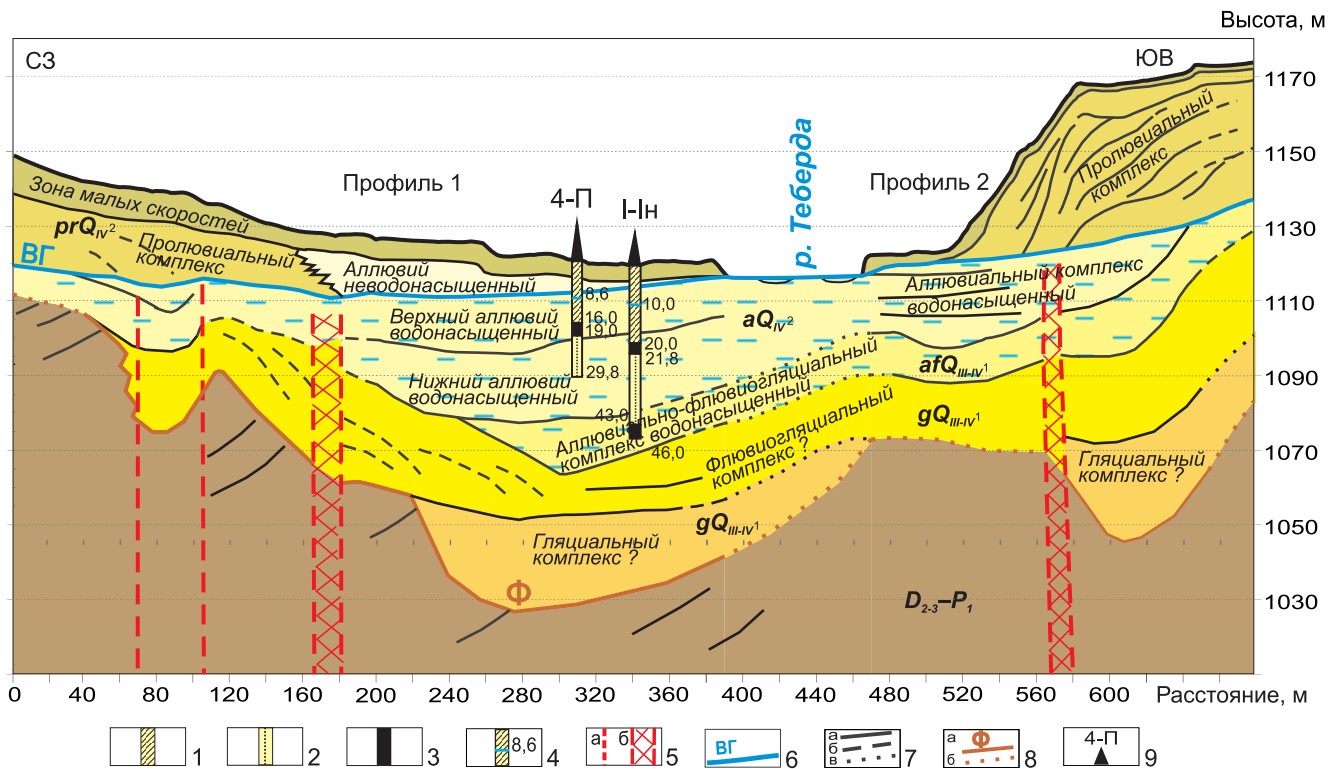


Рис. 5. Сводный геолого-геофизический разрез по профилям 1 и 2, Верхнетебердинский участок

1 – валунно-галечные отложения; 2 – пески; 3 – глина с включением гальки; 4 – отметка уровня воды в скважине; 5 – нарушенные зоны: а – локальные, б – большой мощности; 6 – первый водоносный горизонт; 7 – отражающие и преломляющие границы: а – уверенные, б – неуверенные, в – предполагаемые; 8 – поверхность коренных пород (Ф): а – уверенная, б – предполагаемая; 9 – скважина

вертикальных отложений на низко- ($V_p = 400\text{--}900$ м/с) и высокоскоростной ($V_p > 1700$ м/с) интервалы глубин (рис. 6, а). При этом низкоскоростная область расположена выше преломляющего горизонта ВГ.

На сейсмотомографическом разрезе по параметру V_s отмечается достаточно плавное возрастание значений V_s с увеличением глубины (см. рис. 6, б). В верхней части разреза (выше гра-

ницы ВГ) они составляют 200–450 м/с, что соответствует неводонасыщенным валунно-галечно-гравийным грунтам [4]. Ниже границы ВГ значения V_s увеличиваются до 500–750 м/с. Такие скорости свойственны водонасыщенным валунно-галечно-гравийным отложениям [4]. На участке 40–100 м по линии профиля в скоростном разрезе отмечается локальная аномалия пониженных значений V_s , которая согласуется с положением локальной депрессии горизонта Ф на геолого-геофизическом разрезе. Данный участок, вероятнее всего, следует связать с одним из более поздних русел р. Теберда.

Сейсмотомографический разрез по параметру V_s/V_p позволил получить представление о водонасыщенности четвертичных отложений (рис. 7). Толща, расположенная выше границы ВГ, характеризуется значениями $V_s/V_p = 0,35\text{--}0,65$, свойственными неводонасыщенным грунтам. Ниже границы ВГ располагаются четвертичные отложения, характеризующиеся значениями $V_s/V_p \leq 0,3$, которые отвечают водонасыщенным грунтам, в том числе и валунно-галечниково-гравийным [4].

Перспективность гидрогеологической структуры определяется фильтрационными свойствами грунтов и ее мощностью. Фильтрационные свойства водонасыщенных валунно-галечно-гравийных отложений зависят от литологии заполнителя. Наилучшими фильтрационными свойствами обладают грунты с минимальным содержанием заполнителя (промы-

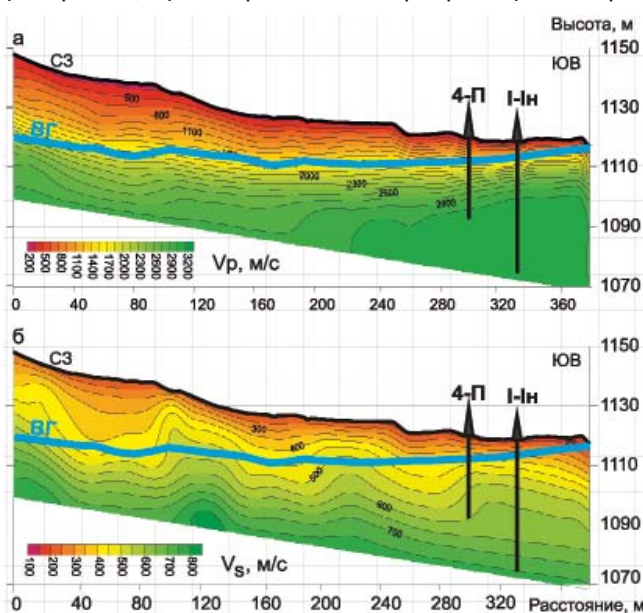


Рис. 6. Сейсмотомографические разрезы по профилю 1: а – параметр V_p ; б – параметр V_s

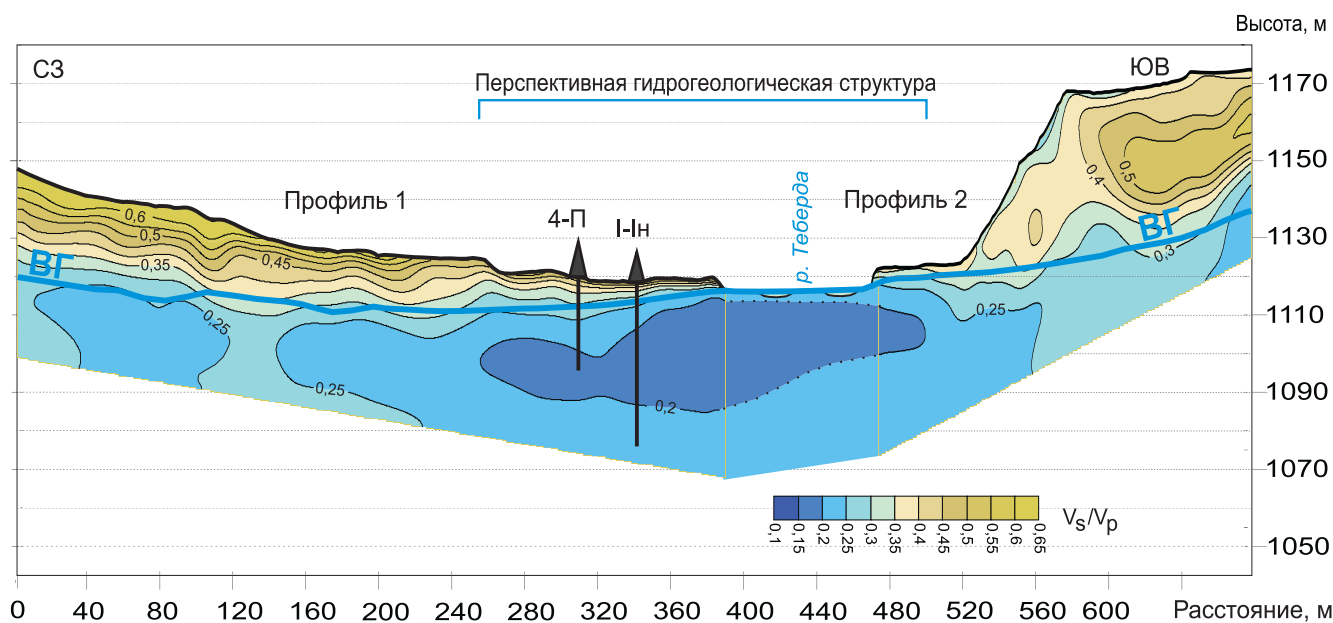


Рис. 7. Сводный сейсмотомографический разрез по параметру V_s/V_p (профили 1 и 2, Верхнетебердинский участок)

тые валунно-галечные отложения) или с песчаным заполнителем. Значения V_s/V_p для таких грунтов составляют 0,10–0,20. Валунно-галечно-гравийные грунты с глинистым заполнителем обладают пониженными фильтрационными свойствами. Значения параметра V_s/V_p для них повышены до 0,25. Таким образом, наиболее перспективными следует считать аллювиальные отложения (верхний и нижний комплексы), расположенные в пойменной части разреза ($V_s/V_p \leq 0,2$) с максимальной мощностью около 40 м. В пределах предгорья и надпойменных террас также отмечаются локальные зоны повышенной обводненности, связанные с аллювиальными отложениями, однако их фильтрационные свойства оцениваются ниже, чем в пойменной части р. Теберда.

Выводы

Выполненные в высокогорных условиях сейсмические наблюдения с использованием преломленных и отраженных волн позволили установить многопластовое строение четвертичных отложений, выполнить литолого-фациальную стратификацию отдельных комплексов, отображающую историческую последовательность формирования четвертичных отложений долины р. Теберда. Прослежена верхняя граница грунтовых вод. Значения граничной скорости по ней соответствуют водонасыщенным валунно-галечно-гравийным отложениям.

Определена глубина залегания коренных пород палеозойского возраста. На поверхности коренных пород выделены три палеодолины (переуглубления), в одной из них (центральной) мощность четвертичных отложений достигает 100 м.

Сейсмотомография по параметру V_s/V_p позволила оценить характер водонасыщенности выделенных литологических комплексов и спрогнозировать наиболее водобильные отложения с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами.

Выполненные работы показали целесообразность комплексной интерпретации сейсмических данных на преломленных и отраженных волнах при работах по оценке резервуаров подземных вод в условиях сложнопостроенных горных речных долин.

В работе учтены замечания к. г.-м. н. О. В. Шигановой, которые способствовали улучшению качества статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала), К-39: объяснительная записка / В. А. Лаврищев, А. А. Шейков, В. М. Андреев и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. – 431 с. + 8 вкл.
2. **Канарейкин Б. А., Сагайдачная О. М., Дунаева К. А.** Сейсмотомография верхней части разреза Восточно-Камчатского прогиба // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 2. – С. 31–35.
3. **Метод** преломленных волн / А. М. Епинатьева, Г. М. Голошубин, Ал. Литвин и др. – М.: Недра, 1990. – 297 с.
4. **Методические** рекомендации по определению состава, состояния и свойств грунтов сейсмоакустическими методами / сост.: О. П. Аникин, Ю. В. Горшенин; одобрено Главтранспроектком. – М.: ЦНИИС, 1985. – 65 с.
5. **Потапенко Ю. Я.** Геология Карачаево-Черкесии: учеб. пособие. – Карачаевск, 2004. – 154 с.
6. **Сейсмическая** система сбора данных на основе регистраторов семейства РОСА / О. М. Сагайдачная, А. В. Сагайдачный, А. С. Сальников, А. Н. Шмыков // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 77–81.

REFERENCES

1. *Lavrishchev V.A., Sheykov A.A., Andreev V.M., et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy*



Federatsii. *Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokoloenie). Seriya Skifskaya. List K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala), K-39. Ob'yasnitel'naya zapiska.* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third edition). Scythian series. Sheet K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala), K-39. Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2011. 431 p. + 8 incl. (In Russ.).

2. Kanareikin B.A., Sagaidachnaya O.M., Dunayeva K.A. [Seismic tomography of the shallow subsurface of the Eastern-Kamchatka trough]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki – Equipment and systems of exploration geophysics*, 2011, no. 2, pp. 31–35. (In Russ.).

3. Epinat'eva A.M., Goloshubin G.M., Litvin A.I., et al. *Metod prelomlennykh voln* [Refraction method]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 297 p. (In Russ.).

4. Anikin O.P., Gorshenin Yu.V. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu sostava, sostoyaniya i svoystv gruntov seismoakusticheskimi metodami* [Methodical recommendations on determining soil structure, state and properties by seismoacoustic methods] Moscow, TsNIIS Publ., 1985. 65 p. (In Russ.).

5. Potapenko Yu.Ya. *Geologiya Karachaevo-Cherkessii: ucheb. Posobie* [Geology of Karachayev-Cherkessiya: work-book]. Karachayevsk, 2004. 154 p. (In Russ.).

6. Sagaidachnaya O.M., Sagaidachny A.V., Salnikov A.S., Shmykov A.N. [A seismic system of data acquisition on the basis of POCA® family recorders]. *Razvedka i okhrana nedr – Mineral exploration and subsoil protection*, 2007, no. 8, pp. 77–81. (In Russ.).

© Б. А. Канарейкин, Е. Ю. Гошко, Е. В. Мосягин,
А. С. Сальников, А. В. Сагайдачный, 2017



ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В СЛЮДЯНСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Д. Абалаков, Н. Б. Базарова

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

Рассматривается влияние разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду Слюдянского района Иркутской области. Отражены основные этапы освоения месторождений. Показаны технология и способы их разработки. Приведена карта, на которой отражена степень техногенного воздействия на окружающую среду в зависимости от вида добываемого сырья, его токсичности, способа разработки, площади нарушенных земель, их плотности в пределах муниципальных образований, с учетом ландшафтных особенностей территории. Раскрыты перспективы развития отрасли, связанные с вовлечением в оборот новых минерально-сырьевых ресурсов и обеспечением экологической безопасности за счет размещения производства за границами Центральной экологической зоны Байкальской природной территории.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, окружающая среда, техногенное воздействие, карта, Слюдянский район Иркутской области.

INFLUENCE OF MINING INDUSTRY ON ENVIRONMENT IN THE SLYUDYANSKIY DISTRICT OF IRKUTSK REGION

A. D. Abalakov, N. B. Bazarova

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

The influence of mineral deposits exploitation on environment in the Slyudyansky District, Irkutsk Region is examined. Main stages of exploration are reflected. Technology and their mining methods are shown. Compiled map and tabulated explication show the extent of technological environmental impact depending on minable raw materials, their toxicity, way of mining, areas of disturbed lands, their density within municipal formations, considering the territory landscape features. Prospects of the branch development concerned with involvement into circulation of new mineral resources and providing ecological protection due to industrial siting out of the borders of the Cenral ecological zone of the Baikar Natural Territory are revealed.

Keywords: mining, environment, technological impact, map, Slyudanskiy District, Irkutsk Region.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-117-124

Горнодобывающий комплекс является старейшей отраслью специализации Слюдянского района и играет существенную роль в его экономике. Вместе с тем деятельность *горнодобывающих предприятий* приводит к загрязнению окружающей среды: оказывает серьезное воздействие на литосферу в виде деформации земной поверхности в зоне размещения месторождений, на атмосферу – при взрывах в карьерах и пыления отвалов за счет ветровой эрозии. Гидросфера загрязняется в результате попадания веществ из стоков.

Актуальность оценки воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду в Слюдяном районе обусловлена тем, что здесь представлены экологически ценные и ранимые ландшафты. Большая часть района входит в состав Центральной экологической зоны Байкальской природной территории, одновременно являющейся водоохраной зоной оз. Байкал. Северо-восточное его побережье на участке Порт Байкал – пос. Култук относится к Прибайкальскому национальному парку. Имеются серьезные природоохранные ограничения на ведение хозяйственной деятельности на этих землях, в том числе в сфере недропользования.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.08.2001 № 643 утвержден перечень запрещенных здесь видов деятельности, в соответствии с которым в Центральной экологической зоне, относящейся к территории Слюдянского района, запрещены разведка и разработка новых месторождений, ранее не затронутых эксплуатационными работами, а также добыча песка, гальки, гравия и щебня на акватории оз. Байкал, в его прибрежной защитной полосе, в руслах нерестовых рек и их прибрежных защитных полосах.

Недра Слюдянского района содержат большие запасы минерально-сырьевых ресурсов. Здесь разведано 43 месторождения: одно железорудное, три – подземных вод, остальные – неметаллических полезных ископаемых [2] (горнотехническое, керамическое и огнеупорное, строительное сырье, а также ювелирно-поделочные камни). Кроме этого, открыто множество проявлений различных полезных ископаемых; требуется дальнейшее их изучение: железных, марганцевых, титаномагнетитовых, фосфатных руд, руд редких металлов, волластонита, диопсида, полевошпатового сырья, графита, драгоценных и поделочных камней (лазурита, амазони-

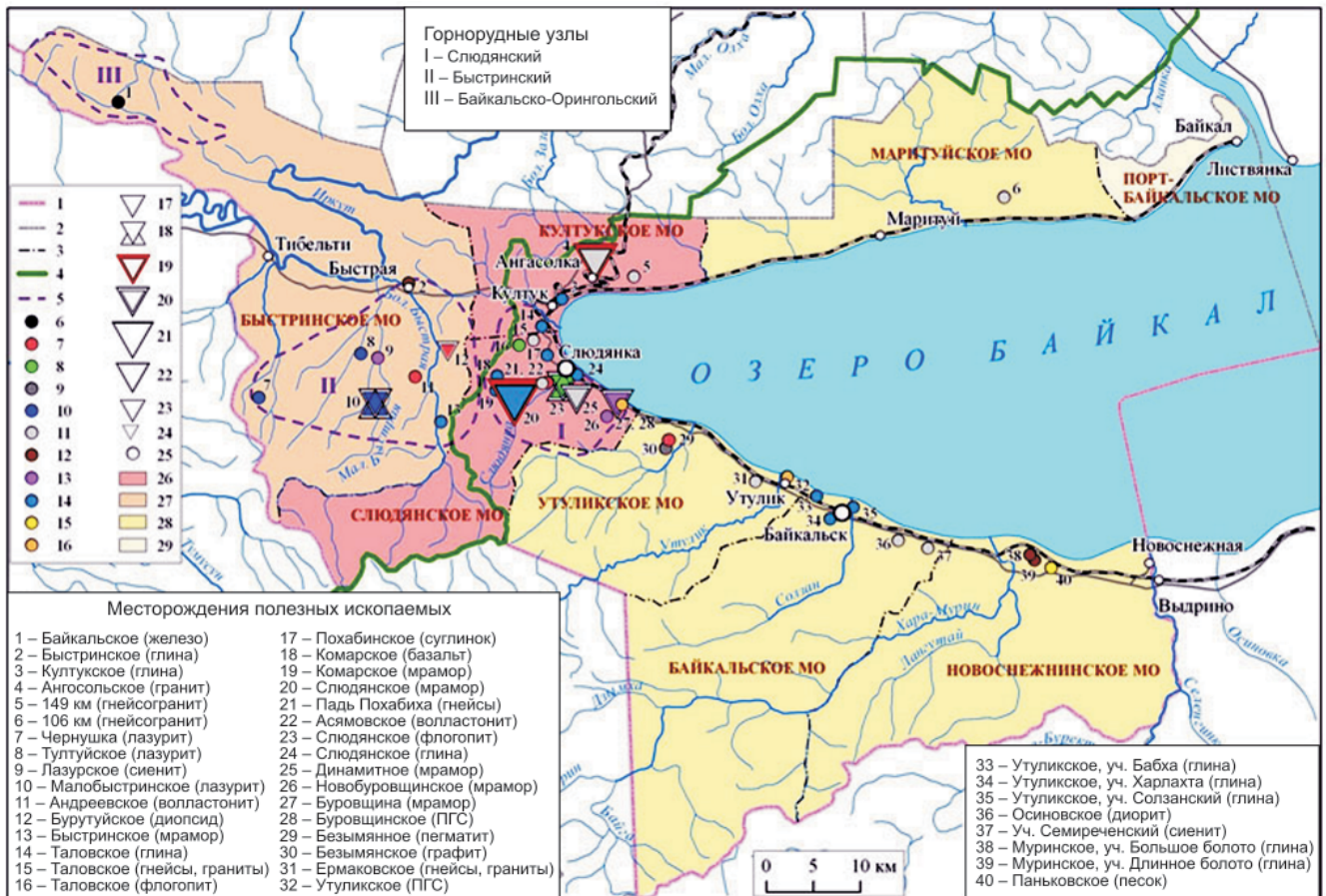


Рис. 1. Карта воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду

Границы: 1 – Иркутской области, 2 – административных районов, 3 – муниципальных образований Слюдянского района, 4 – Центральной экологической зоны, 5 – горнорудных узлов; виды полезных ископаемых: 6 – железная руда, 7 – керамическое и огнеупорное сырье (диопсид, волластонит, пегматит), 8 – флогопит, 9 – графит, 10 – лазурит, 11 – камень строительный, 12 – глины кирпичные и керамзитовые, 13 – облицовочный камень, 14 – цементное сырье, 15 – песок строительный, 16 – песчано-гравийные смеси (ПГС); виды воздействия на окружающую среду: 17 – карьеры, отвалы (открытый способ разработки), 18 – шахты, штольни, карьеры, отвалы (комбинированный способ разработки); горнодобывающие предприятия по эксплуатационной стадии: 19 – действующие, 20 – законсервированные; площадь нарушенных земель, км²: 21 – более 1, 22 – 0,5–1, 23 – 0,1–0,5, 24 – 0,01–0,1, 25 – 0,01; плотность нарушений, км²/тыс. км²: 26 – 1–10, 27 – 0,1–1, 28 – 0,01–0,1, 29 – 0

та, лавровита, иризирующих полевых шпатов и др.), различных строительных материалов.

История горного промысла в Южном Прибайкалье насчитывает более двух веков и связана с добычей слюды на Слюдянском флогопитовом месторождении, вслед за которой началась эпизодическая добыча лазурита в бассейне р. Мал. Быстрая, облицовочного камня недалеко от берега Байкала вблизи ст. Буровщина и по р. Похабиха. В настоящее время в районе разрабатываются два месторождения – Слюдянское мраморов и Ангасольское гранитов и мигматитов. Ранее эксплуатировались Слюдянское месторождение слюды-флогопита, Малобыстринское месторождение лазурита, а также месторождения мраморов Буровщина и Динамитное. Периодически велась опытно-промышленная эксплуатация Бурутуйского месторождения диопсида. Большая часть месторождений в районе никогда не разрабатывались, но на них в разные годы проводились поисково-разведочные работы различной степени детальности (рис. 1, см. таблицу).

Наибольшие площади нарушенных земель образованы при эксплуатации Слюдянского месторождения мраморов, Ангасольского – гранита, Слюдянского – слюды-флогопита.

Далее рассмотрим особенности их разработки и степень воздействия на окружающую среду указанных месторождений.

Слюдянское месторождение мраморов находится в 7 км к юго-западу от г. Слюдянка на узком водораздельном гребне рр. Слюдянка и Похабиха на высоте 800–900 м над уровнем моря. Здесь представлены кедрово-лиственничные травяно-кустарничковые леса крутых эродированных склонов (здесь и далее ландшафтная характеристика дается с использованием [8]).

Месторождение разрабатывается открытым способом. Карьер состоит из террас, созданных при отработке месторождения (рис. 2, 3).

Отвалы горных пород сформировали левый борт долины р. Слюдянка. Местами осыпной склон подступает к руслу реки, что повышает селевую



Экологическая характеристика объектов горнодобывающей промышленности Слюдянского района

№ на карте	Месторождение полезных ископаемых / вид добываемого сырья	Способ разработки	Площадь нарушенных земель, км ²	Токсичность сырья	Значимость ландшафта	Устойчивость ландшафта	Воздействие на компоненты окружающей среды				
							Литосфера	Атмосфера	Гидросфера	Биосфера	Население
1	Слюдянское (Перевал) / мрамор	Открытый	2,1	+	+++	+	+++	+++	+	+++	++
2	Ангасольское / гранит	«	0,52	+	++	++	+++	+++	++	+++	+++
3	Слюдянское / флогопит	Комбинированный	0,27	+	++	+	++	-	+	+++	+
4	Буровщина / мрамор	Открытый	0,18	+	+++	+	++	-	+	+++	+
5	Малобыстринское / лазурит	Комбинированный	0,14	+	+++	+++	++	-	+	+++	-
6	Динамитное / мрамор	Открытый	0,1	+	++	+	++	-	+	++	+
7	Бурутуйское / диопсид	«	0,04	+	+++	++	+	-	+	+	-

Примечание. Токсичность сырья, значимость ландшафта, устойчивость ландшафта: высокая (+++), средняя (++) , низкая (+). Воздействие на компоненты окружающей среды: сильное (+++), умеренное (++) , слабое (+), отсутствует (-).



Рис. 2. Карьер на Слюдянском месторождении мраморов (вид из космоса)

опасность. Данный карьер относительно земной поверхности, по классификации В. В. Ржевского, может быть отнесен к нагорному виду, т. е. залежи полезного ископаемого располагаются выше господствующего уровня поверхности на возвышенности или склоне горы. Полезные ископаемые – мрамор и известняк, потребительская ценность – сырье цементное, строительный камень.

Разрабатывает месторождение предприятие «Карьер „Перевал“ ОАО „Ангарскцемент“». История карьера началась в 1952 г., когда было принято решение о строительстве в Иркутской области предприятия по производству цемента. В 1955 г. начато строительство горного предприятия «Перевал»,

в ноябре 1957 г. была отгружена первая продукция, а с 1961 г. предприятие вышло на проектную мощность. При годовой производительности около 1 млн т предприятие обеспечено запасами мраморов более чем на 100 лет.

До кризиса 1990-х гг. ежегодный объем добычи мраморного камня составлял 5 тыс. м³, из них примерно 3 тыс. м³ вывозилось за пределы района, остальное перерабатывалось на месте. Карьер «Перевал» – сырьевая база Ангарского цементного завода, является филиалом ОАО «Ангарскцемент». Это предприятие с законченным производственным циклом по добыче, дроблению и отгрузке сырья. Система отработки месторождения – горизонталь-



Рис. 3. Слюдянский мраморный карьер [4]

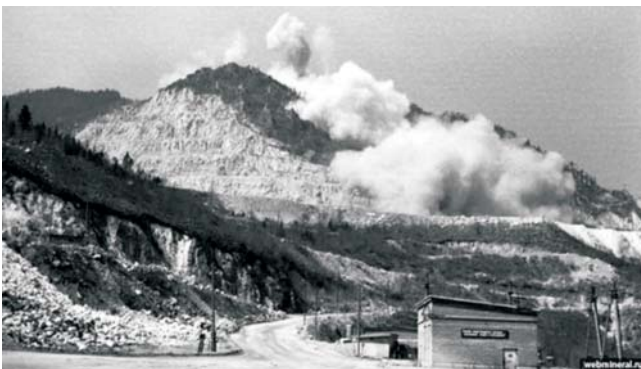


Рис. 4. Взрывные работы на карьере «Перевал» [4]



Рис. 5. Карьер Ангасольского месторождения (вид из космоса)

ными слоями сверху вниз с высотой уступа 10 м. Отработка слоя ведется поперечными заходками через каждые 30 м, по высоте оставляются предохранительные бермы шириной 10–12 м. Отбойка породы осуществляется с использованием буровзрывных работ (рис. 4), погрузка в автосамосвалы ведется экскаваторами. Сырье транспортируется на фабрику первичного дробления, после которой по двум подвесным канатным дорогам доставляется на шнековую дробилку, сортируется по фракциям и отправляется на склад готовой продукции, откуда железнодорожным транспортом доставляется на Ангарский цементный завод и прочим потребителям. В 2014 г. добыча мрамора составила 978 тыс. т.

Площадь нарушенных земель, включая карьер, отвалы вскрышных и обработанных пород, а также

промышленную зону, составляет 2,1 км². Белый дробленный мрамор месторождения по своим физико-механическим свойствам представляет собой абсолютно экологически чистый материал, относящийся к 1-му классу строительных материалов. В целом мраморы соответствуют наиболее низкому классу токсичности.

На предприятии главным источником загрязнения атмосферы является пыль, образующаяся на стадии пересыпки, дробления сырья и складирования продукции. В районе карьера «Перевал», где проводятся взрывные работы при добыче мрамора, в снежном покрове г. Слюдянка выявлено максимальное накопление стронция и кальция. При горно-долинных ветрах загрязненные примеси распространяются и на побережье оз. Байкал [5, 9]. Тем не менее в целом производство не представляет экологической опасности для Байкала.

Ангасольское месторождение строительного камня расположено на Транссибирской магистрали в 200 м к северу от ст. Ангасолка Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД), в 20 км к северу от г. Слюдянки, в 2,5–3 км от Байкала, в краевой части Олхинского плоскогорья, примыкающего к глубоко расчлененным речными долинами склонам Байкальской впадины, на высоте 830 м над уровнем моря (рис. 5). Здесь находятся верховья небольшого ручья – притока р. Правая Ангасолка, впадающей в оз. Байкал у ст. Старая Ангасолка Кругобайкальской железной дороги (КБЖД). На пологом водоразделе представлены кедровые кустарничково-моховые, а на крутых южных склонах – светлохвойные и мелколиственные травяные леса. Полезные ископаемые – гранит и мигматит, потребительская ценность – щебень строительный.

Эксплуатацию месторождения в течение 50 лет осуществляет Ангасольский щебеночный завод. Месторождение обрабатывается карьером буровзрывным способом по транспортной схеме с внешним отвалообразованием. Карьер относится к нагорному виду. Разгрузка автосамосвалов осуществляется в приемный бункер корпуса дробления.

В настоящее время предприятие является филиалом ОАО «Первая нерудная компания» и снабжает своей продукцией ВСЖД – филиал РЖД. Основная продукция завода – щебень из природного камня в виде смеси фракций от 25 до 60 мм для балластного слоя железнодорожного пути. Кроме того, завод выпускает щебень в виде смеси фракций от 5 до 25 мм, песок из отсевов дробления для строительных работ, а также бутовый камень (скальный грунт) для волноломов. На территории горнодобывающего предприятия имеются карьер, склады и площадки для разгрузки взрывчатых веществ, погрузочные платформы, хвостохранилища, котельная, очистные сооружения и дробильный цех, где осуществляется процесс приготовления щебня.

Экологическая оценка разработки месторождения дана в работе [7]. Основными источниками от-

ходов на заводе являются дробильный цех и котельная. Золошлаковые отходы котельной вывозятся далеко за пределы предприятия, отсев щебня – на свободные площади по периферии карьера, образуют конусы отвалов высотой до 12 м (рис. 6).

Граниты и мигматиты Ангасольского месторождения относятся к низкому классу токсичности. Площадь нарушенных земель 0,52 км².

Отвалы отсева пылят, загрязняют воздух и сточные воды минеральными веществами, количество которых в воде достигает 10000 мг/л. По р. Ангасолка они переносятся в оз. Байкал, скапливаются в устье реки в виде пылеватой пленки, которая препятствует доступу солнечных лучей и вызывает массовую гибель планктона [7].

Для снижения загрязнения окружающей среды отходами щебня, количество которых продолжает расти, необходимо использовать экологически чистые и приемлемые для щебеночного завода способы утилизации. Установлено, что щебень относится к строительному материалу I класса, который пригоден для всех видов строительства без экологических ограничений. Предлагается использование отходов производства щебня для изготовления тротуарной плитки, а отходы карьера (негабаритные блоки) рекомендуется использовать в качестве облицовочного материала при строительстве и изготовлении различных изделий [7].

На предприятии большое внимание уделяется охране окружающей среды – в дробильно-сортировочном цехе имеются четыре аспирационные установки, планируется введение в эксплуатацию пяти дополнительных установок, построено укрытие склада готовой продукции. Специалисты завода проводят постоянный экологический контроль соблюдения установленных нормативов.

Слюдянское месторождение слюды-флогопита расположено к юго-востоку от г. Слюдянки на расстоянии до 12 км на высоте 600–800 м над уровнем моря. В районе месторождения представлены кедровые с лиственницей мелкотравно-кустарничковые растительные сообщества, сильно нарушенные техногенным воздействием. Промышленная разработка месторождения велась с 1927 по 1975 гг. шахтами, штольнями и карьерами (комбинированный способ). Всего насчитывалось девять производственных участков-рудников, включающих множество горных выработок. Так, к руднику № 1 относятся расположенные в левом борту приустьевой части пади Улунтуй один крупный карьер, серия мелких, большое количество штолен (большинство их завалено), а также шахта № 4, остатки ствола которой сохранились рядом с дорогой, ведущей в верховья пади Улунтуй (рис. 7).

Рудник № 2 состоит из шахты, карьера с большим количеством заваленных штолен, а также нескольких заваленных шурфов. Глубина шахт достигала 130 м.

Карьеры относятся к нагорному типу. Полезное ископаемое – слюда-флогопит, потребительская

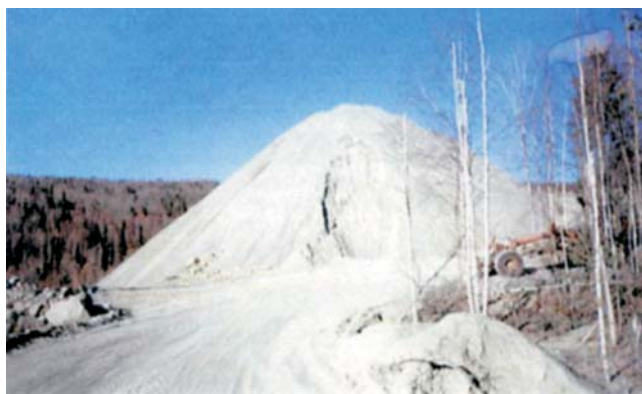


Рис. 6. Конус отвала отсева щебня [5]



Рис. 7. Современное состояние отвалов шахты № 4 первого рудника [4]

ценность – горнотехническое сырье. Слюда отличается очень высоким качеством. Площадь земель, нарушенных в процессе эксплуатации, 0,27 км². Токсичность сырья – низкая. В настоящее время месторождение законсервировано, карьеры зарастают лесом (рис. 8), кое-где сохранились входы в подземные выработки. Негативные последствия заброшенных подземных горных выработок проявляются в нарушении стока подземных вод и образовании провалов над ними [6].

Когда была прекращена добыча слюды, для сохранения рабочих мест на **месторождении Динамитное** была организована добыча строительных материалов, которая продолжалась около 30 лет. Месторождение расположено в правом борту правой пади Улунтуй в 1 км от стрелки пади, напротив карьера рудника № 8. Здесь представлены кедрово-лиственничные кустарничково-моховые леса, нарушенные техногенным воздействием. Месторождение было разведано специально для производства белой мраморной крошки. Оработка велась открытым способом (рис. 9). Карьер относится к нагорному типу. Полезное ископаемое – мрамор, потребительская ценность – щебень строительный, мраморная крошка. Площадь земель, нарушенных в процессе эксплуатации, 0,1 км². Токсичность сырья – низкая.

Месторождение розового мрамора Буровщина расположено в 1 км от одноименного остановоч-



Рис. 8. Карьер рудника № 2 [4]



Рис. 9. Карьер Динамитный (с сайта <https://urban3p.ru/object18831>)



Рис. 10. Карьер Буровщина (с сайта <https://urban3p.ru/object18831>)

ного пункта напротив дачного поселка у подножия склона хребта Хамар-Дабан на высоте 560–600 м над уровнем моря (рис. 10). Здесь на крутых склонах развиты кедрово-лиственничные мелкотравно-кустарничковые моховые леса. Начало разработки месторождения относится к периоду строительства Кругобайкальской железной дороги – началу XX века. Из этого мрамора построен железнодорожный вокзал в г. Слюдянке. Нынешний карьер был заложен в 1970 г. Относится к нагорному типу. Полезное ископаемое – мрамор, потребительская цен-

ность – облицовочный камень. В настоящее время работы на карьере не ведутся.

Негативное влияние карьера проявляется в нарушении ранее существовавшего в береговой зоне оз. Байкал природного ландшафта и выноса пыли из карьера и с отвалов на прилегающие территории в результате ветрового воздействия. Площадь нарушенных земель 0,18 км². Токсичность сырья – низкая.

Малобыстринское месторождение лазурита расположено в 25 км западнее г. Слюдянки на водоразделе рр. Малая Быстрая и Лазурская. Здесь представлены кедровые и пихтово-кедровые кустарничково-моховые с мелкотравьем леса на пологих склонах и выровненных поверхностях. Месторождение достаточно хорошо разведано и изучено: пробурены многочисленные разведочные скважины, заложены канавы. Добыча осуществлялась комбинированным способом – карьером и несколькими штольнями, расположенными в приводораздельной части правого борта р. Лазурская. Месторождение давало основную массу товарного лазурита в СССР и России. В настоящее время не разрабатывается, штольни завалены. Площадь нарушенных земель 0,14 км². Токсичность сырья – низкая.

Бурутуйское месторождение безжелезистых кварц-диопсидовых руд детально разведано в центральной части Быстринского горнорудного узла. Расположено на уплощенном водоразделе и пологих склонах рр. Большая Быстрая и Бурутуй на высоте 1100 м. Преобладают кедровые кустарничково-моховые леса. На месторождении заложен опытно-эксплуатационный карьер, с которого периодически велись поставки небольших партий сырья. Карьер относится к нагорному типу. Площадь нарушенных земель 0,04 км². Токсичность сырья – низкая.

На основе представленных выше материалов и ранее проведенных исследований [1] составлена карта, на которой показаны все месторождения полезных ископаемых (см. рис. 1). Месторождения, разрабатываемые в настоящее время и разрабатывавшиеся ранее, показаны картознаками разной формы и размера в зависимости от способа разработки, площади нарушенных земель и вида сырья. Площадь нарушенных земель определялась по данным дешифрирования космических снимков высокого разрешения. Из семи объектов пять разрабатывались открытым способом, два – комбинированным. По площади нарушенных земель они делятся на пять категорий (км²): более 1, 0,5–1, 0,1–0,5, 0,01–0,1, пятая категория – не разрабатываемые месторождения, на которых были проведены только поисково-разведочные работы. Площадь нарушенных земель для этих объектов принята условно 0,01 км².

Фоновым показателем техногенной нарушенности земель является *плотность нарушений, или пораженности*. Этот показатель определяется как отношение суммарной площади нарушенных земель к контрольной площади (км²/тыс. км²). На представленной карте (см. рис. 1) в качестве тако-



вой принята площадь муниципальных образований Слюдянского района. Шкала нарушенности выглядит следующим образом: 1,0–10 – высокая нарушенность, 0,1–1 – умеренная, 0,01–0,1 – низкая, 0 – отсутствует. Плотность нарушений отображается на карте количественным цветовым фоном, интенсивность цвета соответствует степени воздействия. Наибольшей плотностью нарушений характеризуются Слюдянское и Култукское МО, наименьшей – Байкальское, Утуликское, Новоснежинское и Маритуйское. Среднее значение этого показателя в Быстринском МО, в Портбайкальском нарушения нет.

Более подробная экологическая информация, отражающая воздействие разработки месторождений на различные компоненты окружающей среды, дана в таблице.

Наиболее сильное воздействие на литосферу и атмосферу оказывает деятельность карьеров «Перевал» и «Ангасолка». Горнодобывающее предприятие Ангасольский щебеночный завод негативно влияет на поверхностные воды, а взрывы вызывают беспокойство у жителей близлежащего поселка.

Перспективы развития

Для переориентации на более углубленную переработку добываемого сырья и снижение экологической напряженности в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории представляется перспективным перенос горнодобывающего производства из Слюдянского рудного узла в Быстринский, расположенный за границей этой зоны [3].

Быстринский горнорудный узел следует рассматривать как комплекс, площадка которого является главным потенциальным источником низкомагнезиальных мраморов, безжелезистого диоксидного сырья, волластонит-диоксидовых кристаллосланцев, лазурита, облицовочных сиенитов, базальтов, титаномагнетитов. Освоение ресурсов и решение вопросов охраны окружающей среды следует осуществлять комплексно, в соответствии с единым генеральным планом.

Термин «перенос» рассматривается здесь как вполне обоснованный сдвиг горного производства на новую территорию, к тому же более благоприятную в экологическом отношении. Но это может произойти лишь в отдаленной перспективе. В Слюдянском рудном узле в настоящее время разрабатывается только одно месторождение – Слюдянское мраморов. Вопрос о свертывании производства, конечно же, не стоит. Остальные месторождения законсервированы. Наибольшие нарушения остались на месте флогопитовых карьеров. Возможность и целесообразность рекультивации этих нарушенных земель проблематична. Более того, отвалы флогопитовых карьеров содержат большое количество разнообразных минералов, которые используются в коллекционных целях, а сами горные выработки представляют интерес как памятники горного дела.

В северо-западной оконечности территории в пределах Иркутно-Китойского железорудного района выделяется Байкальско-Орингольский горнорудный узел, освоение которого может быть целесообразным при совместной разработке железорудных месторождений Байкальского и расположенного в 16 км от него в Усольском районе Орингольского. Условием рентабельного освоения месторождений является попутное получение строительных материалов (щебень и песок строительный) из хвостов обогащения и пород вскрыши.

В Слюдянском районе большое значение придается формированию туристско-рекреационного комплекса. Перспективным направлением его развития является геолого-минералогический туризм. Слюдянский горнорудный район известен более двух столетий как классический объект петрографо-минералогических исследований и природный минералогический музей. Здесь развит комплекс горных пород, исключительно разнообразный по набору и количеству обнаруженных минералов и их разновидностей. В старых карьерах и копиях вскрыты фрагменты месторождений, дающие наглядное представление об их происхождении и условиях формирования. Система штолен, шахт, карьеров в течение десятилетий обеспечивала интенсивную эксплуатацию флогопитовых месторождений. В настоящее время сохранившиеся горные выработки представляют собой памятник горного дела. Концентрация уникальных для науки и геологической практики объектов на сравнительно небольшой территории создает идеальные условия для организации в районе минералогического заповедника.

Популярным местом проведения познавательного туризма является участок Кругобайкальской железной дороги между Портом Байкал и Култукком. Железная дорога построена в начале XX в. в исключительно сложных инженерно-геологических условиях. Она прокладывалась по берегу оз. Байкал по вырубленным в скальных склонах полкам вдоль подножия крутого склона Олхинского плоскогорья, образованного Приморским сбросом. Здесь представлены уникальные инженерные сооружения – туннели, виадуки, подпорные стенки, мосты. На всем протяжении дорога пересекает древнейшие геологические образования – Шарыжалгайский краевой выступ фундамента Сибирской платформы. Объектами геологического туризма являются выемки, образованные при строительстве железной дороги, такие как «Перидотиты Кривой Губы», «Белая выемка», «Мыс Бакланий» и др., которые должны играть значительную роль в изучении и охране геологической среды Южного Прибайкалья.

Выводы

Впервые для Слюдянского района дана оценка техногенного воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду, с представлением полученных результатов на карте. Рассмотрены



месторождения полезных ископаемых, разрабатываемые в настоящее время и разрабатывавшиеся ранее, экологические условия их эксплуатации. Показано, что степень техногенного воздействия зависит от способов и технологии разработки месторождений полезных ископаемых, токсичности сырья, географических условий района. Ведущим показателем является площадь нарушенных земель. Рассчитана плотность нарушений в пределах МО Слюдянского района, наибольшими значениями этого показателя характеризуются Слюдянское и Култукское.

Перспективы развития горнодобывающей отрасли в районе связываются с освоением Быстринского рудного узла, обладающего значительными минерально-сырьевыми ресурсами и расположенного за границами Центральной экологической зоны Байкальской природной территории.

Ускоренное развитие геолого-минералогического туризма позволит решать задачи экологического просвещения и охраны геологической среды Южного Прибайкалья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абалаков А. Д., Базарова Н. Б.** Картографическая оценка воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 64–74.

2. **Базарова Н. Б., Седых С. А.** Минерально-сырьевые ресурсы // Электронный атлас «Слюдянский район Иркутской области: природа, хозяйство и население». – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2012. – Карта № 25. – 1 CD-диск.

3. **Винокуров М. А., Суходолов А. П.** Экономика Иркутской области. Т. 1. – Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1998. – 276 с.

4. **Минералы** и месторождения России и ближнего зарубежья. – Точка доступа: <http://webmineral.ru/deposits/photo.php?id=523>.

5. **Онищук Н. А., Ходжер Т. В.** Элементный состав атмосферных выпадений на Байкальской природной территории // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22, № 6. – С. 579–584.

6. **Савельева И. Л.** Внутрорегиональные ресурсные и экологические факторы развития горнодобывающей промышленности Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 109–116.

7. **Снижение** загрязнения бассейна озера Байкал за счет переработки промышленных отходов / В. А. Скворцов, Д. А. Чурсин, В. П. Рогова, Н. В. Федорова. – Иркутск: Изд-во гос. ун-та, 2007. – 127 с.

8. **Суворов Е. Г., Новицкая Н. И.** Ландшафтно-типологическая структура / Электронный атлас «Слюдянский район Иркутской области: природа, хозяйство и население». – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2012. – Карта № 12. – 1 CD-диск.

9. **Элементный** состав нерастворимой фракции зимних атмосферных выпадений в некоторых районах Южного Прибайкалья / В. А. Оболкин, Н. А. Онищук, Т. В. Ходжер, С. Ю. Колмогоров // Оптика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 17, № 5–6. – С. 414–417.

REFERENCES

1. Abalakov A.D., Bazarova N. B. [Cartographical evaluation of mining impact on environment in the Lake Baikal basin]. *Geografiya i prirodnye resursy – Geography and natural resources*, 2015, no. 3, pp. 64–74. (In Russ.).

2. Bazarova N.B., Sedykh S. A. *Mineralno-syr'evye resursy* [Mineral raw materials]. *Elektronniy atlas "Slyudyanskiy rayon Irkutskoy oblasti: priroda, khozyaistvo, naseleniye"* [Electronic Atlas: The Slyudanskiy District of the Irkutsk Region: nature, economy and population]. Irkutsk, Institute of Geography SB RAS Publ., 2012, map no. 25. 1 CD-disk. (In Russ.).

3. Vinokurov M.A., Sukhodelov A. P. *Ekonomika Irkutskoy oblasti* [Economy of Irkutsk Region]. Irkutsk, IGEA Publ., 1998, vol. 1. 276 p. (In Russ.).

4. *Mineraly i mestorozhdeniya Rossii i blizhnego zarubezhya* [Minerals and deposits of Russia and neighboring CIS countries]. Available at: <http://webmineral.ru/deposits.php?id=523>. (In Russ.).

5. Onishchuk N.A., Khodzher T. V. [Elementary composition of atmospheric precipitation in the Baikal Natural Territory]. *Optika atmosfery i okeana – Atmospheric and Oceanic Optics*, 2009, vol. 22, no. 6, pp. 579–584. (In Russ.).

6. Savelyeva I.L. [Intraregional resource and ecological factors of the Baikal Natural Territory mining]. *Geografiya i prirodnye resursy – Geography and natural resources*, 2009, no. 3, pp. 109–116. (In Russ.).

7. Skvortsov V.A., Chursin D. A., Rogova V.P., Fedorova N. V. *Snizhenye zagryazneniya basseyna ozera Baykal za shchet pererabotki promyshlennykh otkhodov* [Pollution reduction of the Lake Baikal basin due to industrial waste recycling]. Irkutsk, Irkutsk State University Publ. House, 2007. 127 p. (In Russ.).

8. Suvorov E.G., Novitskaya N. I. *Landshaftno-tipologicheskaya struktura* [Landscape-typological structure]. *Elektronniy atlas "Slyudyanskiy raion Irkutskoi oblasti: priroda, khozyaistvo, naseleniye"* [Electronic Atlas: The Slyudanskiy District of the Irkutsk Region: nature, economy and population]. Irkutsk, Institute of Geography SB RAS Publ., 2012, map no. 12. 1 CD-disk. (In Russ.).

9. Obolkin V.A., Onishchuk N. A., Khodzher T. V., Kolmogorov S. Yu. *Elementnyy sostav nerastvorimoy fraktsii zimnikh atmosferynykh vypadeniy v nekotorykh rayonakh Yuzhnogo Pribaikalya* [The insoluble fraction elementary composition of winter atmospheric precipitation in some parts of the South Baikal region]. *Optika atmosfery i okeana – Atmospheric and Oceanic Optics*. 2004, vol. 17, no. 5–6, pp. 414–417. (In Russ.).

© А. Д. Абалаков, Н. Б. Базарова, 2018

СИНЕРГЕТИКА – ДОПОЛНЕНИЕ ИЛИ ОСНОВА В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ «БУДУЩЕГО»?

И. А. Апанович

Гравиметрическая экспедиция № 3, Красноярск, Россия

Науке свойственны два стремления: объяснить устройство мира с использованием простых механизмов и описать его математически. Решение проблемы в первом и втором случаях осложняется неполнотой наших знаний о природных процессах и кажущейся сложностью многочисленных взаимодействий в реальном мире объектов. Классические науки максимально оперируют простейшими зависимостями и законами, используя детерминистский подход. Синергетика пытается представить динамику материального мира как эволюцию сложных самоорганизующихся систем. Идеи синергетики применяются и при изучении геологических процессов. Показана неоднозначность использования такого подхода в геологических науках. Приведены примеры, иллюстрирующие успешное решение разных задач без обращения к идеям синергетики.

Ключевые слова: синергетика, геология, геодинамика, гравитация, эволюция планеты, детерминизм.

SYNERGETICS: ADDITION OR BASIS IN GEOLOGICAL SCIENCES OF FUTURE?

I. A. Apanovich

Gravimetric Expedition no.3, Krasnoyarsk, Russia

Science is characterized by two aspirations: to explain the structure of the world using simple mechanisms and to describe it mathematically. Solving the problem in the first and second cases is complicated by the incompleteness of our knowledge of the natural processes and the apparent complexity of numerous interactions in the real world objects. Classic science operates most simple dependences and principles, using a deterministic approach. Synergetics tries to present the dynamics of the material world as the evolution of complex self-organizing systems. Ideas of synergetic are used in the study of geological processes. The ambiguity of using this approach in geological sciences is shown. Examples illustrating the successful resolution of various problems without recourse to the ideas of synergy.

Keywords: synergetics, geology, geodynamics, gravitation, planet evolution, determinism.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-1-125-130

Синергетика – «направление в науке, связанное с изучением закономерностей пространственно-временного упорядочения в разнообразных системах» [10, с. 523]. Направление зародилось в 1970-х гг. Начальным импульсом послужила попытка описать динамику воздушных масс атмосферы со сменой относительно спокойного движения турбулентным. Понадобилось объяснить, каким образом без видимых причин материя, аккумулирующая энергию движения (чаще всего нагреваемая), преобразуется в более упорядоченное состояние, демонстрируя уменьшение энтропии. Действительно, в мире господствует вечное и постоянное движение с обменом импульсами (гравитация). Работа по обмену энергией движения постоянна, а материальных ансамблей, осуществляющих такой обмен, огромное множество. И нам неизвестны все детали динамики взаимодействующих объектов. Необъясненные механизмы физических процессов служат причиной появления многих гипотез. Поэтому, знакомясь с синергетикой, мы узнаем о диссипативных структурах, их фрактальном строении, нелинейной неравновесной термодинамике, теории самоорганизации, теории автоволн.

Увеличение объема геологического пространства, вовлекаемого в изучение, требует усовершен-

ствования методов исследований, и в последние десятилетия в геологических науках (особенно в геотектонике и геодинамике) все более популярной становится методика изучения процессов в виде относительно независимых структурных преобразований материальной субстанции. Часто «синергетику и определяют как науку о самоорганизации или, более развернуто, о самопроизвольном возникновении и самоподдержании упорядоченных временных и пространственных структур в открытых нелинейных системах различной природы» [3]. По сути, оба эти определения во многом схожи. Однако в трактовке из физической энциклопедии нет ссылки на «самопроизвольность». Это очень важно. Ведь именно в естествознании часто присутствует проблема противопоставления «случайности» и «детерминизма». Формирование вихревых структур атмосферы, литосферы, минеральных систем происходило в обстановке причинности или случайно? Какова степень самопроизвольности эволюции системы в так называемой точке бифуркации, когда «природа как бы раскрывает свои потенциальные возможности, а неизбежно присутствующая случайность выбирает тот единственный канал, по которому дальше и будет развиваться система» [3]?



Самопроизвольность – почти синоним термина «беспорядок». Но те же цитируемые авторы утверждают, что «для всякой системы можно определить параметры порядка, позволяющие описать ее сложное поведение достаточно просто...» [3]. «Хаос» и «порядок» – два полюса вечно существующего мира, превращение которого в разряд «абсолютно упорядоченного» или «абсолютно хаотичного» просто невозможно, а для исследователя – относительно. Образование складчатости в джеспилитах авторы отмеченной статьи объясняют воздействием автоволновой хаотической динамики. С точки зрения классической тектоники «складкообразование способно только хаотизировать первоначальный порядок в строении плоскостной толщи. На самом же деле имеет место упорядочение, сопровождающее хаотизацию, а точнее, сам хаос предстает как сверхсложная организация» [3]. Видно, что весьма сложный процесс обмена энергией можно представить или используя термины «порядок» и «хаос», или как значительное изменение первоначальной структуры системы. Меньший хаос относительно «большого» можно считать порядком, а изменение структуры предметно, ведь система с измененной структурой иначе участвует во взаимодействии [2].

В 1989 г. в журнале «Знание – сила» была опубликована статья, посвященная принципам формирования структур в окружающем мире. Рассуждая о новом направлении в осмыслении природы, продолжая попытки исследователей свести в единую систему и структурно выстроить всё «живое» и «неживое», декан факультета прикладной математики Лондонского королевского колледжа Питер Сондерс озвучил идею «закономерного выбора природой для своих объектов неких привилегированных форм» [5]. Профессор биологии Лондонского университета Мей-Ван Хо указывал на «глубокое сходство между живой и неживой природой, которое в первую очередь проявляется в способах формообразования» [5]. И если за порождение биологических форм ответственны гены, то какие гены ответственны за форму снежинок, повторяющуюся многократно и воссоздающуюся регулярно? Объяснение ученого логично, однако противоречиво: «истинное объяснение, на наш взгляд, заключается в том, что специфические формы возникают непроизвольно и автоматически, причем только тогда, когда для этого появляются соответствующие условия» [5]. Невольно ученый сам и утверждает, что причинность вездесуща. В свое время о тесной взаимосвязи природных процессов (взаимодействии) рассуждал В. И. Вернадский, отмечая сохранение у объектов тех элементов симметрии, которые совпадают с элементами симметрии среды. Поэтому Мей-Ван Хо заключает в итоге, что в нашем мире непрерывный процесс «взаимозависимых преобразований» создает как бы сетчатый узор детерминации жизненных явлений в пространстве и времени» [5].

Таким образом, окружающий мир, не требующий «стохастичности» и «детерминизма», для исследователя всегда детерминирован, всегда можно указать причину (силу), с которой неразрывно связано изучаемое преобразование, изучаемый продукт. Что можно противопоставить силовому взаимодействию? Ведь те же «диссипативные силы» – это «силы, при действии которых на движущуюся механическую систему ее полная механическая энергия убывает, переходя в другие, немеханические формы энергии, например, в теплоту» [9, с. 556]. Мы видим, что любые добавления в определение излишние, наш мир – мир передачи, рассеяния (диссипации) энергии движения. Обозначив же некоторый момент в земной эволюции как точку бифуркации (с неизбежно присутствующей случайностью), мы по сути признаемся в собственном бессилии, в ограниченности наших методов исследований не только собственной планеты, но и окружающего мира. Но ведь это не так! Не случайно А. Эйнштейн утверждал: «Бог не играет в кости». Следует только «вывести у природы» общие принципы мирового устройства, и все прояснится. Мало проку от отдельных опытных фактов, пока такие принципы неизвестны.

Считая мало продуктивным стремление погнать объекты исследования к схемам, в которых действуют наиболее простые и однозначные линейные зависимости, сторонники синергетического подхода отмечают следующее: «Совершенно очевидно, что геологические системы почти всегда, и особенно в интересующие нас переломные моменты развития, проявляют неоднозначное нелинейное поведение» [3]. Удивительно, но авторы намекают на наличие сознания в теле геологическом. Ведь мы не можем оказаться на месте системы, мы просто не всегда знаем те причины (силы), которые определяют ход эволюции системы в данный момент, подталкивают изменяющуюся материю в конкретном направлении. Происходит уже ставшая в физике привычной подмена понятий: сложность в отражении явлений реального мира исследователь списывает на сложность строения, на сложность динамики самого мира. Получается, что дефицит информации о взаимодействии систем является поводом для отрицания детерминизма и для попыток широкого введения в практику сложного математического аппарата теории вероятностей. В простой природе, которая, по утверждению Исаака Ньютона, «не роскошествует излишними причинами вещей», нет места «случайности», в ней главенствуют простые физические законы, и не всегда необходимо привлекать сложные алгоритмы для выяснения причин преобразований земного вещества. Всё для исследователя определяется поставленной задачей. Для нахождения общей массы руды в залежи незачем решать дифференциальные уравнения, достаточно простого суммирования масс отдельных блоков.

В контексте сказанного приведем еще несколько простых примеров.

В Таймырской складчатой области закартированы многие правосторонние сдвиги, смещающие структуры северо-восточного простирания. Механизмом «косого сдвига» или столкновением мегаблоков это объясняется логично, поскольку без тангенциально действующих сил не обойтись. Можно сказать, что таким оказалось формирование структур в «точке бифуркации», хотя это мало что дает геологу. При выполнении гравиметрической съемки на Верхнетарейской площади в 2016 г. автор более детально рассмотрел ситуацию с использованием физически логичных механизмов геодинамики, что позволило выявить причину образования сдвигов. Оказалось, что Карский мегаблок литосферы участвовал в вертикальных подвижках (изостатическом подъеме) и тангенциальном перемещении в виде разворота против часовой стрелки (при воздействии силы Кориолиса). Так образовались правосторонние сдвиги. Для такого заключения необходимо было опираться на «выведанные у природы общие принципы динамического формирования литосферы» и проанализировать геофизические материалы (рис. 1). Аномалии силы тяжести (даже не очень детальные) не позволяют усомниться в справедливости выводов.

Второй пример более сложный. В тектонике литосферных плит давно существует проблема образования океанической земной коры в области спрединга (раздвигания) литосферы. По сути, множество построений освещают историю образования литосферы так детально, что добавить почти нечего. В противовес механизму спрединга и формирования в этой области слоя пород основного и ультраосновного состава предлагается процесс океанизации континентальной коры, заключающийся в погружении и базификации отдельных ее фрагментов в более плотном материале. Этот механизм разрабатывался в свое время В. В. Белоусовым. (Напомним, что, используя модель «холодной Земли», ученые доказывали происхождение всей океанической коры путем базификации первичной континентальной оболочки.) Но было ли привлечено достаточное количество информации о процессе? Иными словами, насколько тщательно был изучен процесс спрединга, без которого сегодня немыслима тектоника литосферных плит?

Ранее автором уже было рассмотрено превращение гипотетического земного тороида в субсферическое тело [1, 2]. Общее вихревое вращение формировавшейся планеты редуцировалось, и начинала «работать» восходящая тороидальная структура (ТС) в пределах будущего Атлантического океана. ТС не должна была возникнуть после длительного этапа становления континентальной коры. Зародившись в самом начале этапа закрытия тороида, своим постоянным движением она воздействовала на формирующиеся породы перекрывающих слоев. Очевидно, к поверхности планеты постоянно поступал

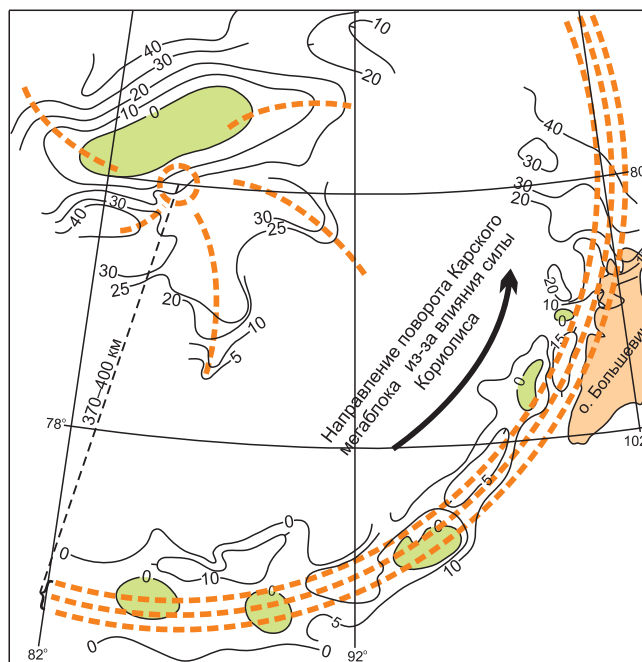


Рис. 1. Фрагменты аномалий силы тяжести (в мГал) в районе Карского мегаблока литосферы (к объяснению возможной причины образования правосторонних сдвигов в земной коре Таймырской складчатой области)

высокоплотный базитовый материал, разуплотняясь, перемещался в периферийные области, формируя там континентальную оболочку. Зона предполагаемого спрединга существовала изначально, и она изменялась. Рождающаяся литосфера консолидировалась и в центре ТС, и в ее краевых частях. Из рис. 2 становится ясно, что к предполагаемому моменту «разрыва глобального гондванского образования» в эпицентре ТС зрелой континентальной коры просто не было! Кора формировалась в виде океанической, а не континентальной. В краевой зоне, напротив, происходило накопление и сложное переслаивание материала, поступавшего и с запада, где скучивались и денудировались породы континентальной коры, и с востока, откуда перемещались покровы базальтов, накапливались и переслаивались с осадочным веществом. Так формировались переходные зоны атлантического типа. По сути, схожая модель (без элементов динамики) была показана еще 35 лет назад Дж. Гроу (см. рис. 2), и ее использовал в своей книге известный исследователь Г. Б. Удинцев.

Что же мы получили, рассмотрев в этом примере формирование отдельных структур во взаимосвязи с общей эволюцией планеты? Исчезла необходимость гипотетического погружения «сиалической коры» в «фемическую». Весьма органично в ряду структурных областей оказались уложенными переходные зоны «атлантического типа», прекрасно обходящиеся без глубоководных желобов. Тайну внезапного спрединга уже не нужно объяснять с использованием теории автоволн. В основе процесса – закономерная передача энергии вихревого движения масс в теле протопланеты ее более локальным составляющим. Однако этот вывод

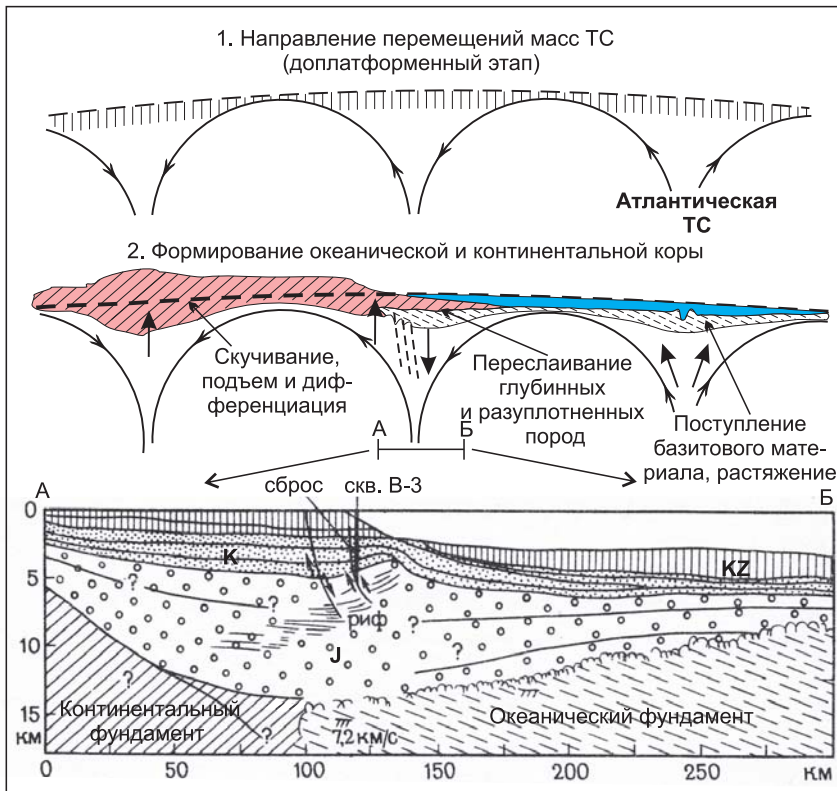


Рис. 2. Схема динамики при формировании земной коры в пределах центральной части Атлантического океана (разрез через подводную окраину Северной Америки в районе каньона Балтимор по материалам Дж. Гроу с добавлениями автора; рисунок из работы [8])

возможен только в результате выработки тех самых общих принципов мирового устройства. Ведь это изначально не была простая конденсация фрагмента космического пылевого облака. Выброшенная Солнцем в виде единого тороида (вихря), наша планета постепенно остывала, эволюционировала с превращением в сложную структуру-фрактал посредством изменения состояния и формы.

Но может быть в мире элементарных частиц без «самопроизвольности» не обойтись? Сможем ли мы потеснить случайность и здесь, более тщательно конструируя механизмы взаимодействия объектов микромира, обоснованно представляя их более сложными? Заметим, что образование планеты в виде выброса раскаленного вихревого сгустка материи – также относительно упрощенная модель. В действительности выброс может быть совсем не симметричным. И при таком развитии событий обмен энергией движения усложнится. Представим, что выбрасываемый тороид (благодаря воздействию сложного поля тяготения звезды) оказался скрученным в виде ленты Мебиуса (рис. 3). Динамика такого образования была рассмотрена автором ранее [2]. Из общего объема образуются две системы с полярным вращением вещества. Вероятнее всего, после разделения они снова сконцентрируются в общую систему, но ее динамика уже будет отличаться от динамики изначально симметричного тороида. В физике же элементарных частиц хорошо известно «рождение пар», когда из энергичного фотона (под воздействием кулоновских сил ядра и электронов) образуются электрон и позитрон. Вы не найдете физически понятного объяснения механизма такого «рождения». Проще использовать

категории из арсенала теории вероятностей, хотя на наличие причины указывает то, что взаимодействие фотона с силовым полем атома есть «главный механизм потери энергии гамма-квантами при прохождении через вещество» [10, с. 398].

Итак, ученые давно поняли, что диссипация энергии сложного вихревого движения не может быть описана линейными уравнениями. Изучая системы, эволюцию которых предсказать пока не удастся, исследователь считает, что он имеет дело уже с детерминированным хаосом. Разобраться в динамике с массой вариантов обмена энергией движения между миллиардами частиц, применить такой разбор на практике чрезвычайно трудно. Мир уже представляется не составленным из отдельных «кирпичиков» (атомов), а «в виде процессов наподобие вихрей, турбулентностей, волн, солитонов, диссипативных структур» (из высказываний члена-корреспондента АН СССР С. П. Курдюмова [7]). Математически доказана множественность путей развития открытых нелинейных моделей систем. Разработан математический аппарат, показывающий, что даже в простейших теоретически исследованных средах возможно до миллиона миллиардов путей развития (там же). Возможно ли использовать такой набор вариантов для отнесения ансамбля из чередующихся полос кварцитов и минералов железа (джеспилитов) к «производной хаотической динамики с фрактальным аттрактором», или это «результат самоорганизованной критичности» [3]? Несомненно одно, математика – инструмент с большими возможностями, но всегда ли решающее слово за ней? При расшифровке каждого ли природного процесса мы должны применять дифференциаль-

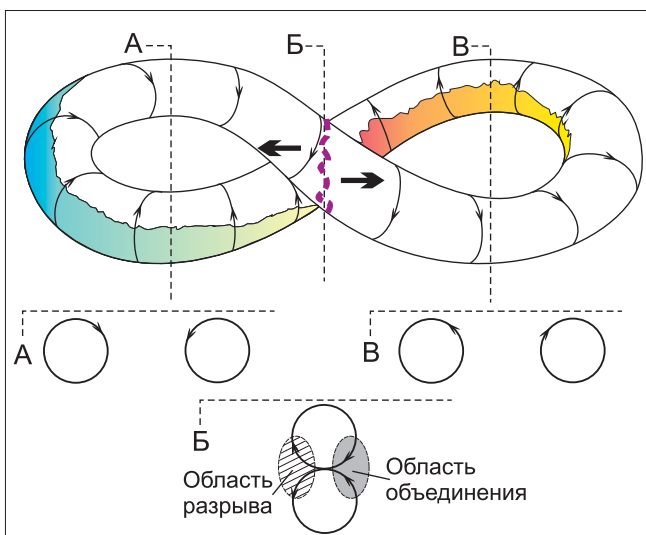


Рис. 3. Изменение направления тороидального вращения вещества и деление системы при формировании тороида по типу ленты Мебиуса

ное исчисление? Конечно, новое направление в науке не может быть бесполезным. Проблема только в том, что безоглядное следование новым веяниям может оказаться даже вредным.

В связи с этим приведем еще один пример (также высказывание С. П. Курдюмова): «Установлено, что за прошедшие несколько миллионов лет магнитное поле нашей планеты много раз меняло свою ориентацию, вероятно, хаотическим образом. Но вот теперь оказалось, что в самой простейшей модели, состоящей всего из двух вращающихся дисков, магнитные поля которых взаимодействуют, обнаруживаются подобные же явления. Они выявились при решении системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений, где есть странный аттрактор – это так называемая модель динамо Рикитакэ» [7]. Имеет ли право ученый прогнозировать будущее биосферы (в том числе и человечества) на основе математических решений, даже не представляя механизм магнитного поля. Ведь аналогом общего магнитного поля Земли является поле простого шара из ферромагнитного материала, не имеющего никаких вращающихся дисков (в 1600 г. поле такого шара описал Уильям Гильберт). Вихревое поле вездесуще, и это главнейшая особенность просто устроенной природы.

Простые механизмы протекания природных процессов не всегда лежат на поверхности. Их не увидел в свое время известный исследователь Н. М. Страхов, который изучал продукты ледниковой деятельности, образовавшиеся в миндельский век. «Надо думать, что оледенение сопровождалось значительным понижением температуры в области ледника и отсюда естественно ожидать значительных изменений в составе растительного и животного мира в районах, прилежащих к леднику. Находки не подтверждают этого. Ни в отложениях, синхроничных миндельскому оледенению, ни

в осадках, непосредственно ему предшествующих или за ним следующих, не находится достоверных следов сколько-нибудь развитой полярной фауны и флоры. Получается впечатление, что тотчас за границей ледника обитало то же органическое население, что и раньше, и огромные языки льда соприкасались с фауной и флорой умеренных широт. Действительно ли дело обстояло так, или это только кажущееся несоответствие, обусловленное неполнотой знаний, – пока неясно» [6]. Напомним, что формирование ледниковых отложений в условиях жаркого климата было установлено и для докембрийского, и для палеозойского периодов [4]. Во времена, разделенные промежутком в 500 миллионов лет, действовал один и тот же механизм? Мы можем или искать недостающую информацию, или списывать неясные моменты земной динамики на нелинейность процессов. И действительно, если рассматривать планету как очень сложное вихревое образование, а не как почти мертвый шар, многое проясняется. Только не следует во всем видеть самопроизвольность.

Подводя итог сказанному, заметим следующее. Идеи синергетики могут оказаться весьма полезными при попытках реконструировать историю эволюции окружающего мира, когда в основе процесса подразумевается логичный и физически понятный механизм. Например, не вызывает сомнений, что эволюция любой конкретной системы как локальное движение конечна во времени. Значит, диссипация исходного импульса в большинстве случаев приводит к формированию сложного образования в виде системы-фрактала. Так устроена не только наша планета в целом. Так устроено и человеческое сообщество, и мы везде наблюдаем логичное единство материальной субстанции. Идеи синергетики плодотворны, когда речь идет о рассмотрении конкретных локальных систем с нелинейной динамикой. Ведь те же физика и астрофизика в своих построениях уже работают в области, в которой мало проку от опыта. Теория здесь становится настолько сложной, что в ее рамки дозволено уложить любые экзотические образования. Поэтому в геологических науках желательно «не свалиться в очередную крайность». Нужна всеобъемлющая простота, так привлекательная и для начинающего специалиста, и для дела в целом. Логика подсказывает, что геологические процессы как самопроизвольные преобразования в объеме геологического континуума не могут считаться реальностью. Любой геологический объект – продукт силового взаимодействия (а это возможно только в детерминированном мире), это следствие получения энергии от массы, обладающей ее большим запасом. Непредсказуемый мир детерминирован, а Бог не играет в кости!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанович И. А. Геодинамика, проблемы и перспективы. – Красноярск, 2010. – 230 с.



2. **Апанович И. А.** Неизвестная Земля. Почему мы умираем? – Красноярск, 2016. – 128 с.

3. **Горяинов П. М., Иванюк Г. Ю.** Геология на пороге новой парадигмы // Отечественная геология. – 2006. – № 3. – С. 76–85.

4. **Салоп Л. И.** О связи оледенений и этапов быстрых изменений органического мира с космическими явлениями // Бюл. МОИП. – 1977. – № 1. – С. 5–32.

5. **Сондерс П., Хо Мей-Ван, Карпинская Р.** Еще одна попытка. Новое направление в осмыслении природы // Знание – сила. – 1989. – № 5. – С. 33–39.

6. **Страхов Н. М.** Основы исторической геологии. Ч. 2. – М.: Госгеолиздат, 1948. – 396 с.

7. **Увидеть общий корень: Беседа члена-корреспондента АН СССР С. П. Курдюмова с К. Левитиным) // Знание – сила. – 1988. – № 11. – С. 38–44.**

8. **Удинцев Г. Б.** Рельеф и строение дна океанов. – М.: Недра, 1987. – 239 с.

9. **Физическая энциклопедия. Т. 1.** – М.: Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1988. – 704 с.

10. **Физическая энциклопедия. Т. 4.** – М.: Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1994. – 704 с.

REFERENCES

1. Apanovich I. A. *Geodinamika, problemy i perspektivy* [Geodynamics, problems and prospects]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2010. 230 p. (In Russ.).

2. Apanovich I. A. *Neizvestnaya Zemlya. Pochemu my umiraem?* [Unknown Earth. Why do we die?]. Krasnoyarsk, 2016. 128 p. (In Russ.).

3. Goryainov P. M., Ivanyuk G. Yu. [Geology on the verge of a new paradigm]. *Otechestvennaya geologiya – National Geology*, 2006, no. 3, pp. 76–85. (In Russ.).

4. Salop N. I. [On the connection between glaciations and the stages of rapid changes in the organic world with cosmic phenomena]. *Byulleten' MOIP – Bulletin of the Moscow Society of Naturalists*, 1977, no. 1, pp. 5–32. (In Russ.).

5. Sonders P., Ho Mej-Van, Karpinskaya R. [One more attempt. A new direction in the comprehension of nature]. *Znanie – sila – Knowledge itself is power*, 1989, no. 5, pp. 33–39. (In Russ.).

6. Strahov N. M. *Osnovy istoricheskoy geologii* [Fundamentals of Historical Geology]. Pt. 2. Moscow, Gosgeolizdat Publ., 1948. 396 p. (In Russ.).

7. [To see the common root]. *Znanie – sila – Knowledge itself is power*, 1988, no. 11, pp. 38–44.

8. Udincev G. B. *Rel'ef i stroenie dna okeanov* [The relief and structure of the ocean floor]. Moscow, Nedra Publ., 1987. 239 p. (In Russ.).

9. *Fizicheskaya entsiklopediya. T. 1* [Physical encyclopedia. Vol. 1]. Moscow, Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya Publ., 1988. 704 p. (In Russ.).

10. *Fizicheskaya entsiklopediya. T. 4* [Physical encyclopedia. Vol. 4]. Moscow, Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya Publ., 1994. 704 p. (In Russ.).

© И. А. Апанович, 2018



ПАМЯТИ ГЕННАДИЯ МИХАЙЛОВИЧА ГОЛОШУБИНА

Редколлегия журнала «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири» и руководство АО «СНИИГГиМС» с глубоким прискорбием сообщают, что в январе 2018 г. ушел из жизни известный сибирский геофизик, доктор физико-математических наук, профессор Хьюстонского университета, член редколлегии нашего журнала Геннадий Михайлович Голошубин. Он был крупнейшим специалистом по теории сейсморазведки, главным объектом его исследований в последние годы являлись сейсмические волны в пористых средах, а также возможности получения геологической информации на этой основе.

Геннадий Михайлович был выпускником Тюменского индустриального института, по окончании работал в ЗапСибНИГНИ и ЗапСибНИИГГ (замдиректора), читал лекции в своем alma mater (профессор). У него были обширные научные контакты с ведущими геофизическими центрами Новосибирска, Мо-

сквы и Санкт-Петербурга, а также с зарубежными организациями (Хьюстонский университет, компания PetroTrace в США и др.). В 2003 г. он переехал на постоянное жительство в г. Хьюстон, США, но, коренной сибиряк, он не мог прервать связи с родным университетом и ежегодно приезжал в Тюмень, продолжая читать лекции в Индустриальном университете. Он был одним из инициаторов международной магистерской программы подготовки специалистов по современным методам сейсморазведки.

Геннадий Михайлович был яркой личностью, увлекался многими необычными занятиями, например, поднимался на воздушном шаре, много путешествовал. У него был веселый и общительный характер. Многие сотрудники СНИИГГиМС хорошо знали его лично и запомнят его именно таким. Выражаем искреннее соболезнование родным и близким Геннадия Михайловича.



НАШИ АВТОРЫ

- АБАЛАКОВ Александр Дмитриевич**, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия, вед. науч. сотр., д. геогр. н., проф. *E-mail: abalakovirk@mail.ru*
- АНТОНОВА Валентина Анатольевна**, Сибирский государственный индустриальный университет, Институт горного дела и геосистем, Новокузнецк, Россия, доцент, к.г.-м.н. *E-mail: antvalya@yandex.ru*
- АПАНОВИЧ Иван Александрович**, АО «Гравиметрическая экспедиция № 3», Красноярск, Россия, вед. геофизик. *E-mail: fenomenivan@mail.ru*
- БАБЕНКО Владимир Витальевич**, Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург, декан факультета геологии и геофизики, д.г.-м.н., проф. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- БАЗАРОВА Наталья Борисовна**, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Россия, Иркутск, вед. инженер. *E-mail: bazarova@irigs.irk.ru*
- ВАХРАМЕЕВ Андрей Гелиевич**, Иркутский филиал ООО «РН-Бурение», Иркутск, Россия, гл. геолог, д.г.-м.н. *E-mail: avr@ierp.ru*
- ГОШКО Елена Юрьевна**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., к. т. н. *E-mail: goshco@mail.ru*
- ГУТАК Ярослав Михайлович**, Сибирский государственный индустриальный университет, Институт горного дела и геосистем, Новокузнецк, Россия, директор, д.г.-м.н. *E-mail: gutakjaroslav@yandex.ru*
- ЗУЕВА Ираида Николаевна**, Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия, вед. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: i.n.zueva@ipng.ysn.ru*
- КАНАРЕЙКИН Борис Алексеевич**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., к. т. н. *E-mail: bkanareykin@bk.ru*
- КАРОГОДИН Юрий Николаевич**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, гл. науч. сотр., д.г.-м.н., проф. *E-mail: KarogodinYN@ipgg.sbras.ru*
- КОТЕЛЬНИКОВ Алексей Дмитриевич**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, завлабораторией. *E-mail: geokart@ggf.tsu.ru*
- КОТЕЛЬНИКОВА Ирина Викторовна**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, вед. инженер. *E-mail: kot_a_d@mail.ru*
- ЛЕБЕДЕВА Ольга Николаевна**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, науч. сотр. *E-mail: lebedeva@sniiggims.ru*
- МАКАРЕНКО Николай Андреевич**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, геолог, к.г.-м.н. *E-mail: geokart@ggf.tsu.ru*
- МАКАРЕНКО Светлана Николаевна**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: s.makarenko@ggf.tsu.ru*
- МАНГАЗЕЕВА Надежда Владимировна**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, инженер. *E-mail: mangazeeva_nv@sniiggims.ru*
- МАНСУРОВ Ринат Халитович**, Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ), Москва, Россия, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: rinman81@bk.ru*
- МИГУРСКИЙ Анатолий Викторович**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, завлабораторией, д.г.-м.н. *E-mail: migursky@sniiggims.ru*
- МОСЯГИН Евгений Вячеславович**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, завлабораторией. *E-mail: mosyagin@sniiggims.ru*
- ОГОРОДНИКОВ Виталий Николаевич**, Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия, завкафедрой, д.г.-м.н., профессор. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- ПЕРЕГОЕДОВ Леонид Григорьевич**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр. *E-mail: plg@sniiggims.ru*
- ПОДОБИНА Вера Михайловна**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, завкафедрой, д.г.-м.н., проф. *E-mail: podobina@ggf.tsu.ru*
- ПОЛЕНОВ Юрий Алексеевич**, Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия, д.г.-м.н. проф. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- ПОСПЕЕВ Александр Валентинович**, Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, ст. науч. сотр., д.г.-м.н. *E-mail: log@crust.irk.ru*
- РОДЫГИН Сергей Александрович**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, доцент, к.г.-м.н. *E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru*
- РЯБКОВА Любовь Васильевна**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, завлабораторией, к.г.-м.н. *E-mail: ryabluva@ngs.ru*
- САВИЧЕВ Александр Николаевич**, Уральский государственный горный университет (УГГУ), Екатеринбург, Россия, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*



- САГАЙДАЧНЫЙ Александр Владимирович**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, вед. инженер. *E-mail: dachny@sniiggims.ru*
- САЛЬНИКОВ Александр Сергеевич**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, заводделом, д. г.-м. н. *E-mail: seispv@sniiggims.ru*
- СИВЦЕВ Алексей Иванович**, Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия, ст. науч. сотр., к.г.-м.н. *E-mail: maraday@yandex.ru*
- СМИРНОВ Максим Юрьевич**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, исполнительный директор, к.г.-м.н. *E-mail: msmirnov@sniiggims.ru*
- СТАРОСЕЛЬЦЕВ Валерий Степанович**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, науч. руководитель, д.г.-м.н., проф. *E-mail: stv@sniiggims.ru*
- СТАРОСЕЛЬЦЕВ Кирилл Валерьевич**, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, старший эксперт, к.г.-м.н. *E-mail: stv@sniiggims.ru*
- ЧАЛАЯ Ольга Николаевна**, Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия, завлабораторией, к.г.-м.н. *E-mail: o.n.chalaya@ipng.ysn.ru*
- ШЕМИН Георгий Георгиевич**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН, Новосибирск, Россия, завлабораторией, д.г.-м.н. *E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru*



OUR AUTHORS

- ABALAKOV Alexander**, DSc, Prof., V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia. *E-mail: abalakovirk@mail.ru*
- ANTONOVA Valentina**, PhD, Siberian State Industrial University, Institute of Mining and Geosystems, Novokuznetsk, Russia. *E-mail: antvalya@yandex.ru*
- APANOVICH Ivan**, JSC Gravimetric Expedition no.3, Krasnoyarsk, Russia. *E-mail: fenomenivan@mail.ru*
- BABENKO Vladimir**, DSc, Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- BAZAROVA Natalya**, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia. *E-mail: bazarova@irigs.irk.ru*
- CHALAYA Olga**, PhD, Institute of oil and gas problems SB RAS, Yakutsk, Russia. *E-mail: o.n.chalaya@ipng.ysn.ru*
- GOSHKO Elena**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: goshco@mail.ru*
- GUTAK Yaroslav**, PhD, Siberian State Industrial University, Institute of Mining and Geosystems, Novokuznetsk, Russia. *E-mail: gutakjaroslav@yandex.ru*
- KANAREIKIN Boris**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: bkanareykin@bk.ru*
- KAROGODIN Yuriy**, DSc, Prof., A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: KarogodinYN@ipgg.sbras.ru*
- KOTELNIKOV Aleksey**, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: geokart@ggf.tsu.ru*
- KOTELNIKOVA Irina**, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: kot_a_d@mail.ru*
- LEBEDEVA Olga**, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: lebedeva@sniiggims.ru*
- MAKARENKO Nikolay**, PhD, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: geokart@ggf.tsu.ru*
- MAKARENKO Svetlana**, PhD, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: s.makarenko@ggf.tsu.ru*
- MANGAZEEVA Nadezhda**, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: mangazeeva_nv@sniiggims.ru*
- MANSUROV Rinat**, PhD, Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (TSNIGRI), Moscow, Russia. *E-mail: rinman81@bk.ru*
- MIGURSKY Anatoliy**, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: migursky@sniiggims.ru*
- MOSYAGIN Evgeniy**, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: mosyagin@sniiggims.ru*
- OGORODNIKOV Vitaliy**, DSc, Prof., Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- PEREGOEDOV Leonid**, PhD., Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: plg@sniiggims.ru*
- PODOBINA Vera**, DSc, Prof., National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: podobina@ggf.tsu.ru*
- POLENOV Yuriy**, DSc, Prof., Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- POSPEEV Aleksander**, DSc, Institute of the Earth's crust SB RAS, Irkutsk, Russia. *E-mail: log@crust.irk.ru*
- RODYGIN Sergei**, PhD, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. *E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru*
- RYABKOVA Lyubov**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: ryablueva@ngs.ru*
- SAG Aidachny Aleksander**, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: dachny@sniiggims.ru*
- SALNIKOV Aleksander**, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: seispv@sniiggims.ru*
- SAVICHEV Alexander**, PhD, Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia. *E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru*
- SHEMIN Georgiy**, DSc, A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru*
- SIVTSEV Aleksei**, PhD, Institute of oil and gas problems SB RAS, Yakutsk, Russia. *E-mail: maraday@yandex.ru*
- SMIRNOV Maksim**, PhD, executive director, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: msmirnov@sniiggims.ru*
- STAROSELTSEV Kirill**, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia
- STAROSELTSEV Valeriy**, DSc, Prof., Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: stv@sniiggims.ru*
- VAKHRAMEEV Andrei**, DSc, RN-Drilling, Irkutsk branch, Irkutsk, Russia. *E-mail: avp@ierp.ru*
- ZUEVA Iraida**, PhD, Institute of oil and gas problems SB RAS, Yakutsk, Russia. *E-mail: i.n.zueva@ipng.ysn.ru*

Подписано в печать 20.03.18. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м². Печать цифровая.
Тираж 100 экз. Гарнитура Calibri. Объем 15,6 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