

ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

Редакционная коллегия

Свиньин В. Ф., отв. редактор, зам. гл. редактора (Новосибирск)

Бакиев С., д.г.-м.н., проф. (Ташкент, **Узбекистан**)

Брехунцов А. М., д.г.-м.н. (Тюмень) Герт А. А., д.э.н. (Новосибирск)

Добрецов Н. Л., акад. РАН (Новосибирск)

Ельцов И. Н., д.т.н. (Новосибирск) Жаркова В., д.ф.-м.н., проф. (Ньюкасл, Великобритания)

Зайнидинов Х., д.т.н. (Ташкент, Узбекистан)

Конторович А. Э., акад. РАН (Новосибирск)

Кулешов В. В., акад. РАН (Новосибирск)

Мельников Н. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)

Николаев А. В., чл.-кор. РАН (Москва) Похиленко Н. П., акад. РАН (Новосибирск)

Птицын А. Б., д.г.-м.н. (Чита) Сейфуль-Мулюков Р. Б., д.г.-м.н. (Мо-

сква)

Старосельцев В. С., д.г.-м.н., проф., зам. гл. редактора (Новосибирск) Старосельцев К. В., к.г.-м.н., отв. се-

кретарь (Новоси́бирск) Тригубович Г. М., д.т.н., проф., зам. гл. редактора (Новосибирск)

Шин Е. Ч., проф. (Инчхон, Республика

Корея) Эпов М. И., акад. РАН (Новосибирск)

Редакционный совет

Алексеев Г. Ф., к.т.н. (Кемерово) Будников И. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)

Васильев В. И., к.г.-м.н. (Иркутск) Гермаханов А. А. (Новосибирск) Девятов В. П., д.г.-м.н. (Новосибирск)

Ефимов А. С. (Новосибирск)

Жуков К. А., к.э.н. (Новосибирск)

Комаров А. В. (Томск)

Конторович В. А., чл.-кор. РАН (Новосибирск) Ларичев А. И., к.г.-м.н. (Санкт-

Петербург)

Мигурский А. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)

Рыльков С. А., к.г.-м.н. (Екатеринбург) Сальников А. С., д.г.-м.н. (Новоси-

бирск) Смирнов Е. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)

Смирнов М. Ю., к.г.-м.н. (Красноярск) Филипцов Ю. А., д.г.-м.н. (Красноярск)

Черных А. И., к.г.-м.н. (Москва)

Шиганова О. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)

Шпильман А. В., к.г.-м.н. (Тюмень) Шурыгин Б. Н., чл.-кор. РАН (Новосибирск)

Редакция

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

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

Содержание

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

В. С. Старосельцев. Историко-тектоническая обстановка проявления на кон-
тинентах базальтоидного магматизма3
В. И. Краснов, Г. С. Федосеев, Л. С. Ратанов. Роль быскарской серии в гео-
логическом строении и истории развития Минусинского прогиба8
С.А.Котлер, И.Д.Зольников. Выделение геоморфологических типов до-
лины р. Чуя (Горный Алтай) на основе морфометрических показателей22
В. М. Подобина, Г. М. Татьянин. Биостратиграфия кузнецовского горизонта
северного палеобиогеографического района Западной Сибири
Нефтегазовая геология
В. А. Конторович, Е. С. Сурикова, Д. В. Аюнова, С. М. Гусева. Сейсмические
образы крупных газовых залежей в арктических регионах Западной Сиби-
ри и на шельфе Карского моря41
А. Г. Вахромеев, И. В. Горлов, Н. В. Мисюркеева, С. А. Сверкунов, Ю. К. Лан-
кин, А.С.Смирнов. Гидрогеологические основы локального прогноза
флюидонапорных систем с аномально высоким пластовым давлением
в карбонатных природных резервуарах кембрия Ковыктинского газокон-
денсатного месторождения
Г. Г. Шемин, М. Ю. Смирнов, А. Г. Вахромеев, С. А. Моисеев, А. В. Мигурский.
Особенности образования и количественная оценка перспектив нефтега-
зоносности Ереминско-Чонского гигантского скопления нефти и газа60
Е. М. Хабаров, О. Д. Николенко. Седиментология вендских силикокластиче-
ских отложений северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы
Гидрогеология, геоэкология и мониторинг геологической среды
С. А. Решетова, А. Б. Птицын. Палинологические исследования торфяных
отложений Беклемишевской впадины (Центральное Забайкалье)88
Математические методы и информационные технологии
Д. О. Гафуров, О. М. Гафуров. Развитие и практическое применение нейро-
информационных технологий. Паттерны95
Гипотезы и дискуссионные материалы
Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников. Девонский вулканизм Минусинского
прогиба в свете двух геологических гипотез – континентального силлоге-
неза и щелочно-базитового петрогенеза (по материалам научных публи-
каций)
Наши авторы
Алфавитный список статей за 2018 г
Авторы журнала за 2018 г 119
Авторы журнала за 2010 г



GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF SIBERIA

N4(36) ♦ 2018	October –	December
---------------	-----------	----------

QUARTERLY SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Editor DSc A.I.Varlamov (Moscow)

Editorial board:

Svinyin V.F., executive editor, associated editor, Novosibirsk Bakiev S., DSc (Tashkent, Uzbekisnan) Brekhuntsov A.M., DSc (Tyumen) Gert A.A., DSc (Novosibirsk) Dobretsov N.L., acad. RAS (Novosibirsk) Eltsov I.N., DSc (Novosibirsk) Epov M.I., acad. RAS (Novosibirsk) 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) Shin E.Ch., PhD, Prof. (Incheon, Republic of Korea) Staroseltsev K.V., PhD, executive secretary (Novosibirsk) Staroseltsev V.S., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk) Trigubovich G.M., DSc, prof., associated editor (Novosibirsk) Zainitdinov Kh., DSc (Tashkent, Uzbekistan) Zharkova V., DSc, prof. (Newcastle, United Kingdom) Editorial council: Alekseev G.F., PhD (Kemerovo) Budnikov I.V., PhD (Novosibirsk) Chernykh A.I., PhD (Moscow) Devyatov V.P., DSc (Novosibirsk) *Efimov A.S.* (Novosibirsk) *Filiptsov Yu.A.*, DSc (Krasnoyarsk) Komarov A.V. (Tomsk) Kontorovich V.A., corr. memb. RAS (Novosibirsk) Larichev A.I., PhD (St. Petersburg) Migurskiy A.V., DSc (Novosibirsk) Rylkov S.A., PhD (Ekaterinburg) Shiganova O.V., PhD (Novosibirsk) Shpilman A.C., PhD (Tyumen) Shurygin B.N., corr. memb. RAS (Novosibirsk) Smirnov E.V., PhD (Novosibirsk) Smirnov M.Yu., PhD (Krasnoyarsk) Vasilyev V.I., PhD (Irkutsk) Zhukov K.A., PhD (Novosibirsk)

Editorial staff

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

> 630091, Novosibirsk, Russia Krasny prospect, 67 Tel./fax +7 (383) 221-75-52 E-mail: journalsniiggims.ru www.jourgimss.ru

Content

Regional Geology, Stratigraphy, Tectonics

<i>V. S. Staroseltsev.</i> Historical-tectonic setting of basaltoid magmatism manifestation on the continents	z
<i>V. I. Krasnov, G. S. Fedoseev, L. S. Ratanov.</i> The role of the Byskarian Series in geological structure and historical development of the Minusa Trough <i>S. A. Kotler, I. D. Zolnikov.</i> Distinguishing the river Chuya valley geomorphological types (Gorny Altai) based on morphometric indices	8 . 22
<i>V. M. Podobina, G. M. Tatyanin.</i> Biostratigraphy of the Kuznetsovsky horizon of the northern paleobiogeographical region of Western Siberia	. 30
Petroleum Geology V. A. Kontorovich, E. A. Surikova, D. V. Ayunova, S. M. Guseva. Seismic images of large gas accumulations in arctic regions of Western Siberia and offshore the Kara Sea	. 41
A. G. Vakhronieev, T. V. Gonov, N. V. Mislarkeeva, S. A. Sverkanov, Ta. K. Lankin, A. S. Smirnov. Hydrogeological fundamentals of local forecast of fluid pressure systems with AHRP in carbonate natural cambrian reservoirs of the Kovyktins- koye gas condensate field G. G. Shemin, M. Yu. Smirnov, A. G. Vakhromeev, S. A Moiseev, A. V. Migursky.	. 49
Features of formation and quantative evaluation of petroleum potential of the Eremin-Chona giant oil-and-gas accumulation <i>E. M. Khabarov, O. D. Nikolenko</i> . Sedimentology of Vendian silicoclastic deposits of the north-eastern Nepa-Botuoba anteclise	. 60 . 79
Hydrogeology, Geoecology and Monitoring of the Geological Environment	
<i>S. A. Reshetova, A. B. Ptitsyn.</i> Palinological studies of peat sediments of the Becklemishevo Depression (Central Transbaikalia)	. 88
Mathematical Methods and Information Technology D. O. Gafurov, O. M. Gafurov. Development and practical application of neural information technologies. Patterns	. 95
Controversial Issues and Hypotheses <i>N. A. Makarenko, A. D. Kotelnikov.</i> Devonian volcanism of the Minusa Trough in terms of two geological hypotheses – continental sillogenesis and alkaline- basite petrogenesis (by materials of scientific publications)	105
Our authors	113
Alphabetical list of articles in 2018.	116
ine authors of journal in 2018	119

УДК 551.24:552.323.5

ИСТОРИКО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ПРОЯВЛЕНИЯ НА КОНТИНЕНТАХ БАЗАЛЬТОИДНОГО МАГМАТИЗМА

В.С.Старосельцев

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

Приведена систематизация проявлений базальтоидного магматизма на континентах. Доказано выделение трех принципиально различающихся типов историко-тектонических обстановок его проявления, имеющих различное влияние на перспективы нефтегазоносности таких территорий. Обосновано преимущество в этом отношении регионов, в которых проявлению базальтоидного магматизма предшествует длительное крупноамплитудное прогибание, компенсированное отложениями различного литологического состава. В отношении перспектив нефтегазоносности также представляют интерес регионы, в которых проявлению базальтоидного магматизма предшествуют длительное крупноамплитудное прогибание, компенсированное отложениями различного литологического состава. В отношении перспектив нефтегазоносности также представляют интерес регионы, в которых проявлению базальтоидного магматизма предшествуют процессы рифтогенеза. Практическое отсутствие значимых проявлений нефтегазоносности характерно для регионов с интенсивным проявлением предшествующей интенсивной складчатости. Для самих базальтоидных комплексов повсеместно характерны однотипные закономерности строения, включая наличие маркирующих покровов базальтов, значительно облегчающих их картирование.

Ключевые слова: историко-тектоническое положение базальтов, масштабы предшествующего прогибания, маркирующие покровы базальтов.

HISTORICAL-TECTONIC SETTING OF BASALTOID MAGMATISM MANIFESTATION ON THE CONTINENTS

V.S. Staroseltsev

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

The article presents a systematization of basaltoid magmatism manifestations on the continents. The identification of three fundamentally different types of historical-tectonic settings of its manifestation, which have different effects on oil and gas prospects of such territories, is justified. The authors justify the advantage in this respect of the regions in which the basaltoid magmatism manifestation is preceded by a long-term compensated large-amplitude downwarping by sediments of different lithologic composition. In regard to oil and gas prospects, regions in which basaltoid magmatism is preceded by rifting processes are also of interest. An actual absence of significant oil and gas manifestations is typical of regions with intensive manifestation of the preceding intensive folding. The structure of the basaltoid complexes themselves is characterized by uniform regularities including the presence of key basalt covers, which greatly facilitate their mapping.

Keywords: historical-tectonic settings of basalts, scales of preceding downwarping, key basalt covers.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-3-7

Имеющиеся материалы позволяют наметить два резко отличающихся друг от друга типа историко-тектонических обстановок проявления траппового магматизма на древних платформах. В одних случаях (бассейны Парана, Мараньон, Карру и Тунгусский) трапповому магматизму предшествовало компенсированное осадконакоплением длительное (более 100–300 млн лет) и глубокое (более 3–5 км) прогибание обширных (от 0,5 до 1,2 млн км²) территорий. Значения указанных параметров не имеют между собой прямой связи, хотя для некоторых из них намечается зависимость от тектонического положения бассейна.

Например, близкое значение (свыше 6 км) максимального дотраппового прогибания имеют бассейны Карру и Тунгусский. Оба представляют собой краевые синеклизы платформ, примыкающие к активным геосинклинальным складчатым областям (соответственно Капской и Таймырской). Площади и длительность прогибания этих бассейнов существенно различаются. Толща дотрапповых осадочных пород бассейна Карру (площадь около 0,6 млн км²) накопилась в течение позднекаменноугольно-триасового времени (около 100 млн лет), а Тунгусского бассейна (площадь свыше 1 млн км²) – в течение всего палеозоя (более 300 млн лет).

Мощности накопленных до траппового магматизма осадочных пород в бассейнах Мараньон и Парана, представляющих собой внутренние синеклизы Южно-Американской платформы, едва достигают 3 и 4 км соответственно, хотя их возраст более 230–270 млн лет, а площади соизмеримы (0,6 млн км² – Мараньон и 1,2 млн км² – Парана) с таковыми Карру и Тунгусского.

Во внутренних синеклизах, имеющих практически замкнутый контур, максимальные мощности осадочной толщи приурочены к центральным районам, а под базальтовыми плато краевых синеклиз мощность осадочного чехла увеличивается в сторону смежных складчатых зон.

Совершенно иные тектонические условия проявления траппового магматизма наблюдаются в восточных и северных районах Африкано-Аравийской и западных районах Индийской платформ, где



Рис. 1. Фрагмент геологической карты м-ба 1:1 000 000 со стандартным набором условных знаков

базальтовые покровы формировались на значительных по площади (до 0,6 млн км²) относительно приподнятых и частично или полностью лишенных осадочного чехла структурах куполообразной формы. При этом для них характерна четкая связь с крупными рифтами или зонами разломов, в пределах которых в предтрапповое время происходило территориально локализованное накопление осадков.

В выделенных типах тектонических обстановок существенно различается и состав туфогенно-эффузивных комплексов. В первом случае образуются нормальные базальты и туфогенные породы основного состава или (крайне редко) щелочные и ультраосновные разности, а во втором помимо базальтов широко развиты риолиты, андезиты и другие кислые и средние изверженные породы.

В этом отношении интерес представляет деканский трапповый комплекс Индостанской платформы. Несмотря на то что на большей части территории он сложен нормальными базальтами, вблизи долины р. Нармада и особенно Бомбейского побережья в его состав входят эффузивы кислого и среднего состава. По мере приближения к указанным рифтам общая мощность туфогенно-эффузивных образований увеличивается. Эта особенность резко отличает их от траппов бассейнов Парана, Карру и Тунгусского, в которых увеличение общей мощности вулканитов не сопровождается появлением их кислых и средних разностей. Следовательно, особенности изменения состава и мощности туфогенно-эффузивной толщи тесно связаны с особенностями предшествующего тектонического развития.

Все изложенное позволяет выделить два типа базальтовых комплексов, залегающих на поверхности древних платформ. Первый тип характеризуется выдержанным составом и приурочен к обширным седиментационным бассейнам, второй отличается присутствием пачек покровов кислых и средних эффузивов и тяготеет к областям длительного поднятия, осложненного процессами рифтогенеза.

Существует и третий тип базальтовых комплексов на континентах, который хоть и имеет выдержанный состав, но располагается не над областями глубокого компенсированного субгоризонтально залегающими осадками прогибания, а на территориях, испытавших интенсивные складчатые деформации. Один из таких участков, непосредственно изученный автором, приурочен к южной части Таймырской складчатой области (рис. 1), где геологической съемкой м-ба 1:200 000 закартированы полосы раннетриасовых базальтов, аналогичных развитым на территории Тунгусского бассейна. При этом, несмотря на зональное, а не площадное распространение, полностью сохраняется состав базальтовых покровов Тунгусского бассейна, включая особо построенные маркирующие.

На втором участке комплекс базальтовых покровов значительной суммарной толщины образует возвышенное плато Колорадо, которое расположено тоже не над глубоким осадочным бассейном, а над складчатой зоной юго-западного Калифорнийского складчатого обрамления Северо-Американской платформы, отделяющего ее от Тихого океана (рис. 2). Здесь, так же как и в районе Таймырской складчатой зоны в Восточной Сибири, наблюдается проявление базальтоидного выдержанного по составу комплекса с маркирующими покровами с тонкостолбчатой отдельностью, имеющими каждый суммарную толщину несколько десятков метров.

Сравнивая тектонические позиции базальтовых комплексов третьего типа на Азиатском (см. рис. 1) и Северо-Американском (см. рис. 2) континентах, необходимо отметить, что первый находится непосредственно на продолжении Тунгусского бассейна, глубоко прогнутого до проявления базальтоидного магматизма, а второй отделяет часть Северо-Американской платформы, лишенную массового базальтоидного магматизма, от побережья Тихого океана, в пределах которого базальтоидный магматизм широко выражен. Следовательно, активный базальто-

№ 4(36) ♦ 2018



идный магматизм может проявляться вблизи как обширных активно и глубоко прогибавшихся платформ, так и океанических регионов.

Наиболее интересны в нефтегазоносном отношении территории распространения базальтовых комплексов первого типа. Широкое развитие под ними мощной толщи осадочных пород создает благоприятные условия для формирования крупных скоплений УВ. Обнаружение этих скоплений требует значительных объемов геофизических и буровых работ, направленных на оценку целого комплекса литолого-геохимических, тектонических, гидрогеологических и других факторов. Анализ особенностей строения и состава базальтовых плато, обычно из-за интенсивной расчлененности доступных для изучения относительно дешевыми наземными и дистанционными методами, может существенно облегчить выбор наиболее рациональных направлений указанных работ. Для этих целей прежде всего может быть использована намечающаяся прямая связь мощностей туфогенно-эффузивных и подстилающих их осадочных образований.

Наиболее полная информация о такой связи в настоящее время получена по бассейну Парана, где в пределах базальтового поля пробурен ряд глубоких скважин. Анализ опубликованных материалов Р. М. Сэнфорда и Ф. У. Лэнга, В. Рюфли, К. Кампуша и др. [2] показывает, что области максимальных мощностей вулканогенных (1–1,5 км) и подстилающих осадочных (более 3 км) образований в данном бассейне практически совпадают. Исключением являются лишь непосредственно подстилающие базальтовую толщу континенталь**Рис. 2.** Положение рифта Большого Бассейна в геосинклинальном поясе Кордильер [1]

1 – Канадский щит; 2 – Северо-Американская платформа с осадочным чехлом; 3 - передовой прогиб орогенной зоны Кордильер; 4 – парагеосинклиналь Скалистых гор; 5 – мезозойская эвгеосинклиналь Сьерра-Невады; 6 – граница срединного массива; 7–9 – часть срединного массива: 7 – со спокойным залеганием палеозойских и мезозойских отложений, 8 – покрытая молодыми вулканическими излияниями. 9 – имеющая рифтовое строение и разделенная на многие горсты и грабены; 10 – альпийская геосинклиналь; 11 - подводное Восточно-Тихоокеанское поднятие; 12 – разрыв Сан-Андреас; 13 – подводная гряда Меррей. Цифры на рисунке: 1 – Береговой хребет, 2 – Поперечный хребет, 3 – Сьерра-Невада, 4 – Колумбийское плато, 5 – Большой бассейн, 6 – плато Колорадо, 7 – Западная Сьерра-Мадре, 8 – Скалистые горы, 9 – Восточная Сьерра-Мадре

š

4(36) + 201

ные грубозернистые песчаники с прослоями конгломератов.

Под базальтовым плато Тунгусского бассейна осадочная толща вскрыта лишь частично в отдельных глубоких скважинах. Однако, судя по изменению мощностей дотрапповых отложений в бортовых зонах бассейна и результатам региональных геофизических работ в центральных его районах, максимальные (более 1,5–2,5 км) мощности туфогенно-эффузивных пород приурочены к области увеличения суммарной мощности венд-палеозойских отложений (до 6 км). Так же как и в бассейне Парана, наибольшее пространственное несовпадение зон максимальных мощностей фиксируется при сравнении вулканогенных и непосредственно их подстилающих терригенных угленосных образований.

Несколько иные соотношения мощностей базальтовой толщи и нижележащих осадочных горизонтов наблюдаются в бассейне Мараньон. Во-первых, сохранившийся к настоящему времени реликт базальтовой толщи площадью несколько больше 10 тыс. км² и мощностью до 175 м приурочен к юго-западной бортовой зоне бассейна, где мощность дотрапповых осадочных пород составляет всего 1-1,5 км. Во-вторых, максимумы мощностей базальтовой толщи и несогласно залегающей под ней терригенной формации территориально совпадают. Но, как было показано выше, неизвестно, в какой степени связи, выявленные в бассейне Мараньон, отражают истинное соотношение мощностей его дотраппового осадочного выполнения и сформированной в его пределах вулканогенной толщи. Поэтому нет оснований противопоставлять его бассейнам Парана и Тунгусскому по характеру интересующих нас соотношений.

В первом приближении можно считать, что для базальтовых комплексов первого типа характерны определенные соотношения мощностей вулканогенных и ранее накопленных осадочных пород. В условиях регионального распространения (более 0,3 млн км²) базальтовой толщи ее мощность в 2–2,5 раза меньше суммарной мощности подстилающих осадочных комплексов, а наибольшие отклонения в характере изменения мощностей фиксируются при ее сравнении с самой молодой терригенной формацией. К сожалению, полученные выводы нельзя проверить на материалах бассейна Карру, где сохранившееся от эрозии базальтовое плато Драконовы горы имеет крайне ограниченную (около 26 тыс. км²) площадь и совершенно не изучено глубоким бурением. Вместе с тем можно полагать, что связи, установленные на примере бассейнов Парана и Тунгусский, отражают общие закономерности проявления траппового магматизма в пределах крупных и глубоко прогнутых седиментационных бассейнов древних платформ.

№ 4(36) ♦ 2018

Выдержанный основной состав вулканогенных образований, приуроченных к областям активного предшествующего прогибания, и прямая зависимость их мощностей от величин последнего, скорее всего, обусловлены большой глубиной заложения и морфогенетическими особенностями магмоподводящих каналов. В условиях значительного прогибания крупных сегментов земной коры, вызванного, вероятно, длительным и аномально интенсивным остыванием литосферы с соответствующим ее уплотнением [3, 5], трещины растяжения согласно законам деформаций прогибающихся пластин будут иметь тенденцию к расширению вниз по разрезу и достигать мантийных масс. Благодаря этому формирующиеся на больших глубинах магмы основного состава получили относительно свободный доступ к поверхности.

Совершенно иными были, видимо, условия проявления вулканизма смешанного (основного, среднего и кислого) состава. Длительное предшествующее поднятие, сопутствующее обычно областям с повышенным тепловым потоком, предопределяло формирование трещин с тенденцией к раскрытию вверх по разрезу, что затрудняло проникновение магмы в земную кору. При этом даже основные магмы за счет дополнительных остановок в процессе подъема к поверхности, сопровождаемых явлениями дифференциации и контаминации, порождали вулканические продукты разнообразного состава.

Таким образом, выделенные типы базальтовых комплексов, по существу, отражают противоположные тенденции развития структур земной коры и литосферы в целом. Полученные выводы имеют предварительный характер и требуют дальнейшего комплексного изучения. Вместе с тем уже сейчас они позволяют объяснить многие структурно-формационные особенности платформенных регионов с широким проявлением траппового магматизма.

Осадочные толщи, подстилающие базальтовые комплексы первого типа, в формационном отношении не всегда одинаковы. Большинство их (в бассейнах Парана, Мараньон и Карру) представлено преимущественно терригенными отложениями, среди которых значительное место занимают песчаники, имеющие часто континентальное (эоловое) происхождение. Все перечисленные бассейны приурочены к древним платформам южного полушария. В отличие от них Тунгусский бассейн, расположенный в северном полушарии, характеризуется резким преобладанием карбонатных и терригенно-карбонатных пород с прослоями сульфатов и солей, накопление которых происходило в морских, прибрежно-морских и лагунных условиях. Эти различия, имеющие, как будет показано далее, большое значение для нефтегазоносности, видимо, являются не случайными и в какой-то мере отражают асимметрию в строении и развитии земной коры северного и южного полушарий, которую отмечают многие исследователи.

Создание благоприятных для нефтегазообразования термобарических обстановок под базальтовыми комплексами контролировалось погружением перспективных горизонтов в результате накопления не только осадочных, но и туфогенно-эффузивных пород. Наряду с региональным и локальным повышением температур за счет магматического расплава это обеспечивало максимально полное преобразование OB.

Оценивая в целом перспективы нефтегазоносности осадочных пород под базальтами Тунгусской синеклизы, необходимо отметить, что по сравнению с дотрапповыми отложениями аналогичных регионов южного полушария (бассейны Парана, Мараньон, Карру и др.) они имеют определенные преимущества, обусловленные особенностями формационного состава и режима тектонических движений до начала массового проявления траппового магматизма.

Режим тектонических движений на территории Тунгусской синеклизы вплоть до начала позднего палеозоя характеризовался устойчивым слабо дифференцированным прогибанием, что не способствовало развитию интенсивной трещиноватости. Некоторым исключением в этом отношении являлась, вероятно, западная окраина синеклизы, примыкающая к тектонически активной зоне краевого шва Сибирской платформы. В таких условиях миграция УВ в карбонатных породах на большей части территории Тунгусской синеклизы была крайне ограничена. Судя по особенностям тектонического развития, трещинообразование на северо-западе Сибирской платформы активизировалось в позднем палеозое и особенно на рубеже палеозоя и мезозоя, когда были созданы условия для массового перемещения трапповой магмы. Следовательно, для Тунгусской синеклизы процессы наиболее интенсивной генерации и миграции УВ оказались как бы совмещенными во времени, что создавало предпосылки для формирования основных скоплений нефти и газа в наиболее оптимальных условиях.

В остальных седиментационных бассейнах, перекрытых базальтами, за счет широкого развития гранулярных коллекторов и значительно большей дифференцированности тектонических движений массовая миграция УВ могла начаться задолго до траппового магматизма. Многие из сформированных при этом скоплений во время тектономагматической активизации могли быть разрушены. Кроме того, связанное с трапповым магматизмом повышение геотермических градиентов и дополнительное погружение осадочных комплексов весьма отрицательно сказывались на коллекторских свойствах терригенных пород, что не могло способствовать формированию крупных скоплений нефти и газа.

Карбонатные породы, как показывают исследования Н. А. Минского, С. П. Максимова, М. И. Лоджевской [4], нередко в условиях высоких температур и давлений на больших глубинах характеризуются увеличением проницаемости, что обусловлено появлением дополнительной трещиноватости и вторичной пористости. Поэтому можно ожидать, что даже находившиеся в период магматизма в жесткой термобарической обстановке карбонатные вендпалеозойские горизонты Тунгусской синеклизы способны аккумулировать значительные объемы УВ.

Все изложенное позволяет считать, что в вендпалеозойских отложениях Тунгусской синеклизы должны быть сосредоточены существенно бо́льшие ресурсы нефти и газа, чем под базальтами бассейнов Парана, Мараньон, Карру, Декан, Северной и Восточной Африки. Есть основания надеяться, что заслуживающие внимания скопления УВ под базальтами Тунгусской синеклизы будут выявлены и при меньших объемах глубокого бурения, чем даже в наиболее изученном бассейне Парана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белоусов В. В.** Основы геотектоники. – М.: Недра, 1975. – 111 с.

2. Кампуш К., Понти Ф., Миура К. Геология бразильской континентальной окраины // Геология

континентальных окраин. Т. 2. – М.: Мир, 1978. – С. 145–160.

3. Кинсмент Д. Дж. Дж. Бассейны рифтового типа и особенности осадконакопления в условиях провисающих окраин континентов // Нефтегазоносность и глобальная тектоника. – М.: Недра, 1978. – С. 61–91.

4. Максимов С. П., Лоджевская М. И. Состояние изученности условий формирования и закономерностей размещения залежей нефти и газа на больших глубинах // Особенности формирования залежей нефти и газа в глубоко залегающих пластах. – М.: Наука, 1980. – С. 3–28.

5. **Sleep N. H., Nunn I. A., Chov L.** Platform basins // Annu. Rev. Earth and Planet. Sci. – 1980. – Vol. 8. – P. 17–34.

REFERENCES

1. Belousov V.V. *Osnovy geotektoniki* [Fundamentals of geotectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 111 p. (In Russ.).

2. Campos K., Ponti F., Miura K. [Geology of the Brazilian Continental Margin]. *Geologiya kontinental'nykh okrain* [Geology of Continental Margins]. Vol. 2. Moscow, Mir Publ., 1978, pp. 145–160. (In Russ.).

3. Kinsmant D. [Rift-type basins and sedimentation features in conditions of sagging margins of the continents]. *Neftegazonosnost' i global'naya tektonika* [Neftgazonosnost and global tectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1978, pp. 61–91. (In Russ.).

4. Maksimov S.P., Lodzhevskaya M.I. [The state of knowledge of conditions of formation and regularities in the location of oil and gas deposits at great depths]. Osobennosti formirovaniya zalezhey nefti i gaza v gluboko zalegayushchikh plastakh [Features of the formation of oil and gas deposits in deep-seated reservoirs]. Mocsow, Nauka Publ., 1980, pp. 3–28. (In Russ.).

5. Sleep N.H., Nunn I.A., Chov L. Platform basins. *Annu. Rev. Earth and Planet. Sci.*, 1980, vol. 8, pp. 17–34.

© В. С. Старосельцев, 2018

УДК 551.734:552.32(571.51)

РОЛЬ БЫСКАРСКОЙ СЕРИИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ И ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА

В. И. Краснов¹, Г. С. Федосеев^{2, 3}, Л. С. Ратанов¹

¹Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья; ²Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН; ³Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет; Новосибирск, Россия

Одно из самых сложных литостратиграфических подразделений, картируемых при средне-мелкомасштабной Госгеолсъемке в Алтае-Саянской области, – быскарская серия. В ее составе отображена чрезвычайная фациальная изменчивость континентальных раннедевонских образований Минусинского прогиба. На вещественной основе проведена типизация входящих в состав серии свит. Отмечено, что осадочно-вулканогенный характер быскарской серии должен быть изменен на вулканогенно-осадочный в связи с иной оценкой количественных соотношений главных свитообразующих компонентов (терригенного, вулканического и вулканогенного). Установлено, что общая схема раннедевонского магматизма в процессе формирования быскарской серии была антидромной, так как базитовые пластовые тела, идентифицируемые повсеместно в качестве лавовых палеопотоков, фактически являются силлами и должны быть исключены из состава серии. В связи с этим затронуты проблемы валидности свит, в которых пластовые базитовые тела ранее были ошибочно отнесены к эффузивным образованиям, и отсутствия в прогибе не только бимодальной, но и других вулканических серий, начальными членами которых являются базальты и долериты.

Ключевые слова: быскарская серия, нижний девон, базальт-долеритовые силлы, вулканокластические породы, Минусинский прогиб, Красноярский край.

THE ROLE OF THE BYSKARIAN SERIES IN GEOLOGICAL STRUCTURE AND HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE MINUSA TROUGH

V. I. Krasnov¹, G. S. Fedoseev^{2,3}, L. S. Ratanov¹

¹Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources; ²V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS; ³National Research Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The Byskarian series has been and remains the one of the most complex mappable lithostratigraphic subdivisions during the medium-small-scale State Geological Survey in the Altai-Sayan Region. Its composition displays the extreme facies variability of the continental Early Devonian formations of the Minusa trough. The typification of formations including in the series has been made on the material basis. It has been noted that the sedimentary-volcanogenic character of the Byskarian series should be changed to volcanogenic-sedimentary, in connection with another assessment of quantitative relationships of the main formation-composing components (terrigenous, volcanic and volcanogenic). It is established that the general chart of the Early Devonian magmatism in the process of the Byskarian series formation was antidromous as basite stratal bodies identified everywhere by way of lava paleoflows are actually sills and should be excluded from the series. In connection with this circumstance, the problem of the formation validity is touched on, in such formations stratal basitic bodies were erroneously referred formerly to effusive units. Also the problem of absence in the trough not only bimodal but also other volcanic series, which initial members are basalts and dolerites is broached.

Keywords: Byskarian series, Lower Devonian, basalt-dolerite sills, volcanoclastic rocks, Minusa trough, Krasnoyarsk Territory.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-8-21

Расчленение континентальных толщ относится к наиболее трудным задачам стратиграфии. При геологической съемке в традиционном ключе она решается поэтапно по мере укрупнения масштаба. Соответствующим образом меняется и объем выявляемых стратонов – комплексов, серий и свит [19]. В Минусинском прогибе, расположенном в северной части Алтае-Саянской области (АСО), наиболее востребованной оказалась быскарская серия, распространение которой ограничивается нижним структурным подэтажом чехла молодой платформы.

Понятие быскарской серии (БС) как осадочно-вулканогенного комплекса было предложено Е. А. Шнейдером и Б. П. Зубкус в 1962 г. [23] и закреплено в 1966 г. на Ленинградском стратиграфическом совещании. Тогда же в процессе начавшейся Госгеолсъемки-200 выяснилось чрезвычайно сложное строение осадочных, вулканических и вулканогенно-осадочных образований, относимых большинством исследователей к нижнему и среднему девону. Не случайно поэтому, что несколько десятилетий ушло на дискуссию по уточнению горно-породного состава БС и возраста палеонтологических находок. Изначально серия позиционировалась как осадочно-эффузивное полигенное образование, отражающее активный тектонический режим формирования континентального бассейна быстрого

погружения. В ее составе были установлены разнофациальные свиты – от терригенных (молассовых) и вулканических (вулканокластических и излившихся) до вулканогенных и терригенно-карбонатных (континентально-морских и лагунных). Сочетание этих свит в разных частях Минусинского прогиба настолько разнообразно, что в пределах структурнофациальных подзон практически нет повторяющихся разрезов. Это обусловлено рядом особенностей: аномальной фациальной изменчивостью, высокой насыщенностью вулканическими продуктами в широком диапазоне основности и щелочности, неопределенностью фациальной природы пластовых базитовых тел, среди которых находились линзы и блоки терригенных пород с флорой и фауной. Позднее стал подчеркиваться преимущественно вулканогенный характер БС [12, 19, 23].

Ретроспективный анализ материала по геологическому строению Минусинского прогиба показывает, что принятие решения о «вулканической» природе главной массы базитовых пластовых магматитов легло на плечи стратиграфов, палеонтологов и тектонистов при отсутствии убедительных доказательств альтернативной («интрузивной») точки зрения. Поэтому базитовые пластовые тела включались в состав свит как эффузивные образования без всяких оговорок. Долгие годы на это не обращали должного внимания. В результате некоторые свиты оказались состоящими почти целиком из базальтов и долеритов [19, 23]. Это несоответствие стало особенно ощущаться в последние годы, когда наметился процесс пересмотра фациального статуса базитов и выявления в связи с этим случаев нарушения принципа Стенона. Так, в восточной части

АСО для многих пластовых тел, считавшихся ранее эффузивными потоками, на основе дивергентных признаков была показана инъекционная природа, что позволило перевести их в ранг силлов [8, 11, 16, 20, 21]. Стало очевидным, что назрела необходимость в конструктивном подходе к решению данной проблемы, и в частности в отказе от использования в полевой диагностике конвергентных признаков как решающего фактора в оценке принадлежности базитов к поверхностной фации (пузыристые и миндалекаменные текстуры, гиалиновые и скрытокристаллические структуры, ассоциативность с вулканокластитами широкого спектра по кремнекислотности и др.). В данной статье предпринята попытка восполнить этот пробел и попытаться перевести дискуссию из области борьбы мнений в русло оперирования конкретными фактами, что является важным в условиях принятия актуализированных региональных стратиграфических схем, нацеленных на создание государственных геологических карт нового поколения.

Геологическая обстановка и структурно-фациальное районирование

Геологические образования Минусинского прогиба, воспринимаемого нами в качестве аналога осадочно-породного палеобассейна и позиционируемого как фрагментированная структурно-фациальная зона (СФЗ), располагаются на кембро-ордовикском фундаменте. Основу последнего составляют ранне-среднекембрийские известняки, сочетающиеся с вулканогенно-осадочными толщами и базитовыми телами когтахского и бюйского магматических комплексов. Из более



Рис. 1. Схема структурно-фациального районирования девонских образований Минусинского прогиба (по [17], с упрощениями)

1 – девонские образования; 2 – пости додевонские образования; 3 – современный контур Минусинского прогиба; 4–5 – границы структурнофациальных подзон: 4 – прослеженные, 5 – предполагаемые; 6 – номера: а – СФПЗ (см. рис. 2), б – разрезов с силлами (см. рис. 3)

Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири – 2018, № 4 – Geology and mineral resources of Siberia



Рис. 2. Схема распределения литостратиграфических подразделений быскарской серии в типовых разрезах структурно-фациальных подзон Минусинского прогиба (по [17], с упрощениями)

1-6 – типы отложений: 1 – терригенный, 2 – терригенно-карбонатный, 3 – вулканогенно-терригенный, 4 – терригенноно-вулканогенный, 5 – вулканический; 6 – метаморфизованные отложения фундамента; 7 – временные интервалы, соответствующие перерывам в осадконакоплении; 8–10 – номера: 8 – структурно-фациальных подзон (названия см. рис. 1), 9 – свит (1' – чиланская, 2' – казановская, 3' – толочковская, 4' – коксинская, 5' – енисейская, 6' – джиримская, 8' – уйбатская, 9' – арамчакская, 10' – печищинская, 11' – имекская, 12' – сыдинская, 13' – таштыпская, 14' – шунетская, 15' – сисимская (шунетская), 17' – придорожная, 18' – мигнинская, 21' – тимиртасская, 22' – ойская, 23' – хараджульская, 24' – полевостанская, 27' – имирская, 29' – каменская, 32' – тарланская, 34' – большесырская, 35' – тастрезенская, 36' – сосновская, 37' – чинжильская, 38' – тазольская, 40' – старковская, 41' – идринская, 44' – подкаменная, 45' – марченгашская, 46' – копкоевская) и подсвит (19" – верхнематаракская, 25" – нижнематаракская, 31* – кузьминская, 33* – талиновская, 39* – базырская, 42* – берешская) и подтолщ (16** – нижнеуленьская, 43** – верхнеуленьская); 11–12 – силлы: 11 – единичные (а – установленные, б – предполагаемые), 12 – группы силлов (а – установленные, 6 – предполагаемые); 13 – нерасчлененные подразделения и свиты перекрывающего комплекса: 47 – постфранские, 48 – сиринская, 49 – постфаменские, 50 – толтаковская, 51 – бейская, 52 – постживетские, 53 – илеморовская

поздних магматитов в фундаменте широко развиты массивы и батолиты тигертышского гранитоидного комплекса. Образования фундамента участвуют в строении горного обрамления прогиба, проявляясь также в виде отдельных выступов (валов), разделяющих прогиб на впадины. В пределах последних, в свою очередь, обозначены структурно-фациальные подзоны (СФПЗ), для выявления которых использовались комбинации структурных элементов (тектонические нарушения и границы налегания базальных слоев раннедевонских отложений на фундамент) и выявленные особенности вещественного состава свит [17]. Надежность проведения границ между подзонами зависела от конкретных условий обнаженности: некоторая их часть была прослежена на местности, а остальные границы признаны условными. В результате в Минусинском прогибе было установлено 17 структурно-фациальных подзон (рис. 1). Большинство из них ориентировано в субширотном направлении, иногда они протягиваются от одного борта прогиба до другого (Коксинская и Сыдо-Ербинская СФПЗ). Поэтому проверить гипотезу о существовании в Минусинском прогибе периферийных, центральных и прикупольных зон [13] пока не представляется возможным, тем более что требованиям периферийной позиции отвечают только Балыксинская, Аскизская, Уйбатская и Уленьская СФПЗ, а остальные охватывают одновременно и периферийные, и центральные площади.

Следует отметить, что используемое районирование в дальнейшем может совершенствоваться, поскольку известны иные подходы к решению данной проблемы, основанные, в частности, на тектоническом (глыбовое строение фундамента), географическом (краевые, центральные и периферийно-купольные зоны) и магматогенном (развитие вулканических аппаратов центрального и трещинного типов) подходах. Однако выбираемые при этом признаки в значительной мере гипотетические, особенно в условиях наличия оконтуривающих прогиб дизъюнктивов, в которые «утыкаются» резко обры-



вающиеся границы разновозрастных стратиграфических подразделений.

Строение быскарской серии

При изучении геологического строения Минусинского прогиба БС сыграла особую роль, поскольку традиционный подход к выделению нижнедевонских свит на всей территории прогиба оказался малоэффективным, а их корреляция была существенно затруднена, так как наборы свит в структурно-фациальных подзонах отличались необычайно широким разнообразием. Тем не менее к началу среднемасштабного картирования уже были охарактеризованы отдельные стратотипические районы и выделены свиты, названия которых сохранились до наших дней (матаракская, шунетская, арамчакская и др.). До 1960 г. серия описывалась как осадочно-вулканогенная толща, при этом изначально подчеркивался ее вулканогенный (в широком смысле) характер [12, 13]. Следует отметить, что вопрос о верхней границе серии в литературе специально не обсуждался, поскольку она определялась доживетским перерывом. Это означало, что во всех представленных разрезах отложения серии частично или полностью эродированы. Поэтому в серию включались отложения, несогласно перекрытые образованиями толтаковской и более молодых свит, как правило, таштыпского горизонта. В отдельных случаях возраст верхней границы поднимался до эйфельского, и тогда к быскарской серии относилась арамчакская свита.

С нижней границей все обстоит гораздо сложнее: в разных структурно-фациальных подзонах (а иногда и внутри них) на кембро-ордовикском фундаменте залегают образования, относящиеся к различным фациальным типам. В одних местах это вулканокластические породы среднего, кислого и щелочно-кислого состава [23], в других – терригенные красноцветные отложения [9], в третьих – базитовые пластовые тела, относимые большинством исследователей к эффузивам [14]. Под данными образованиями во многих местах были отмечены конгломераты с галькой мраморизованных известняков, кварцитов, сланцев, гранитоидов, порфиритов. Мощность конгломератов изменяется от нескольких до десятков и первых сотен метров. Чаще всего они относятся к маматской свите [12]. По мнению авторов, арамчакская и маматская свиты не должны включаться в состав быскарской серии.

В строении быскарской серии участвует более 40 литостратиграфических подразделений, четвертая часть которых до настоящего времени находится в ранге толщ и подтолщ, т. е. они не обладают полным набором признаков, позволяющих перевести эти подразделения в разряд валидных. При составлении внемасштабного посвитного изображения быскарской серии априори было намечено пять вещественных типов свит, учитывающих условия их образования: терригенный (I), терригеннокарбонатный (II), магматогенно-терригенный (III), терригенно-магматогенный (IV) и магматогенный (V). Каждый из этих, в известной мере условных, типов представлен 10, 5, 7, 11 и 13 свитами соответственно (рис. 2). Следует оговориться, что термином «магматогенный» обозначены как вулканогенные (классические переотложенные продукты вулканизма), так и вулканокластические породы. Кроме того, сюда же отнесены базальты, оливин-пироксеновые и крупнопорфировые плагиоклазовые (лабрадоровые порфириты) долериты, считавшиеся ранее эффузивами либо по традиции, либо по конвергентным признакам, либо из-за недостаточной изученности верхних контактов. За многолетнюю историю изучения серии не одним поколением геологов было установлено, что почти все подразделения сформировались в пражском и эмсском ярусах [17]. Некоторым исключением в этом ряду является арамчакская свита, состоящая из конгломератов (с участием красноцветных песчаников и алевролитов). Одни авторы относят ее к эйфелю, другие – к верхней части эмса. Некоторые исследователи обращают внимание на наличие в Чебаково-Балахтинской (Северо-Минусинской) впадине стратиграфического несогласия между шунетской и арамчакской свитами. На самом деле детальнейшие работы в южном подножье Красной Горки (территория учебных геологических полигонов сибирских университетов) показали, что отложения арамчакской свиты сменяют шунетские постепенно.

Следует отметить также, что рис. 2 отражает не только фациальную пестроту серии, но и некоторые особенности пространственного распределения свит, относящихся к разным типам. Так, свиты терригенного (красноцветного) типа располагаются преимущественно в верхних частях разрезов всех впадин, а в нижней части серии они отмечены только в Южно-Минусинской впадине (чиланская и казановская). Слагаемые терригенно-карбонатным типом свиты находятся в основном в таштыпском горизонте (Таштыпская, Хараджульская и Матаракская СФПЗ), а частично – в середине саглинского. Свиты магматогенно-терригенного типа тяготеют к нижней части серии, и лишь две свиты – мигнинская (Сыдо-Ербинская впадина) и апшальская (Назаровская впадина) – расположены в срединной части. Представители терригенно-магматогенного типа отсутствуют в Сыдо-Ербинской впадине, а в остальных не выходят за пределы саглинского горизонта, соответствуя либо всему горизонту (Балыксинская, Саралинская, Сисимская и Солгонская СФПЗ), либо только его верхней части (Копьевская СФПЗ). Свиты вулканического типа во всех впадинах слагают базальные и средние части разрезов, и только копкоевская (Южно-Минусинская СФПЗ) занимает верхнюю позицию. Основную роль в данном типе играют хараджульская и имирская свиты.

Следует также добавить, что рис. 2 позволяет выявить особенности быскарской серии на более высоком уровне генерализации: а) установить горизонтальные наборы условно изохронных подразделений, относящихся к единому типу или их устойчивому сочетанию; б) обратить внимание не только на латеральную, но и на вертикальную изменчивость состава свит; в) получить одномоментное представление о наличии локальных и региональных перерывов в осадконакоплении; г) оценить предпочтительное участие силлов в разных свитах. Отчетливо видно, например, что разрезы Балыксинской, Копьевской и Солгонской СФЗП состоят исключительно из свит терригенно-магматогенного типа, которые, кстати сказать, во многих других разрезах занимают лишь нижнее положение, играя роль фрагментарно развитых «базальных» образований. Подобную же группу могут составить свиты магматогенного типа. Выделение аналогичных сочетаний в верхней части БС прямо зависит от глубины эрозионного среза после предживетского перерыва. Здесь преобладают свиты терригенного и терригенно-карбонатного типов с равноправным участием свит вулканогеннотерригенного. Постэйфельские свиты относятся исключительно к терригенному типу, а вулканогенный материал устанавливается в них только при микроскопическом изучении.

Аналоги быскарской серии и заложение Минусинского прогиба

Интересно отметить, что быскарская серия, несмотря на ряд нетривиальных свойств, не является единственной в АСО и на сопредельных территориях. Так, в Балыксинском грабене Балыксинско-Саксырской СФЗ и Тейском мульдообразном прогибе в качестве аналога БС описана одновозрастная вулканогенно-терригенная толща, составным компонентом которой является трахибазальт-андезитлипаритовая формация. Аналогичное положение, но смещенное по возрасту до верхнего силура, занимают тельбесская серия в Кузнецком прогибе и кызылбулакская – в Тувинском. В Агульском грабене определены аналоги имирской, шунетской и тонской свит, но они считаются ордовикскими не на основе палеонтологических остатков, а только по геохронологическим определениям. Добавим, что в Рыбинской, Уленьской, Саралинской и Амыло-Кандатской впадинах, а также во множестве безымянных мульд и депрессионных структур АСО имеются многочисленные разрезы, отдельные фрагменты которых сопоставляются с определенными уровнями в разрезах БС. В связи с этим возникает дилемма относительно времени заложения Минусинского прогиба (равно как и аналогичных структур АСО): либо они формировались в пределах современных контуров, либо это был более широкомасштабный процесс, охвативший не только прогибы, но и некоторые сопредельные регионы.

С учетом сказанного становится понятным, что названную проблему невозможно решить в отрыве от истории геологического развития АСО в целом. Поэтому авторы склонны рассматривать формирование прогиба в традиционном аспекте, предусматривающем прогибание, опережающее эрозию, которое частично или полностью компенсировалось осадконакоплением. Это означает, что корректное решение данной проблемы возможно только при анализе разрезов отложений, трансгрессивно перекрывающих ложе осадочного палеобассейна. Вопрос поэтапного изменения границы прогиба решается при отслеживании контуров седиментации и положения разновозрастных тектонических нарушений. Кроме того, необходимы данные о возрасте базальных толщ, определенном не только по палеонтологическим остаткам, но и изотопно-геохимическими методами. Все остальное зависит от характера двух эрозионных поверхностей – современной и «базально-палеобассейновой».

В настоящее время крупные области девонских отложений слагают отрицательные формы рельефа. Поэтому не случайно геологи-первопроходцы назвали их котловинами или впадинами, вкладывая в эти понятия орографический смысл. И только в 1960 г.

№ 4(36) **◆** 2018

И.В.Лучицкий предложил называть подобные структуры прогибами, т. е. так, как именуются сугубо тектонические образования [12]. Это немедленно побудило исследователей уточнить динамический характер этих структур: первозданный (межгорный) или унаследованный (наложенный). В отношении базальной палеоповерхности в литературе обсуждались два варианта условий заложения прогибов: либо на пенепленизированной, либо на педипленизированной поверхности. Скольжение заложения прогибов во времени отслеживается оценкой по различным методикам на качественном (флора, фауна) и количественном (изотопная геохронология) уровнях. Для Минусинского прогиба, например, решение о раннедевонском возрасте заложения принято на основании определения нижнедевонской флоры [1, 2, 4, 6, 10].

Следующим шагом явилось понижение возможного момента заложения прогиба до силурораннедевонского [23] и ордовикского [18] времени. Причем в содержательной интерпретации геохронологических определений, указывающих на ордовикский возраст отложений имирской, казановской и большесырской свит, имеются принципиальные вопросы, обсуждение которых выходит за рамки настоящей статьи, так как в отнесенных к ордовику свитах имеется девонская флора [10]. Нет также окончательного понимания того, что нижнематаракская подсвита, к примеру, является прямым аналогом имирской (см. рис. 2, СФПЗ 12, свита 25").

Согласно широко распространенной точке зрения заложение впадин ознаменовалось массовыми излияниями базальтовой магмы [13, 19]. Именно поэтому у многих исследователей сложилось твердое убеждение, что раннедевонский этап был существенно магматогенным, что и отразилось на обобщенной характеристике быскарской серии. По этой причине никто не обратил должного внимания на локальное образование маматских конгломератов, появление которых могло быть связано с педипленовым характером палеорельефа. Фрагментарное развитие нижнедевонских отложений в горных обрамлениях Алтае-Саянской области и далеко за ее пределами указывает на возможное существование обширного осадочного раннедевонского палеобассейна [4]. В это время, возможно, и заложилось несколько депоцентров (Кузнецкий, Уймено-Лебедской, Агульский, Рыбинский и Минусинский) и грабенов. Их контуры могут быть намечены по выходам отложений имирской, хараджульской, казановской, большесырской, маматской и других раннедевонских свит. Складчатость в обрамляющих горных сооружениях, сопровождавшаяся образованием региональных разломов, могла определить дополнительные контуры Минусинского прогиба. Об этом же свидетельствуют «утыкания» нижнедевонских толщ [8] в породы фундамента.

Следующий (доюрский) этап связан с региональной трансгрессией и образованием среднепозднедевонских и более молодых отложений, в значительной степени перекрывших отложения БС. Обращает на себя внимание и то, что в Минусинском прогибе не установлены триасовые отложения, и это существенно ограничивает реставрационные возможности. Тем не менее, учитывая масштабное пермо-триасовое бассейнообразование на Сибирской платформе и в меньшей степени – в Кузнецком бассейне, можно с определенной долей уверенности предположить, что они могли происходить и в пределах наметившегося контура Минусинского прогиба. Итак, к концу ХХ в. представления о времени заложения впадин Минусинского прогиба свелись к четырем точкам зрения: 1) разновременное (от раннего до позднего девона), 2) в раннем девоне, 3) в силуре или ордовике, 4) в пермо-триасе.

Согласно первой гипотезе предполагалось, что процесс начался с образования в раннем девоне юго-западной части Южно-Минусинской впадины, а остальные впадины образовались в среднем и позднем девоне [13]. Это было принято многими специалистами, и более всего теми, кто занимался изучением перспектив нефтегазоносности девонских отложений. В основе такого представления было открытие раннедевонской флоры в стратотипе имекской свиты на юго-западе указанной впадины. Преобладало мнение, что в других впадинах Минусинского прогиба палеонтологического обоснования раннедевонских образований не существовало. Вторая точка зрения возникла в результате проведения широчайших тематических и геолого-съемочных работ, когда были изучены разрезы прибортовых районов и многочисленных скважин в центральной части впадины. Удалось обнаружить разрезы с содержанием фрагментов раннедевонских растений, ихтиофауны, ракоскорпионов (Быстрянская опорная скв. 4, геологические разрезы в районах р. Уйбат, улуса Казанов, озер Матарак и Шунет, лога Тустужул, горы Сагар-Хая и других местах). В результате было обнаружено более широкое развитие отложений раннего девона, чем это казалось прежде, что привело к признанию раннедевонского заложения Минусинского прогиба [6, 10, 13, 19]. Таким образом, мнение о его раннедевонском и силуродевонском заложении было основано только на представлении о возрасте геологических образований. Никакие иные геологические процессы последующих периодов не учитывались.

В 1990-е гг. появилось еще одно мнение о времени заложения Минусинского прогиба. Оно состояло в изменении девонского возраста казановской, имирской, большесырской и других свит на ордовикский [15, 18]. Это является малоубедительным, так как в казановской и большесырской свитах установлена раннедевонская флора [7, 10]. Единственный стратон, возраст которого пока не обоснован палеонтологическим материалом, – имирская свиВстречаемость базитовых силлов в свитах быскарской серии

Фациальный	Распределение свит по насыщенности силлами					
тип разреза	Установлены	Предполагаются	Не установлены			
I. Терригенный	Чиланская	Джиримская	Еловская, енисейская, казановская, коксин- ская, печищинская, то- лочковская, уйбатская			
II. Терригенно- карбонатный	Сисимская, шунетская	Сыдинская	Имекская, таштыпская			
III. Магматогенно- терригенный	Ашпанская, верхнемата- ракская, нижнеуленьская, придорожная	Тимиртасская	Мигнинская			
IV. Терригенно-магма- тогенный	Копьевская, нижнемата- ракская, хараджульская	Имирская, каменская, ойская, полевостанская, талиновская, тар- ланская, чернавкинская	Кагаевская, кузьминская			
V. Магматогенный	Базырская, берешская, марченгашская, тазоль- ская, тастрезенская	Идринская, подкаменная, соснов- ская, старковская, чинжильская	Большесырская, верхне- уленьская, копкоевская			

Примечания. Силлы установлены по нескольким дивергентным признакам и литературным данным (см. рис. 3, 4); к предполагаемым отнесены силлы, выделенные авторами при анализе разрезов и стратиграфических колонок к картам Госгеолсъемки-200 первого поколения (см. рис. 3).

та. По иронии судьбы, именно она и оказалась главным объектом геохронологической диагностики.

Заканчивая обзор представлений о времени заложения Минусинского прогиба, нельзя не сказать и о гипотезе двухэтапного его образования, основанной на анализе геологической эволюции Восточной Сибири [4]: предполагается второй этап окончательного оформления прогиба в условиях субплатформенного режима. Главная роль при этом отведена активным геодинамическим процессам, приведшим к глобальным для Сибири мощным вертикальным подвижкам в юго-западной и южной частях Восточной Сибири, Восточного и Западного Саяна, Кузнецкого Алатау, к разрушению терригенных и вулканогенных накоплений на всей территории современных горных сооружений, к формированию крупных разломов, предопределивших окончательные очертания Минусинского прогиба, в котором сохранились девонские образования.

Участие пластовых базитов в строении быскарской серии

Встречаемость пластовых базитов (силлов) в свитах разного типа отражена в таблице, а конкретное их расположение в разрезах – на рис. 3. Силлы существенно варьируют по мощности и встречаются в свитах всех типов. Они участвуют в строении складок и блоков первого структурного подэтажа и, как правило, разделены пластами терригенных, вулканогенных и вулканических пород. В некоторых разрезах пачки силлов (по традиции принимавшихся за эффузивы) в сочетании с подчиненными вулканогенно-терригенными прослоями и блоками составляли целиком отдельные свиты, к числу которых, в частности, были отнесены тонская и марченгашская свиты. Изученные нами силлы выявлены по совокупности дивергентных признаков, часть из которых показана на рис. 4. Наряду с этим считаем уместным показать также и предполагаемые силлы, выделение которых основано на описаниях в регионально-стратиграфических схемах 2018 г. [17] и попутном изучении в рекогносцировочных маршрутах (см. рис. 2). Понятно, что для корректной диагностики пластовых тел данной категории необходимы целенаправленные исследования.

Степень насыщенности свит силлами неодинакова в разных СФПЗ. Имеются примеры как одиночных силлов, так и их пачек. К настоящему времени в ранг силлов переведено более 20 пластовых базитовых тел, принимавшихся ранее за лавовые потоки. Наиболее результативными для принятия такого решения явились геологические образования Сыдо-Ербинской, Матаракской, Сисимской и Аскизской СФПЗ. В связи с этим нельзя не отметить тесную ассоциацию вулканических пород кислого и основного составов, на что впервые обратил внимание А. Г. Вологдин: «Основные эффузивные породы замещаются в разрезах покровно-эффузивного комплекса в вертикальном направлении совершенно постепенно породами более кислого состава, сначала как будто переслаиваясь с последними, затем уже со значительным преобладанием кислых пород над основными» [3, с. 119]. В дальнейшем такая интерпретация разрезов была принята практически всеми специалистами по геологической съемке, что, несомненно, отрицательно повлияло на поиск новой, в том числе и альтернативной модели формирования быскарской серии. Тем не менее сам автор подчеркивал широкое распространение кислых эффузивных пород в нижней части разреза установленной им абаканской свиты.

Поскольку присутствующие в быскарской серии пластовые базиты в соответствии с господство-



ская, 2 – бейская, 3 – сиринская, 4 – таштыпская, 5 – тонская, 6 – имирская, 7 – сисимская, 8 – тастрезенская, 9 – сагархаинская, 10 – уйбатская, 11 – южноминусинская, 12 - тимиртасская, 13 - биджинская

вавшей в те времена «эффузивной» парадигмой изначально были идентифицированы в качестве лавовых палеопотоков, то базальты, долериты, диабазовые порфириты, миндалефиры, лабрадоровые порфириты и подобные им породы традиционно считались неотъемлемой частью вулканической серии. Однако уже в 1960-х гг. наступил период устойчивого осознания частичной правомерности альтернативной, «силловой» парадигмы [5, 7, 11, 20]. Так, лабрадоровые порфириты в Южно-Минусинской впадине были признаны силлами, которые рекомендовалось «исключить из состава чиланской свиты», так как автором были установлены неровные изрезанные контакты послойных и секущих

симский; свиты (цифры в кружках): 1 - толтаков-

апофиз, контактовые корки обжига и срезание порфиритами слоистости во вмещающих песчаниках [5, с. 84]. Дольше всех к эффузивам относили сисимские базальты и долериты, но признаки интрузивного поведения базитовой магмы и в них налицо (см. рис. 4, а, в, д, е).

В последние годы стала пополняться статистика геохронологических данных по пластовым базитам. Существенно расширилось разнообразие методов и повысилась их точность - от ±39 млн лет при определении К-Ar методом по биотиту, до ±3–5 млн лет –³⁹Ar/⁴⁰Ar методом по амфиболам и до ±0,7 млн лет – U-Pb методом по циркону. Возраст силлов в Ширинском районе укладывается



Рис. 4. Некоторые дивергентные признаки малоглубинных силлов

- а крупные аллохтонные ксенолиты терригенных пород внутри долеритового силла, показаны стрелками (Сисимский залив);
- б автохтонные ксенолитовые блоки (центральная часть Красноярского водохранилища, левый борт);
- в инъецирование долеритом пород кровли без нарушения их слоистой текстуры: 1 мелкозернистый песчаник,
 2 алевролит, 3 долерит (Сисимский залив);
- г валикоподобные текстуры крупнолейстовых долеритов (лабрадоровых порфиритов) в верхнем эндоконтакте силла:
 1 гравелит, 2 песчаник, 3 долерит (Коксинский залив);
- д сложная конфигурация контакта базальт-долеритового силла: 1 туфогравелит, 2 туфопесчаник, 3 базальт (Сисимский залив);
- е характер верхнего контакта базальта с миндалекаменно-пузыристой текстурой: 1 песчаник, 2 алевролит, 3 базальт (Сисимский залив)

в пределы 383–395 млн лет [22]. Тем не менее с получением новых геохронологических данных при создании карт нового поколения возникли проблемы, связанные с отнесением огромных площадей имирской свиты к ордовику, что воспринимается нами как недостаточно взвешенное и амбициозное увлечение новой идеей. По-видимому, процесс перевода девонских отложений в ордовикские зашел неоправданно далеко, на что не могли не обратить своего внимания исследователи, стоявшие у исто-

Nº 4(36) ♦ 2018

ков этой идеи [15]. Более того, известны районы, где ордовикские даты противоречат геологическим данным, основанным на наличии ископаемой флоры раннего девона в «условно ордовикских» образованиях быскарской серии [10]. Следует принять во внимание также и то, что подобное удревнение вулканогенных пород делает разницу в возрасте с базитовыми силлами более ощутимой, усиливая тем самым «силловую» парадигму.

Таким образом, становится очевидным, что уже нельзя не замечать или тем более игнорировать широкое развитие силлов в пределах Минусинского прогиба. Напротив, следует более внимательно относиться к изучению верхних контактов пластовых эффузивовидных базитовых тел с целью установления конкретных признаков однозначного их отнесения к соответствующей фации – излившейся или гипабиссальной.

Обсуждение результатов

Многолетнее и всестороннее изучение быскарской серии в разных ее проявлениях позволило сформировать устойчивое мнение о ней как о сложно построенном литостратиграфическом подразделении, состоящем из трех компонентов – терригенного, вулканического и вулканогенного. Сочетание этих компонентов, меняющееся от разреза к разрезу не только по латерали, но и по вертикали, обусловило появление множества свит, типизированных нами на вещественной основе. При всеобщем признании ведущей роли осадочных и вулканокластических образований среднего и кислого (часто щелочно-кислого) составов в строении быскарской серии у многих исследователей возникали определенные сомнения по поводу уместности в этих сочетаниях базитовых вулканитов, поэтому в контексте возможного присутствия все чаще стали упоминаться силлы. Так, В. С. Мелещенко, всегда относивший базитовые тела к эффузивам, считал необходимым доказывать синхронность эффузивов и вмещающих их осадков независимо от занимаемого уровня в разрезах. При этом он допускал, что базитовые образования часто бывают моложе ассоциирующих с ними пород и слагают не только дайки и некки, но и силловые тела [13]. Однако и на этот раз геологическая общественность не придала такому выводу особого значения и все стратиграфические построения по-прежнему выполнялись в русле старых представлений. Поэтому во многих СФЗ геологи продолжали называть базитовые пластовые тела лавовыми потоками скорее по традиции, чем на основе обоснования дивергентными признаками. Не исключено, что одной из причин такого отношения были недостаточно корректные геологические разрезы, на которых описанные в тексте лавовые потоки изображались как интрузивные тела (рис. 5). И действительно, признание девонских силловых комплексов, например в Ширинском районе, стало реальностью только в начале 1980-х гг. Их значение

для практики геологических работ в Минусинском прогибе оказалось особенно важным при региональной корреляции нижнедевонских образований восточной части АСО [7, 17].

Впервые вопрос о широком развитии базитовых силлов в Минусинском прогибе был поднят Е. Э. Разумовской, М. М. Груниным и К. В. Ивановым в 1940-х гг., что вызвало жесткую критику со стороны И. В. Лучицкого, который, кстати сказать, в своей монографии назвал силлами четыре пластовых тела – два в северном борту оз. Шунет (Северо-Минусинская впадина) и два в Волчьей Пади (Сыдо-Ербинская впадина) [12]. Это оказалось весьма символичным, поскольку спустя некоторое время на примере большесырских тел была доказана несомненно силловая природа крупнопорфировых долеритов (лабрадоровых порфиритов), а также долеритов в районе г. Кузьме с предложением исключить их из состава соответствующих свит [5, 8]. С этого времени стало очевидным, что подобные тела априори называть лавовыми потоками уже нельзя. Данный вывод был подтвержден специальными исследованиями, позволившими перевести в силлы ряд базитовых тел, относившихся ранее к эффузивным палеопотокам [7, 11, 16, 20, 21].

При детальном изучении верхних контактовых зон у пластовых базитов (см. рис. 4) был доказан, в частности, инъекционный характер поведения базитовой магмы, что позволило уверенно считать ее более молодой по отношению к той магме, которая генерировала продукты пароксизмального магматизма среднего и кислого составов. Прямым следствием такого вывода является, во-первых, отсутствие в Минусинском прогибе вулканических серий, начинающихся с базальтов и долеритов, и, во-вторых, обоснование антидромной схемы раннедевонского магматизма. Исключение базальтоидов (считавшихся ранее эффузивами) из числа свитообразующих компонентов вносит принципиальные коррективы в традиционное представление о быскарской серии как существенно вулканическом образовании. Можно констатировать: постепенно приходит осознание того, что проблемы участия пластовых базитов в строении быскарской и ей подобных серий не могут быть решены на уровне их диагностики по признакам, доказательные и классификационные возможности которых до конца не определены. Дискуссию необходимо перевести в плоскость привлечения нового фактического материала. Причем для базитового магматизма эту проблему необходимо решать с помощью систем дивергентных признаков для силлов, с одной стороны, и лавовых потоков – с другой. В истории же континентального бассейнообразования инъекционный базитовый магматизм может рассматриваться как дополнительный (к терригенному и вулканическому) источник компенсационного материала [20].

Следует также обратить внимание на два важных следствия ошибочной диагностики фациаль-

6)

9



Рис. 5. Схема залегания девонских пород на восточном склоне Кузнецкого Алатау (а) и стратиграфическая колонка (б) с лавовыми потоками в составе ранне-среднедевонских свит (по [13], с упрощениями)

1 – известняки и мергели; 2 – аргиллиты, алевролиты, песчаники; 3 – песчаники, алевролиты, аргиллиты; 4 – известняки, песчаники, сланцы; 5 – конгломераты; 6 – эффузивы; главные породы в свитах перекрывающего комплекса быскарской серии: 1 – бейская (известняки, доломиты, мергели, мощность (M) < 200 м), 2 – илеморовская (песчаники, алевролиты, прослои водорослевых известняков, M < 600 м), 3 – аскизская (мергели, известковистые алевролиты, прослои битуминозных алевролитов, M < 300 м), 4 – абаканская (красноцветные песчаники, алевролиты, гравелиты, песчаник; прослои туффитов и туфобрекчий, порфириты, M < 1600 м), 5 – таштыпская (известняки мергелистые, мергели темно-серые; прослои туффитов, туфобрекчий и порфиритов, M < 120 м), 6 – толочковская (красноцветные песчаники, гравелиты и конгломераты; прослои мергелей и туфопесчаников; миндалекаменные диабазы, M < 1500 м), 7 – имекская (битуминозные известняки, мергели, алевролиты; туфопесчаники, алевролиты; туфопесчаники, алевролиты; мергели, алевролиты; туфопесчаники, порфириты, M < 250 м), 8 – чиланская (красноцветные песчаники, алевролиты; конгломераты; трослои мергелей и туфопесчаники, алевролиты; торослои мергелей и туфопесчаники, алевролиты, порфириты, M < 250 м), 8 – чиланская (красноцветные песчаники, алевролиты, фельзиты, M < 250 м), 8 – чиланская (красноцветные песчаники и алевролиты, порфириты с прослоями песчаников и алевролитов; конгломераты, M < 1000 м); 9 – кембро-силурийские(?) отложения фундамента (сланцы, мраморизованные известняки и доломиты (M < 1000 м)

ной принадлежности эффузивовидных базитовых пластовых тел, т. е. фактическую смену «эффузивной» парадигмы на «интрузивную», а гомодромной схемы магматизма – на антидромную. Первое следствие касается критического отношения к тем ранее выделявшимся вулканическим сериям, в которых базальты (долериты) считаются родоначальным членом, а второе - уменьшения мощности отложений в свитах с силлами на соответствующую величину. Наиболее уязвимы в этом отношении тонская, марченгашская и подобные им свиты, поскольку они оказываются невалидными. По этой же причине, быть может, следует уменьшить в объеме или вообще упразднить каменскую и тарланскую свиты в Балыксинской СФПЗ; тастрезенскую в Уйбатской; полевостанскую – в Коксинской; сосновскую - в Джиримо-Амыльской; чинжильскую,

идринскую, сыдинскую – в Сыдо-Ербинской; тазольскую – в Саралинской; копьевскую – в одноименной СФПЗ [17]. Аналогичные базитовые тела, фациальный статус которых должен быть пересмотрен, имеются и в других свитах быскарской серии. Восстановление истинных соотношений магматогенных образований с терригенными и вулканогенными должно существенно повлиять на изменение представлений об объеме серии в целом. К сожалению, все это связано с новыми дополнительными, хотя и весьма важными исследованиями, требующими специальных ассигнований.

Выводы

1. Быскарская серия остается одним из ключевых литостратиграфических подразделений при средне- и мелкомасштабном изучении геологического строения Минусинского прогиба и сопредельных регионов.

2. Раннедевонский магматизм Минусинского прогиба происходил по антидромной схеме, поэтому обоснование потенциальной металлогенической специализации вулканических серий, к родоначальным членам которой относились базальты, должно быть пересмотрено, так как в строении быскарской серии участвуют продукты главным образом пароксизмального вулканизма, сопряженного с континентальным седиментогенезом молассоидного характера.

3. Изменение фациального статуса базитовых пластовых магматитов позволяет именовать магматизм инъекционным внутрибассейновым, а быскарскую серию рассматривать как полигенное подразделение существенно вулканогенно-терригенного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев А. Р., Захарова Т. В. К вопросу о систематике, филогении и стратиграфическом значении девонских растений Сибири // Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. – Томск: ТПУ, 1992. – С. 3–10.

2. **Возраст** заложения Минусинских впадин (Южная Сибирь) / Г. А. Бабин, А. Г. Владимиров, Н. Н. Крук и др. // Докл. РАН. – 2004. – Т. 395, № 3. – С. 367–370.

3. Вологдин А. Г. Тубино-Сисимский район. Отчет о геологических исследованиях 1924–1928 гг. // Тр. Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР. – 1932. – Вып. 198. – 182 с.

4. **Дубатолов В. Н., Краснов В. И.** Палеоландшафты азиатской части России в среднем палеозое. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2011. – 167 с.

5. **Краснов В. И.** Некоторые новые представления о красноцветном девоне Минусинского прогиба // Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1968. – С. 83–97.

6. **Краснов В. И.** О нижнем девоне Южно-Минусинской котловины // Докл. АН СССР. – 1959. – Т. 128, № 6. – С. 1242–1244.

7. Краснов В. И., Ратанов Л. С. Корреляция раннедевонских осадочно-туфогенных образований Минусинского прогиба // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. – С. 100–107.

8. Краснов В. И., Ратанов Л. С. О стратотипах матаракской и шунетской свит в Северо-Минусинской впадине // Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1974. – С. 82–89.

9. Краснов В. И., Ратанов Л. С. О строении девонского осадочно-вулканогенного комплекса в Минусинском прогибе // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1974. – С. 88–92. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 146). 10. **Краснов В. И., Ратанов Л. С.** Проблемы возраста и генезиса магматогенных образований прибортовых разрезов Минусинского прогиба // Региональная геология. Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2009. – С. 119–123.

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

12. **Лучицкий И. В.** Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 276 с.

13. **Мелещенко В. С.** О некоторых вопросах стратиграфии девонских отложений Минусинской котловины // Палеонтология и стратиграфия. – М.: Госгеолтехиздат, 1953. – С. 90–100.

14. Основные особенности девонского вулканизма центральной части Алтае-Саянской складчатой области / В. П. Парначев, Н. А. Макаренко, А. И. Родыгин, А. Н. Смагин // Вопросы геологии Сибири. Вып. 2. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – С. 220–236.

15. Перфилова О. Ю., Махлаев М. Л., Сидорас С. Д. Ордовикская вулкано-плутоническая ассоциация в структурах горного обрамления Минусинских впадин // Литосфера. – 2004. – № 3. – С. 137–152.

16. **Пешехонов Л. В.** Петрохимические особенности долеритов силлового комплекса западной окраины Северо-Минусинского прогиба // Палеовулканические реконструкции палеозоя Сибири. – Новосибирск: ИГГ СО РАН СССР, 1988. – С. 98–112.

17. Региональная стратиграфическая схема девонских отложений восточной части Алтае-Саянской области / В. И. Краснов, Л. Г. Перегоедов, Л. С. Ратанов, Г. С. Федосеев // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 7с. – С. 54–101.

18. Рублев А. Г., Шаргина Ю. П. Ордовикский магматизм Восточного Саяна, Минусы и Кузнецкого Алатау // Геология и полезные ископаемые Красно-ярского края. – Красноярск: Красноярскгеолсъемка, 1996. – С. 58–63.

19. Стратиграфия палеозойских отложений Минусинской котловины и ее горного обрамления / Я. Г. Кац, Б. Н. Красильников, А. А. Моссаковский и др. // Материалы по региональной геологии и геоморфологии складчатых областей Сибири и Средней Азии. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – С. 99–149. – (Тр. ВАГТ; вып. 4).

20. Федосеев Г. С. Особенности базитового магматизма в континентальных осадочных бассейнах: силлообразование и силлогенез (на примере Минусинского прогиба) // Петрология магматических и метаморфических формаций. Вып. 8. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2016. – С. 356–364.

21. 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: Изд-во ТГУ, 2002. – С. 106–108.

22. Федосеев Г. С., Ратанов Л. С., Травин А. В. ⁴⁰Ar/³⁹Ar датирование силловых комплексов и вулканитов Минусинского межгорного прогиба (Западная Сибирь) // Матер. 11-й Всерос. конф. по изотопной хронологии. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. – С. 518–521.

23. Шнейдер Е. А., Зубкус Б. П. Стратиграфия нижне-среднедевонских отложений Северо-Минусинской и Сыдо-Ербинской впадин // Материалы по геологии Красноярского края. Вып. 3. – Красноярск: Кн. изд-во, 1962. – С. 4–56.

REFERENCES

1. Ananyev A.R., Zakharova T.V. [To the matter of systematics, phylogeny and stratigraphical significance of Devonian plants of Siberia]. *Materialy po paleontologii i stratigrafii Zapadnoy Sibiri* [Proceedings on paleontology and stratigraphy of West Siberia]. Tomsk, TPU Publ., 1992, pp. 3–10. (In Russ.).

2. Babin G.A., Vladimirov A.G., Kruk N.N., et al. [Age of laying of the Minusa depression]. *Doklady RAN – Proceedings of the RAS*, 2004, vol. 395, no. 3, pp. 367–370. (In Russ.).

3. Vologdin A.G. [Tuba-Sisim region. Report on geological investigations in 1924–1928]. *Trudy Vses. geol.-razv.ob"edineniya NKTP SSSR* [Proc. of All-Union Geological Prospecting Association of PCHI of USSR], 1932, issue 198. 182 p. (In Russ.).

4. Dubatolov V.N., Krasnov V.I. *Paleolandshafty aziatskoy chastei Rossii v srednem paleozoe* [Paleolandscapes of the Asian part of Russia in the Middle Paleozoic]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2011. 167 p. (In Russ.).

5. Krasnov V.I. [Some new concepts on the redcolored Devonian of the Minusa trough]. *Materialy po regional'noy geologii Sibiri* [Materials on the geology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1968, pp. 83– 97. (In Russ.).

6. Krasnov V.I. [On the Lower Devonian of the South-Minusa hollow]. *Doklady AN SSSR – Proceedings of the AS USSR*, 1959, vol. 128, no. 6, pp. 1242–1244. (In Russ.).

7. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Correlation of the Early-Devonian sedimentary-tufaceous formations of the Minusa trough]. *Stratigrafiya i paleontologiya Sibiri* [Stratigraphy and Paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 100–107. (In Russ.).

8. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [On stratotypes of the Matarak and Shunet formations in the North-Minusa depression]. *Materialy po regional'noy geologii Sibiri* [Proceedings on the regional geology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1974, pp. 82–89. (In Russ.).

9. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [On a structure of volcanogenic-sedimentrary complex in the Minusa trough]. *Materialy po stratigrafii i paleontologii Sibiri.* [Materials on stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS, 1972, pp. 88–92. (In Russ.).

10. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Problem of age and genesis of magmatogenic formations of near edge zone sections of the Minusa trough]. *Regional'naya geologiya. Stratigrapfiya i paleontologiya Sibiri* [Regional Geology. Stratigraphy and Paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGIMS Publ., 2009, pp. 119–123. (In Russ.).

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

12. Luchitsky I.V. *Vulkanizm i tektonika devonskikh vpadin Minusinskogo mezhgornogo progiba* [Volcanism and tectonics of the Devonian depressions of the Minusa intermountain trough]. Moscow, USSR AS Publ., 1960. 276 p. (In Russ.).

13. Meleshchenko V.S. [On some questions of the Devonian deposits stratigraphy, Minusa hollow]. *Paleontologiya i stratigrafiya* [Paleontology and Stratigraphy]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1953, pp. 90–100. (In Russ.).

14. Parnachev V.P., Makarenko N.A., Rodygin A.I, Smagin A.N. [Main features of the Devonian volcanism in the central Altai-Sayan folded region]. *Voprosy geologii Sibiri* [Problems of the Siberian Geology]. Tomsk, TGU Publ., 1994, pp. 220–236. (In Russ.).

15. Perfilova O. Yu., Makhlaev M.L., Sidoras S.D. [Ordovician volcano-tectonic association in structures of mountain framing of the Minusa depressions]. *Litosfera* – *Lithosphere*, 2004, no. 3, pp. 137–152. (In Russ.).

16. Peshekhonov L.V. [Petrochemical particularities of the sill complex dolerites in the western margin of the North-Minusa trough]. *Paleovulkanicheskie rekonstruktsii paleozoya Sibiri* [Paleovolcanic reconstructions of the Paleozoic in Siberia]. Novosibirsk, IGG SB AS USSR Publ., 1988, pp. 98–112. (In Russ.).

17. Krasnov V.I., Peregoedov L.V., Ratanov L.S., Fedoseev G.S. [Regional stratigraphic chart for the Ordovician of the western Altai-Sayan folded region]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2018, no. 7c, pp. 54–101. (In Russ.).

18. Rublev A.G., Shargina Yu.P. [Ordovician magmatism of the Eastern Sayan, Minusa and Kuznetsk Alatau]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Krasnoyarskoogo kraya* [Geology and mineral resources of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk, Krasnoyarskgeols''emka Publ., 1996, pp. 58–63. (In Russ.).

19. Kats Ya.G., Krasil'nikov B.N., Mossakovsky A.A., et al. [Stratigraphy of Paleozoic deposits of the Minusa hollow and its mountain framing]. *Materialy po regional'noy geologii i geomorfologii skladchatykh oblastey Sibiri i Sredney Azii* [Materials on regional geology and geomorphology of folded regions of Siberia and Middle Asia]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1958, pp. 99–149. (In Russ.). 20. Fedoseev G.S. [Particularities of basitic magmatism in continental sedimentary basins: sill formation and sill genesis (at the example of the Minusa trough)]. *Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh formatsiy* [Petrology of magmatic and metamorphic formations]. Tomsk, TsNTI Publ., 2016, issue 8, pp. 356–364. (In Russ.).

21. Fedoseev G.S., Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Igneous complexes in the Byskarian volcanogenic-sedimentary series of the Minusa intermountain trough]. *Formatsionnyy analis v geologicheskikh issledovaniyakh* [Formation analysis in geological studies]. Tomsk, University Publ., 2002, pp. 106–108.(In Russ.). 22. Fedoseev G.S., Ratanov L.S., Travin A.V. [⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of a sill complexes and volcanites at the Minusa intermountain depression (West Siberia)]. *Materaly 11 Vseros. konf. po izotopnoy khronologii* [Proc. on 11th All-Russian Conf. on isotopic chronology]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2003, pp. 518–521. (In Russ.).

23. Shnaider E.A., Zubkus B.P. [Stratigraphy of the Lower-Middle Devonian sediments of the North-Minusa and Syda-Yerba depressions]. *Materialy po geologii Krasnoyarskogo kraya* [Proc. on geology of the Krasnoyarsk territory, issue 3]. Krasnoyarsk, 1962, pp. 4–56. (In Russ.).

© В. И. Краснов, Г. С. Федосеев, Л. С. Ратанов, 2018

УДК 551.4.03(571.151)

ВЫДЕЛЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ ДОЛИНЫ Р. ЧУЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

С. А. Котлер¹, И. Д. Зольников¹⁻³

¹Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН; ²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет; ³Институт археологии и этнографии СО РАН; Новосибирск, Россия

Предложены морфометрические показатели извилистости русел (суммарная длина русла и суммарный угол отклонения русла в скользящем окне) и ширины долины по площадкам террас для автоматизированного районирования долины р. Чуя. Первичный фактический материал получен путем детального цифрования топографических карт с учетом цифровой модели рельефа SRTM и космических снимков, в том числе высокого разрешения посредством сервиса Google Планета Земля. Для построения показателей использовалась группа инструментов Density программного пакета ArcGIS10.2.2. Визуальный и статистический анализы морфометрических показателей позволили выявить разные типы долины и провести ее геоморфологическое районирование. По морфометрическим показателям, определяющим ширину долины и извилистость реки, выделены 13 морфотипов ее строения, которые являются индивидуальными для долины р. Чуя. Предложенная методика может быть использована для выделения геоморфологических типов долин других горных рек на основе их количественных характеристик и представлений об историко-генетических обстановках формирования.

Ключевые слова: морфометрия, речные долины, ГИС, геоморфологические типы.

DISTINGUISHING THE RIVER CHUYA VALLEY GEOMORPHOLOGICAL TYPES (GORNY ALTAI) BASED ON MORPHOMETRIC INDICES

S. A. Kotler¹, I. D. Zolnikov¹⁻³

¹V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the SB RAS; ²Novosibirsk National Research State University; ³Institute of Archaeology and Ethnography of SB RAS; Novosibirsk, Russia

Morphometric indices of the river-bed sinuosity (overall length of river-bed and sum angle of the riverbed deviation in sliding window) and width of the valley along terraces for the automated zoning of the Chuya River valley have been proposed. The primary factual material is obtained by detailed digitization of topographic maps, taking into account a digital model of the SRTM relief and space images, including highresolution satellite images through the Google Earth. For the construction of indices, a Density toolset of the software package ArcGIS10.2.2 was used. Visual and statistical analyses of morphometric indices have made it possible to identify various types of valley and to carry out its geomorphologic zoning. According to morphometric indices, which determine the valley width and the river sinuosity, 13 morphotypes of the valley structure are identified. They are individual for the Chuya River valley. The proposed methodology can be used to distinguish geomorphological types of other mountain rivers valleys on the basis of their quantitative characteristics and concepts on historical and genetical settings of formation.

Keywords: morphometry, river valleys, GIS, geomorphological types.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-22-29

Геолого-геоморфологическое строение долин рек Чуя и Катунь на Горном Алтае изучалось многими исследователями на протяжении XX – начала XXI вв. Согласно схеме, предложенной Н. А. Ефимцевым [4], в долинах этих рек выделяют серии террас: высокие (до 300 м), цоколь которых выполнен ининской толщей; средние (до 60-70 м), цоколь которых выполнен сальджарской толщей; низкие (до 5-8 м), которые сложены аллювиальными отложениями. Если аллювиальный генезис низких террас этих рек никогда и никем не подвергался сомнению, то по поводу генезиса цокольного выполнения высоких и средних террас разными авторами высказывались альтернативные мнения. Не углубляясь в историю дискуссий, которая изложена в [6], следует отметить наиболее популярные концепции: аллювиальную [7], камово-гляциальную [2, 12] и гляциально-суперпаводковую [14, 18].

Исследования авторов показали, что цокольные толщи средних и высоких террас Чуйской долины сложены преимущественно пескодресвяниками, щебнегалечниками и валунноглыбовниками с характерными текстурно-структурными особенностями, которые достаточно определенно свидетельствуют об их гляциально-суперпаводковом генезисе [16]. Аккумулятивные отложения этих террас, как правило, не превышают по толщине нескольких метров и сложены аллювием, который представлен в основном косослоистыми гравийно-галечниками и гравийниками с редкими маломощными прослоями песков и алевропесков. Радиоуглеродное и OSL-датирование аллювиальных и субаэральных отложений, перекрывающих в долине р. Катунь сальджарскую толщу как выше, так и ниже устья р. Чуя [11], позволило оценить возраст последних гляциальных суперпаводков в магистральных долинах Горного Алтая не моложе 80-90 тыс. лет.

На Предалтайской равнине ининская толща сопоставляется с отложениями нижнего яруса V террасы р. Обь, а сальджарская – с отложениями нижнего яруса IV террасы р. Обь [5]. Верхние ярусы этих террас сложены субаэральными (эоловыми и делювиальными) образованиями. Тыловые швы, установленные по данным бурения в ходе государственного геологического картирования [3], имеют близкие гипсометрические отметки и фиксируются на космических снимках Landsat по площади распространения сосновых боров на высоту до 60-80 м и более над урезом воды; ширина этой площади достигает 70 км в Бийско-Барнаульской излучине р. Обь. Общий объем Бийско-Барнаульского участка Обской долины от выхода магистральной реки из гор до сужения у Камня-на-Оби, посчитанный по цифровой модели рельефа SRTM, по высоте от уровня реки до отметок тыловых швов IV и V террас составляет около 1000 км³. Такой же суммарный объем Чуйской и Курайской котловин, вычисленный по абразионно-береговым уступам, оставшимся от ледниково-подпрудных палеоозер после их катастрофического спуска. Более поздние (моложе 90-80 тыс. лет) подпруживания Чуйской долины на различных ее участках имели на несколько порядков меньшие масштабы и не приводили к суперпаводкам, сколько-нибудь сравнимым с теми, которые сформировали ининскую и сальджарскую толщи Горного Алтая, а также отложения нижних ярусов и V террасы р. Обь на Предалтайской равнине.

Известно, что формирование геоморфологического типа долины горной реки, а также характер ее выполнения осадками зависят от совместного влияния экзогенного (палеоклиматического) и эндогенного (неотектонического) факторов [8]. Для долины р. Чуя значение этих факторов разными авторами оценивалось не одинаково [1, 7, 10, 13, 15]. Эти оценки были в основном качественными, в лучшем случае полуколичественными, так как базировались преимущественно на анализе топографических карт и аэроснимков. Использование цифровых моделей на основе SRTM, а также геокодированных цифровых космоснимков среднего и детального пространственного разрешения в геоинформационных системах свободного удаленного доступа (ГИС под Интернет) обеспечивает переход к количественному морфометрическому анализу и автоматизированной классификации участков речной долины по типам их геолого-геоморфологического строения. Таким образом, основной задачей данной работы является автоматизированная типизация долины р. Чуя на основе количественной оценки ее морфологических характеристик. Накопленный фактический материал по детальному картографированию разрезов четвертичных отложений [6, 11, 16] позволил содержательно интерпретировать генетическую обусловленность полученных морфометрических закономерностей.

Методика исследований

Для выделения геолого-геоморфологических типов долины р. Чуя (рис. 1, а) и их количественной морфометрической характеристики нами использовались топографические карты крупного масштаба, космоснимки высокого разрешения (2,4 м) посредством сервиса Google Планета Земля, а также



Рис. 1. Русло долины, разделенное на участки (а) и продольный профиль р. Чуя (б)

№ 4(36) ♦ 2018 -

цифровая модель рельефа SRTM 90m DEM version 4 (The Shuttle Radar Topography Mission) свободного доступа (http://srtm.csi.cgiar.org). Пространственное разрешение данных SRTM – 3 угловых секунды для территории России, абсолютная ошибка для Евразии по высоте составляет 6,2 м, а относительная ошибка по высоте – 8,7 м. Нами фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР) был приведен в универсальную поперечную проекцию Меркатора (UTM) и к пространственному разрешению 60×60 м. Для морфометрической характеристики долины р. Чуя, на основе анализа упомянутых пространственных данных была разработана специальная методика, количественно оценивающая извилистость русла и ширину долины (до тыловых швов средних террас). Эти показатели были выбраны среди других морфометрических характеристик как наиболее контрастные и значимые. Например, продольный профиль вдоль русла (см. рис. 1, б), построенный автоматически по ЦМР, имеет слишком большие погрешности и ошибки, а профиль, построенный по пересечению русла реки с изолиниями (по топокартам крупного масштаба), предоставляет важную дополнительную информацию, но менее информативен.

Методика может быть охарактеризована в рамках следующей технологической последовательности.

На *первом* этапе по детальным космоснимкам и крупномасштабным топокартам оцифровываются: 1) все русла реки от истока до устья, включая рукава и протоки (узлы внутри векторных линий ставились через 20 м) в виде векторных линий; 2) контуры средних террас в виде площадных векторных объектов.

На втором этапе вручную проводится осевая линия долины с учетом всех оцифрованных русел. Она строится вдоль линии русла без учета его извилистости. На участках, где оно меандрирующее и/или многорукавное, осевая линия проходит посередине долины. Осевая линия не имеет генетического значения, является лишь вспомогательным инструментом, необходимым для последующих вычислений. Узлы этой линии отстоят друг от друга на 20 м. Дальнейшая обработка данных проводится при помощи инструментов ArcGIS10.2.2 в скользящем окне радиусом 1,5 км, последовательно устанавливающемся на каждом узле осевой линии. Радиус круга, внутри которого происходит подсчет функции, так же как и расстояние между узлами осевой линии, подбирались эмпирически, аналогично определению оптимального шага гистограмм.

На третьем этапе вдоль осевой линии долины в каждом из узлов через 20 м в скользящем окне радиусом 1,5 км при помощи инструментов Spatial Analyst «плотность точек» вычисляются три показателя (средняя ширина долины, суммарный угол отклонения русла и суммарная длина русла). Для измерения ширины долины сначала высчитывалась суммарная площадь средних террас, а затем – процентное содержание этой площади от всей площади скользящего окна. Суммарный угол отклонения получали следующим образом. В каждом узле линий вычислялся угол, характеризующий изменение направления следующего отрезка по отношению к предыдущему (рис. 2, а). Затем для каждого узла осевой линии суммировались углы узлов линий русла, попавших внутрь скользящего окна. Полученная сумма углов присваивалась узлу осевой линии. Суммарная длина русла вычислялась суммированием отрезков оцифрованных линий русла внутри скользящего окна (см. рис. 2, б). Извилистость русла оценивалась по двум показателям – суммарному углу отклонения русла и суммарной длине русла. Очевидно, что их значение внутри скользящего окна будет больше у многорукавной и меандрирующей реки, чем у слабоизвилистой или прямолинейной.

Вычисление этих показателей проводилось инструментами «плотность точек» (Point Density) и «плотность ядер» (Kernel Density) группы инструментов «плотность» (Density) программного пакета ArcGIS10.2.2. Как видно на рис. 2, в, г, графики показателей, вычисленных методом плотности ядер, являются сглаженными и генерализованными, однако при этом пропадают детали. Графики показателей, вычисленных методом «плотность точек», обладают большей детальностью, но нечетко отражают главные закономерности. При выделении границ между разными типами границ использовались результаты обоих графиков.

Здесь же охарактеризуем методический прием построения показателя ширины долины по площадкам средних террас. Векторные полигоны площадок средних террас конвертировались в растр с размером ячейки растра 5×5 м (для соответствия м-бу 1:50 000). После этого ячейки растра конвертировались в векторные точки, по которым в скользящем окне инструментами «плотность точек» вычислялся показатель.

На четвертом этапе проводится анализ морфометрических показателей, вычисленных для каждого узла осевой линии долины. Всего проанализированы морфометрические показатели для 8789 узлов для осевой линии длиной 176 км. При этом суммарная длина русла составляет 234342 м (от слияния рек Кызылшин и Юстыд до впадения р. Чуя в р. Катунь). Узлы группировались в разные классы на основе визуального сравнения графиков вдоль оси долины и статистической обработки пространственных данных. Следует подчеркнуть, что суммарный угол отклонения русла и суммарная его длина дополняют друг друга. В качестве основного использовался показатель суммарного угла отклонения русла. Морфометрический показатель ширины долины нормирован на 100 % заполнения скользящего окна радиусом 1,5 км. Морфометрические показатели извилистости русла (суммарный угол отклонения и суммарная длина русел) нормированы на максимумы (максимальные значения при-



Рис. 2. Морфометрические показатели на примере разных участков долины: а – суммарный угол отклонения русла в скользящем окне; б – суммарная длина русла в скользящем окне; в – графики значений показателя суммарной длины русла в скользящем окне по методикам: 1 – «плотность точек», 2 – «плотность ядер»; г – графики значений показателя суммарных углов отклонения русла в скользящем окне по методикам: 1 – «плотность точек», 2 – «плотность ядер»

няты за 100 %). В ArcGIS10.2.2 использовались процедуры классификации: квантили, геометрические интервалы, естественные границы, стандартное отклонение. Анализ морфометрических показателей позволил провести типизацию долины р. Чуя с выделением вдоль осевой линии участков, различающихся по геоморфологическому строению. Главным критерием выделения типов служили контрастные перепады значений используемых морфометрических показателей. Полученные результаты были проинтерпретированы в историко-геологическом аспекте.

Полученные результаты и их обсуждение

Общеизвестно, что в горных реках на расширенных участках долин русло меандрирующее или многорукавное, а поймы и террасовые комплексы хорошо распространены, в то время как на суженных участках террасы отсутствуют или слабо развиты, а русло субпрямолинейное [17]. Очевидно, что эти представления являются обобщенными, поскольку в конкретных региональных и местных условиях формируются специфические геолого-геоморфологические типы долин.

В результате морфометрического анализа выделено пять типов долины р. Чуя, которые различаются по ширине (SS – процент заполнения площадками средних террас скользящего окна радиусом 1,5 км): 1 — узкая (∑S = 4,3-25,1 %), 2 — относительно узкая (25,1-44,6 %), 3) средняя (44,6-61,4 %), 4 - относительно широкая (61,4-84,6 %), 5 - широкая (84,6-100 %); шесть – по морфологии русла (∑∠ – суммарный угол отклонения русла в скользящем окне радиусом 1,5 км): 1 – однорукавное спрямленное $(\Sigma \neq 6,5-11,6\%), 2 - однорукавное слабоизвилистое$ (11,6-25,6 %), 3 - однорукавное среднеизвилистое или многорукавное слабоизвилистое (25,6-37,2 %), 4 – однорукавное сильноизвилистое со старицами (37,2-59,7%), 5 - многорукавное сильноизвилистое с главным руслом и второстепенными протоками или однорукавное сильноизвилистое со старицами (59,7-93,0%), 6 - многорукавное сильноизвилистое с равнозначными рукавами (93,0-100 %).

При комбинации всех указанных типов получается 30 сочетаний. Из них в пределах долины р. Чуя зафиксировано 13 морфотипов, а 17 – отсутствует. На рис. 1 выделены границы участков, различающихся по морфотипу и пронумерованных от устья р. Чуя к ее истоку. Охарактеризуем эти типы (рис. 3) (в индексе морфотипа на первом месте – номер типа по ширине долины, а на втором – по извилистости русла).

1.1. Узкая долина, однорукавное спрямленное русло. На рис. 1 этому морфотипу соответствуют участки № 12 и 14, известные под названием «новая долина р. Чуя». В ходе последнего оледенения первоначальная долина р. Чуя от пос. Чибит до урочища Баротал была занята ледником, в результате чего река, вытесненная из «старой долины», проложила новое русло по системе разломов [6, 11].

2.2. Относительно узкая долина, однорукавное слабоизвилистое русло. На рис. 1 это участки № 2, 4, 6, расположенные вдоль р. Чуя от ее устья до района р. Ярбалык (правый приток). Долина здесь следует вдоль границ неотектонических блоков, представляя собой ломаную линию из десятка сочлененных под разными углами крупных отрезков. Участки № 11 и 13 являются небольшими расширениями в каньонообразной «новой Чуе». Этот геоморфологический тип соответствует сужениям долины между блоками, испытавшими относительное поднятие.

2.3. Относительно узкая долина, однорукавное среднеизвилистое русло. На рис. 1 это участок № 8, расположенный около р. Боки, и участок № 18 в западной части Курайской котловины. Данный тип характерен для блоков, не испытывавших значительных неотектонических движений.

2.4. Относительно узкая долина, извилистое русло с второстепенными протоками. На рис. 1 это участок № 24 в районе пос. Чаган-Узун, испытавший подпруживание за счет Сукорского оползня-обвала.



Рис. 3. Типы долины в скользящем окне (по ширине долины и извилистости русла)

2.5. Относительно узкая долина, однорукавное сильноизвилистое русло со старицами или дополнительными второстепенными протоками. На рис. 1 это участок № 23. Долина р. Чуя здесь была подпружена куэхтанарско-сукорской ледниковой плотиной и вместе с тем ограничена с боков крупными неотектоническими блоками. Участки № 23–25, ограниченные Чаган-Узунским блоком, были подпружены Сукорским оползнем-обвалом.

3.2. Долина средней ширины, слабоизвилистое русло. На рис. 1 это участки № 1, 3, 5, 7, расположенные вдоль р. Чуя от ее устья до р. Боки. Этот геоморфологический тип характеризуется слабой неотектонической активностью по сравнению с другими участками долины.

3.3. Долина средней ширины, многорукавное слабоизвилистое главное русло с второстепенными протоками. На рис. 1 это участок № 9. Долина р. Чуя от ее правого притока р. Бельгебаш была подпружена обвальной плотиной.

3.4. Долина средней ширины, однорукавное сильноизвилистое русло. На рис. 1 это участки № 15, 17. «Старая долина» Чуи здесь близ ур. Баротал около 15 тыс. лет назад [11] подпруживалась Чибитским ледником, в результате чего возникало ледниково-подпрудное проточное озеро, воды из которого проходили через «новую долину» р. Чуя и сбрасывались в «старую долину» в районе устья р. Бельгебаш.

4.2. Относительно широкая долина, однорукавное среднеизвилистое русло. На рис. 1 это участки № 10 и 21, расположенные в районе р. Чибитка и р. Тыдтугем соответственно. Геоморфологический тип соответствует ледниковым трогам небольшой ширины. 4.3. Относительно широкая долина с среднеизвилистым руслом. Здесь на западном окончании Чуйской котловины река «пропиливала» перемычку – коренные выходы девонских пород. На рис. 1 это участок № 26.

4.5. Относительно широкая долина, сильноизвилистое русло со старицами или второстепенными протоками. Река меандрирует и несколько раз меняет направление в районе ур. Баротал. На рис. 1 это участок № 16. Условия формирования подпрудные, аналогично участкам № 15, 17, но долина более широкая в связи с наличием здесь неотектонически опущенного блока [9].

5.2. Широкая долина, однорукавное слабоизвилистое русло. На рис. 1 это участки № 20 и 22. Здесь река протекает по восточной части Курайской котловины и в Куэхтанарском расширении соответственно. Очевидно, что здесь неотектонические блоки испытывали относительное погружение.

5.6. Широкая долина, многорукавное сильноизвилистое русло с равнозначными протоками. На рис. 1 это участки № 19 и 27. Чуя протекает в пределах Центрально-Курайской впадины [9], более опущенной в неотектоническом отношении по сравнению с западной частью, подтопленной Баротальской плотиной, и в пределах Чуйской котловины.

Таким образом, на основе морфометрического анализа были выделены 13 морфотипов (рис. 4), соответствующих разным по геоморфологическому строению участкам долины р. Чуя, что позволило провести геоморфологическое районирование этой долины. Было выявлено, что различия в значениях морфометрических показателей обусловлены разными неотектоническими обстановками и другими



Рис. 4. Значения морфометрических показателей ширины долины (по площади террас) и извилистости русла (по углу отклонения русла) р. Чуя

событиями, такими как подпруживание ледниками и завальными плотинами.

Выводы

Предложенная методика геоморфологического районирования долины горной реки на основе морфометрического анализа позволяет при историко-генетических и палеогеографических реконструкциях перейти от качественной геоморфологической характеристики к количественной. Разработанные показатели извилистости русла (суммарный угол отклонения и суммарная длина русла в скользящем окне) в сочетании с показателем ширины долины по площадкам пойм и террас являются взаимодополняющими индикаторами, которые дают возможность выявить разные морфологические типы долины горной реки, соответствующие разным обстановкам ее формирования. Индивидуальные для любой другой долины горной реки морфотипы могут быть выделены с использованием описанной морфометрической классификации.

Авторы выражают благодарность к. г-м. н. Е. В. Дееву за конструктивную критику работы и сотрудникам ГИС-центра Д. В. Пчельникову, к. т. н. Н. В. Глушковой, Д. А. Чупиной за оказанную помощь.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16— 35—00426 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богачкин Б. М. История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. – М.: Наука, 1981. – 132 с.

2. Борисов Б. А., Чернышева М. Б. Стратиграфия и палеогеография четвертичных отложений Яломанской впадины // Кайнозойский седиментогенез и структурная геоморфология СССР. – Л.: ВСЕГЕИ, 1987. – С. 57–62.

3. **Геологическая** карта СССР. М-б 1:1 000 000 (новая серия). Лист N-(44),45. Объяснительная записка. – Л.: ВСЕГЕИ, 1988. – 134 с.

4. **Ефимцев Н. А.** О строении и происхождении антропогеновых отложений долин рек Чуи и Катуни в Горном Алтае // Бюллетень комитета по изучению четвертичного периода. – 1964. – № 29. – С. 115–131.

5. **Зольников И. Д.** Гляциогенно обусловленные суперпаводки неоплейстоцена Горного Алтая и их связь с историей формирования отложений и рельефа Западно-Сибирской равнины // Бюллетень комитета по изучению четвертичного периода. – 2009. – № 69. – С. 59–70.

6. Зольников И. Д., Мистрюков А. А. Четвертичные отложения и рельеф долин Чуи и Катуни. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 180 с.

7. **Ивановский Л. Н.** Изучение речных террас Центрального Алтая // География и природные ресурсы. – 1998. – № 3. – С. 133–140. 8. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 347 с.

9. Неведрова Н. Н., Деев Е. В., Санчаа А. М. Глубинное строение и характеристики краевых структур Курайской впадины (Горный Алтай) по данным геоэлектрики с контролируемым источником // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 1. – С. 119–132.

10. **Новиков И. С.** Морфотектоника Алтая. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 313 с.

11. **Новые** результаты OSL-датирования четвертичных отложений долины верхней Катуни (Горный Алтай) и прилегающей территории / И. Д. Зольников, Е. В. Деев, С. А. Котлер и др. // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 6. – С. 1184–1197.

12. Окишев П. А. Динамика оледенения Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. – Томск: Изд-во ТГУ, 1982. – 209 с.

13. **Рагозин Л. А.** О соотношении террас Центрального Алтая и предгорий в системе р. Катуни // Труды II Всесоюз. геогр. съезда. Т. 2. – Л., 1948. – С. 188–192.

14. **Рудой А. Н.** Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика, палеогеографическое значение). – Томск: ТГПУ, 2005. – С. 224.

15. **Сладкопевцев С. А.** Развитие речных долин и неотектоника. – М.: Недра, 1972. – 184 с.

16. **Сравнительный** анализ суперпаводковых отложений и аллювия долин рек Чуя и Катунь / И. Д. Зольников, Е. В. Деев, Д. В. Назаров и др. // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 8. – С. 1483– 1495.

17. **Чистяков А. А.** Горный аллювий. – М.: Недра, 1978. – 287 с.

18. **Megaflood** sedimentary valley fill: Altai Mountains, Siberia / P. A. Carlin, I. P. Martin, J. Herget, et al. // Mega flooding on Earth and Mars. – Cambridge University Press, 2009. – P. 243–264.

REFERENCES

1. Bogachkin B.M. *Istoriya tektonicheskogo razvitiya Gornogo Altaya v kaynozoe* [The history of tectonic development of Gorny Altai in Cenozoic]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 132 p. (In Russ.).

2. Borisov B.A., Chernyshova M.B. [Stratigraphy and paleogeography of Quaternary sediments of the Yaloman depression]. *Trudy k XII kongressu INKVA "Kaynozoyskiy sedimentogenez i strukturnaya geomorfologiya SSSR"* [To XII Congress of INQUA "Cenozoic sedimentogenesis and structural geomorphology of the USSR"]. Leningrad, VSEGEI Publ., 1987, pp. 57–62. (In Russ.).

3. Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:1000 000 (novaya seriya). List N-(44),45. Ob'yasnitel'naya zapiska [Geological map of the USSR, scale 1:1 000 000 (new series), sheet N-(44)-45. Explanatory note]. Leningrad, VSEGEI Publ., 1988. 134 p. (In Russ.).

4. Yefimtsev N.A. [About structure and origin of antropogenic sediments of the Chuya and Katun' River valleys in the Gorny Altay]. *Byulleten' komis*-

sii po izucheniyu chetvertichnogo perioda [Bulletin of Comission for study of the Quarternary], 1964, no. 29, pp. 129–131. (In Russ.).

5. Zolnikov I.D. [Glacigenously caused megafloods of the Neo-Pleistocene in the Gorny Altai and its connection with the history of formation of sediments and relief of the West Siberian Plain]. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda* [Bulletin of Comission for study of the Quarternary]. Moscow, GEOS Publ., 2009, no. 69, pp. 59–70. (In Russ.).

6. Zolnikov I.D., Mistryukov A.A. *Chetvertichnye* otlozheniya i rel'ef dolin Chuyi i Katuni [Quaternary sediments and relief of the Chuya and Katun' valleys]. Novosibirsk, Parallel' Publ., 2008. 180 p. (In Russ.).

7. Ivanovsky L.N. [Study of river terraces in the Central Altay]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 1998, no. 3, pp. 133–140. (In Russ.).

8. Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseyne* [Riverbed and erosion in the basin]. Moscow, SB AS USSR Publ., 1955. 347 p. (In Russ.).

9. Nevedrova N.N., Deev E.V., Sanchaa A.M. [Deep structure and margin of the Kuray basin (Gorny Altay), from controlled-source resistivity data]. *Russian Geology and Geophysics*, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 98–107.

10. Novikov I.S. *Morfotektonika Altaya* [Altai Morphotectonics], Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 313 p. (In Russ.).

11. Zolnikov I.D., Deev E.V., Kotler S.A., et al. [New results of OSL dating of Quaternary sediments in the Upper Katun' valley (Gorny Altay) and adjacent area].

Russian Geology and Geophysics, 2016, vol. 57, no. 6, pp. 933–943.

12. Okishev P.A. *Dinamika oledeneniya Altaya v pozdnem plejstocene i golocene* [Dynamics of the Altay glaciation in the Late Pleistocene and Holocene]. Tomsk, University Publ., 1982. 209 p. (In Russ.).

13. Ragozin L.A. [On relation of terraces of the Central Altay and foothills in the system of the Katun'River]. *Trudy II Vsesoyuz. geograf. s"ezda* [Proc. of All-Union geograph. Meeting], 1948, vol. 2, pp. 188–192. (In Russ.).

14. Rudoy A.N. *Gigantskaya ryab' techeniya (istoriya issledovaniy, diagnostika, paleogeograficheskoe znachenie)* [Giant ripples of current (history of investigation, diagnosis, paleogeographical significance)]. Tomsk, Polytechnical University Publ., 2005. 224 p. (In Russ.).

15. Sladkopevtsev S.A. *Razvitie rechnykh dolin i neotektonika* [Development of river valleys and neotectonics]. Moscow, Nedra Publ., 1978. 287 p. (In Russ.).

16. Zolnikov I.D., Deev E.V., Nazarov D.V., et al. Comparative analysis of megaflood deposits and alluvium of the Chuya and Katun' River valleys (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 8, pp. 1162–1172.

17. Chistyakov A.A. *Gorny alluviy* [Mountain alluvium]. Moscow, Nedra Publ., 1978. 287 p. (In Russ.).

18. Carling P. A., Martini I.P., Herget J., et al. Megaflood sedimentary valley fill: Altai Mountains, Siberia. *Megaflooding on Earth and Mars.* Cambridge University Press, 2009. pp. 243–264.

© С. А. Котлер, И. Д. Зольников, 2018

УДК 563.12:551.73.32(571.1-17)

БИОСТРАТИГРАФИЯ КУЗНЕЦОВСКОГО ГОРИЗОНТА СЕВЕРНОГО ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. М. Подобина, Г. М. Татьянин

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Кузнецовский горизонт имеет повсеместное распространение в Западной Сибири и охарактеризован в основном микрофауной, реже моллюсками туронского возраста. Наиболее широко распространены фораминиферы двух комплексов: *Gaudryinopsis angustus* (нижний турон) и *Pseudoclavulina hastata* (верхний турон). Получены новые сведения по данной группе микрофауны в разрезах скважин северного палеобиогеографического района. Западно-Сибирская провинция по сходству видов фораминифер с Канадской провинцией (Северная Аляска, Северная Канада) относится к Арктической палеобиогеографической области одноименного циркумполярного пояса.

Ключевые слова: биостратиграфия, кузнецовский горизонт, фораминиферы, Западная Сибирь.

BIOSTRATIGRAPHY OF THE KUZNETSOVSKY HORIZON OF THE NORTHERN PALEOBIOGEOGRAPHICAL REGION OF WESTERN SIBERIA

V. M. Podobina, G. M. Tatyanin

National Research Tomsk State university, Tomsk, Russia

The Kuznetsovsky horizon has a widespread distribution in West Siberia and is mainly characterized by microfauna, less often by molluscs of the Turonian age. The most widespread are foraminifers of two complexes, namely, Gaudryinopsis angustus (Lower Turonian) and Pseudoclavulina hastata (Upper Turonian). New evidence on this group of microfauna has been obtained in well sections of the northern paleobiogeographical region. The West Siberian province is similar to foraminifer species of the Canadian province (Northern Alaska, Northern Canada) and therefore refers to the Arctic paleobiogeographic region of the same circumpolar belt.

Keywords: biostratigraphy, Kuznetsovsky horizon, foraminifera, Western Siberia.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-30-40

Промышленные запасы углеводородов находятся в меловых отложениях Западной Сибири. Уникальные газовые месторождения северного палеобиогеографического района (Уренгойское, Пурпейское, Тазовское, Новопортовское и др.) приурочены к отложениям уватского горизонта (сеноман), сохранившимся от разрушения под мощной покрышкой кузнецовского горизонта. Благодаря находкам характерных туронских комплексов фораминифер и моллюсков в северном палеобиогеографическом районе в последние годы получены новые сведения по биостратиграфии данного горизонта.

Ранее проведенные исследования комплексов фораминифер показали, что кузнецовский горизонт имеет в основном туронский возраст; возможно, самые нижние слои вышележащей ипатовской свиты ипатовского горизонта также датированы туроном (рис. 1).

По литологическому составу кузнецовская свита одноименного горизонта неоднородна. В центральном районе это глины мощностью 8–35 м, серые, зеленовато-серые, буроватые, на отдельных площадях слегка опоковидные. Восточнее поселков Новый Васюган и Пудино (восточный район) в свите резко повышается содержание алевролитового и песчаного материалов, мощность увеличивается до 65 м. В этом же направлении значительно изменяется и микрофаунистическая характеристика свиты. Если в центральном районе встречены преимущественно агглютинированные комплексы фораминифер, то на востоке, кроме того, появляются раковины с секреционно-известковой стенкой. Распространение туронских комплексов по разрезу и их систематический состав описаны ранее [4–8]. Необходимо добавить, что в кузнецовской свите 3. И. Булатовой выделялась одна зона – Gaudryina filiformis [1].

Слои с комплексом Gaudryinopsis angustus, прежде выделявшиеся в центральном районе в объеме всей свиты кузнецовского горизонта, в последние годы обособлены только в нижней ее половине. В более верхних слоях количество экземпляров зонального вида Gaudryinopsis angustus Podobina значительно сокращается, что сопровождается увеличением содержания другого характерного вида – Pseudoclavulina hastata (Cushman). Одновременно несколько меняется видовой состав всего комплекса. Появляются некоторые новые виды (Textularia anceps Reuss, Ammoscalaria antis Podobina, Trochammina arguta Podobina). Наряду с этим некоторые виды, распространенные в более нижних слоях свиты, исчезают. Так, в этой части разреза кузнецовской свиты почти не встречаются Miliammina manitobensis Wickenden, Trochammina subbotinae Zaspelova и др. Резко сокращается количество всех остальных видов гаудриинопсисового комплекса, на фоне которых превалируют реофаксы, псаммосферы и псевдоклавулины. Изменяется



Рис. 1. Схема расположения исследованных разрезов скважин Западно-Сибирской провинции

и облик комплекса: раковины становятся более крупными, грубозернистыми, светлыми. В нижней части свиты, где в больших количествах распространены *Gaudryinopsis angustus* Podobina, раковины мельче, мелкозернистые, преимущественно серого цвета, почти все пиритизированные. Здесь

^{1 —} граница Западно-Сибирской провинции; площади: 2 — Ван-Еганская, 3 — Парусовая, 4 — Пурпейская и Тазовская; 5 — Малыгинская и Западно-Тамбейская (п-ов Ямал); 6 — скважины

выделяется комплекс с Gaudryinopsis angustus (годриинопсисовый), в верхней половине свиты – с Pseudoclavulina hastata (псевдоклавулиновый). Эти слои отнесены к нижнему и верхнему турону соответственно. Псевдоклавулиновым слоям, вероятно, соответствует находка в пос. Уват позднетуронского Baculites romanowskii Archangelsky. Возраст отложений с годриинопсисовым комплексом датируется ранним туроном на основании сопоставления с таковым Тазовской площади (скв. 3-р), где совместно с Gaudryinopsis angustus Podobina встречен Inoceramus labiatus (Schlotheim) (определение М. Д. Поплавской) [9].

В Северном Зауралье (Западный район) в темно-серых плотных плитчатых глинах скв. 23 (инт. 219,0–207,0 м), отнесенных к самым низам кузнецовской свиты, обнаружен комплекс фораминифер, в котором найдены секреционные известковые формы. По находкам последних В. М. Подобиной [4, 7] установлен комплекс с *Hedbergella loetterlei*. Выше по разрезу (скв. 23) в серых глинах из инт. 199,0–181,0 м определены фораминиферы другого видового состава, образующего основу комплекса нижнетуронской зоны, – Gaudryinopsis angustus. Подобные раннетуронские планктонные и бентосные формы встречены в северном районе в разрезе Ван-Еганской скв. 1002 (инт. 942,0–938,05 м).

В разное время туронские комплексы фораминифер исследовались В. С. Заспеловой, З. И. Булатовой, Л. С. Алексейчик-Мицкевич и З. И. Булатовой, А. И. Еремеевой и Н. А. Белоусовой, В. М. Подобиной [1–8, 10, 11]. В. М. Подобиной [9] впервые установлены морские отложения сеномана в верхних пограничных слоях уватского горизонта в разрезах скважин Тазовской и Пурпейской площадей. Это темно-серые, почти черные аргиллиты, вмещающие характерные сеноманские агглютинированные фораминиферы. Выше в темно-серых аргиллитах кузнецовского горизонта в тех же разрезах обнаружены раннетуронские агглютинированные фораминиферы. Это первые исследования отложений верхнего сеномана и нижнего турона в северном палеобиогеографическом районе Западно-Сибирской провинции.

Сравнение туронских фораминифер Западно-Сибирской провинции с одновозрастными видами Канадской (Северная Канада и Северная Аляска) [12, 14, 15] показало сходство многих видов. В результате в кузнецовском горизонте (турон) установлены не только общие виды, но и географические подвиды, а также виды-викарианты (заменители) из формации Seabee Северной Аляски [14] и Северной Канады [12, 15].

При сопоставлении авторами нижнетуронских фораминифер Западно-Сибирской провинции с одновозрастными видами Канадской можно отметить, что этому стратиграфическому уровню соответствуют планктонные формы, сходные с таковыми рода *Hedbergella* и других родов бентосных форм, обнаруженных в низах турона Западной Сибири [4, 7].

Следовательно, анализ туронских комплексов фораминифер Западно-Сибирской и Канадской провинций позволяет выявить значительное

а								
	ярус	онт	на, м	Литологическая	іца, м	Фораминиферы		
Apyc	подъ	Гориз	Глуби	колонка	Грани	Зоны и слои	Характерные виды	
Турон	Верхний	нецовский	932 — 936 — 936 —		—934,6 938 5	Зона Рseudoclavulina hastata	Lituotuba confusa (Zaspelova), Labrospira collyra (Nauss), Haplo- phragmoides crickmayi Stelck et Wall, Ammoscalaria antis Podobina, Trochammina arguta Podobina, Pseudoclavulina hastata (Cushman)	
	Ниж.	Куз	940 —			Слои c Hedbergella loetterlei	Hedbergella delrioensis (Carsey), Hedbergella loetterlei (Nauss)	
б								
	ярус	онт	на, м	Литологическая	іца, м	Фораминиферы		
Ярус	подъ	Гориз	Глуби	колонка	Грани	Зоны и слои	Характерные виды	
Турон	Верхний	ецовский	930 —	2	—929,5	Зона Pseudoclavulina	Lituotuba confusa (Zaspelova), Labrospira collyra (Nauss), Ammo- scalaria antis Podobina, Pseudo-	
	Ниж.	Кузн	935 —		934,9 936,5	hastata Зона с Gaugryinopsis angustus	clavulina hastata (Cushman), Trochammina arguta Podobina, Gaugryinopsis angustus Podobiba	

Рис. 2. Литология, зоны и виды фораминифер турона разреза Ван-Еганских скважин: а – 1002, б – 2031 1 – глины; 2 – пески

сходство между ними. Раннетуронские комплексы зоны Gaudryinopsis angustus приурочены к нижней подсвите кузнецовской свиты одноименного горизонта и охарактеризованы единичными находками Inoceramus labiatus (Schlotheim). Они имеют много общего в видовом составе с одновозрастными комплексами Канадской провинции, особенно Северной Аляски. По данным В. М. Подобиной, эти туронские фораминиферы, как указывалось, приурочены к формации Сиби (Seabee). Среди них обнаружены преимущественно агглютинированные раковины родов Saccammina, Ammodiscus, Haplophraamoides, Ammobaculites, Spiroplectammina, Trochammina, Gaudryina (Gaudryinopsis), Verneuilinoides. В мелководных фациях Канадской провинции, так же как и в Западной Сибири, отмечены Quinqueloculina sphaera Nauss, Praebulimina seabeensis (Tappan), Neobulimina albertensis (Stelck et Wall), Hedbergella *loetterlei* (Nauss), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg).

Некоторые виды гаплофрагмоидесов из Канадской провинции являются общими с западносибирскими: Haplophragmoides rota Nauss, H. crickmayi Stelck et Wall, Trochammina wetteri Stelck et Wall и др. Вид Gaudryina (?) irenensis Stelk et Wall – викариант западносибирского Gaudryinopsis angustus Podobina; вид Trochammina whitingtoni Tappan – T. subbotinae Zaspelova. Кроме того, из форм с известковыми раковинами в мелководных фациях общими являются указанные выше виды.

На рис. 2 показаны литологический состав зон и слоев с фораминиферами в разрезах двух скважин – Ван-Еганских 1002 и 2031. Необходимо отметить, что в разрезе скв. 1002, в отличие от скв. 2031, в нижней части кузнецовского горизонта (гл. 942,0–938,5 м) прослеживаются указанные слои с Hedbergella loetterlei. Новый фактический материал по разрезам Ван-Еганской площади дал возможность сравнить выделенные туронские виды фораминифер северного района с таковыми из расположенных южнее районов Западной Сибири [13], а также с одновозрастными фораминиферами Северной Аляски и Северной Канады (Канадская провинция).

Материал и методы

Объект исследования – биостратиграфия кузнецовского горизонта северного палеобиогеографического района Западно-Сибирской провинции. Материалом послужили более ста образцов керна, отобранные из разрезов скважин Ван-Еганской, Парусовой, Малыгинской, Западно-Тамбейской площадей (см. рис. 1). В результате микрофаунистического анализа в каждом образце обнаружены комплексы фораминифер разного систематического состава, представленные агглютинированными кварцево-кремнистыми и единичными секреционно-известковыми раковинами. Эти комплексы найдены в кузнецовском горизонте и являются практически единственной основой для установления возраста вмещающих пород. Определение возраста указанного горизонта имеет большое практическое значение, поскольку к уватскому горизонту приурочены промышленные залежи углеводородов, а кузнецовский представляет собой единую глинистую покрышку, сохранившую эти углеводороды от разрушения. В отличие от уватских комплексов, распространенных только в морских фациях северного района, кузнецовские повсеместно встречаются не только на севере Западной Сибири, но и по всей провинции. Это указывает на широкое распространение кузнецовской трансгрессии, в отличие от начавшейся ранее сеноманской.

№ 4(36) ♦ 2018

В данной работе приводится систематический состав исследуемых комплексов фораминифер в разрезах скважин Ван-Еганских 1002, 2031, Парусовой 1016, Малыгинской 50, Западно-Тамбейской 124. Также приводится их стратиграфическое значение.

На рис. 2, 3 отмечены интервалы глубин отбора керна в разрезах Ван-Еганских скважин 1002, 2031, Парусовой скв. 1016, из которого извлечены фораминиферы. Граница между уватским и кузнецовским горизонтами на рис. 3 проведена условно, в основном по геофизическим данным. Литологическая и микрофаунистическая характеристика рассматриваемого разреза совмещена с данными по биостратиграфии кузнецовского горизонта, а также с указанием видов-индексов для зоны, отмеченной в туронском комплексе.

В разрезах Ван-Еганских скважин 1002 и 2031 из кузнецовской свиты отобраны образцы с туронскими фораминиферами (скв. 1002: 6 – из инт. 942,15–934,4 м; скв. 2031: 8 – из инт. 936,3– 929,0 м). В самых нижних образцах этих разрезов обнаружены агглютинированные, кварцево-кремнистые раннетуронские фораминиферы, а во всех остальных вышележащих образцах – позднетуронские формы, раковины которых подобны нижележащим (см. рис. 2).

В 12 образцах из разреза Парусовой скв. 1016 (инт. 1005,0–1019,9 м) найдены агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы хорошей сохранности. Литологически образцы представлены неизвестковыми темно-серыми аргиллитами кузнецовского горизонта. В образце с глубины 1016,4 м кроме фораминифер найдены обломки раковин двустворок. В нижних слоях горизонта в комплексе с Gaudryinopsis angustus относительно многочисленны представители родов Haplophragmoides, Trochammina и Gaudryinopsis, причем количество экземпляров вида-индекса в некоторых образцах достигает 50 и более. Количественно этот вид (наряду с Trochammina wetteri Stelk et Wall) значительно преобладает в комплексе. Видовой состав комплекса с Gaudryinopsis angustus: Psammosphaera laevigata White, Saccammina complanata (Franke), Lituotuba confusa (Zaspelova), Reophax inordinatus Young, Labrospira collyra (Nauss), Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova, H. crickmayi Stelck et Wall, Asarotammina antisa Podobina, Ammomarginulina cf. haplophragmoidaeformis (Balakhmanova), Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva), Trochammina subbotinae Zaspelova, T. wetteri Stelck et Wall, Gaudryinopsis angustus Podobina, Pseudoclavulina hastata (Cushman), Miliammina manitobensis Wickenden. Раковины с мелкозернистой стенкой светло-серого цвета, за исключением совершенно белых азаротаммин и литуотуб. Среди перечисленных видов для данной части разреза (нижний турон) наиболее характерны Asarotammina antisa Podobina, Ammomarginulina haplophragmoidaeformis (Balakhmatova), Milammina manitobensis Wick-

	эус	Η	a, M	٤		а ,ов, м	Комплексы фораминифер	
Ярус	Подъяр	Горизо	Глубин	Вынос керна,	Литология	Глубин отбора образи	Зоны и слои	Характерные виды
Турон	Нижний	Кузнецовский				<pre>— 1006,40 _ 1011,00 _ 1011,75 _ 1012,60 _ 1012,95 _ 1014,00 _ 1015,75 _ 1016,65 _ 1017,00 _ 1017,14 _ 1019,00 _ 1020,55</pre>	Зона Gaudryinopsis angustus	Saccammina complanata (Franke), Lituotuba confusa (Zaspelova), Reophax inordinatus Young, Labrospira collyra (Nauss), Haplophragmoides crickmayi Stelck et Wall, Ammomarginulina cf. haplophragmoidaeformis (Balakhmatova), Haplophragmium incomprehensis (Eremeeva), Trochammina wetteri Stelck et Wall, Gaudryinopsis angusta Podobina
Сеноман	Верхний	Уватский				$ = 1032,80 \\ = 1034,35 \\ = 1038,45 \\ = 1041,95 \\ = 1043,45 \\ = 1047,80 \\ 1048,08 $	Слои с позднесеноманским комплексом фораминифер	Psammosphaera laevigata White, Saccamina micra Bulatova, Rhabdammina discreta Brady, Haplophragmoides cf. variabilis Podobina, Ammomarginulina cf. sibirica Podobina, Ammoscalaria sp. indet., Trochammina aff. wetteri Stelck et Wall tumida Podobina, Gaudryinopsis aff. nanushukensis (Tappan) elongatus Podobina

Рис. 3. Литология и микрофаунистическая характеристика верхнего сеномана – нижнего турона разреза Парусовой скв. 1016

1 – глины; 2 – алевролиты; 3 – песчаники карбонатизированные

enden. Количественно преобладают трохаммины и гаудриинопсисы, что подтверждает относительно глубоководные и благоприятные условия для развития представителей отряда Ataxophragmiida.

В отличие от позднесеноманских раковины раннетуронского комплекса фораминифер в разрезе скв. 1016 хорошей сохранности, содержат характерные виды, в том числе и вид-индекс *Gaudryinopsis angustus* Podobina (см. рис. 3).

Из кузнецовского горизонта в разрезе Малыгинской скв. 50 (на п-ове Ямал) отобрано пять образцов из инт. 1088,34–1070,0 м. Фораминиферы в них распределены неравномерно в отношении систематического состава и количественного содержания. Наиболее разнообразные фораминиферы по составу и количеству форм обнаружены в двух образцах, отобранных с глубин 1074,1 и 1088,34 м. Фораминиферы агглютинированные кварцевокремнистые, хорошей сохранности, выделяются как комплекс с Gaudryinopsis angustus.

Во втором разрезе Западно-Тамбейской скв. 124 (п-ов Ямал) в одном образце с глубины 990,2 м также обнаружены хорошей сохранности агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы комплекса с *Gaudryinopsis angustus*.

Все исследуемые образцы состоят из темно-серых аргиллитов, некоторые из них с прослоями серых алевролитов и песчаников. Извлечены агглютинированные раковины мелко- и среднезернистые, в основном систематического состава, который почти одинаков во всех других районах Западной Сибири. В исследованных образцах п-ова Ямал обнаружен пока только раннетуронский комплекс с *Gaudryinopsis angustus*, так как бурением вскрыты нижние слои кузнецовского горизонта. Общее количество извлеченных из отмытого порошка раковин сравнительно невелико (30–40 раковин на 100 г отмытого образца). В полученных комплексах иногда преобладает раннетуронский зональный вид или другие характерные виды.

Результаты исследований

Верхний мел (К₂) Туронский ярус (К₂t) Кузнецовский горизонт

В разрезах Ван-Еганских скв. 1002 и 2031 изучены образцы керна, в которых обнаружены фораминиферы двух туронских комплексов: *Gaydryinopsis angustus* (нижний турон) и *Pseudoclavulina hastata* (верхний турон). Вмещающие породы – темно-серые аргиллиты с прослоями серых алевролитов кузнецовской свиты одноименного горизонта. В разрезах скважин Парусовой 1016, Малыгинской 50 и Западно-Тамбейской 124 исследованы фораминиферы только раннетуронского комплекса с *Gaudryinopsis angustus*, так как вскрыты нижние слои свиты.

Фораминиферы в основном агглютинированные кварцево-кремнистые с мелко- и среднезернистой стенкой раковины, хорошей сохранности.

Нижний подъярус ($K_2 t_1$)

В разрезе Ван-Еганской скв. 1002 в одном образце, отобранном из инт. 942,15–941,15 м (гл. 942,0 м), обнаружены немногочисленные фораминиферы раннетуронского комплекса с *Hedbergella loetterlei*. Кроме вида-индекса, определен еще один вид – *Hedbergella delriensis* (Carsey), который преобладает по количеству экземпляров. Слои с этим комплексом на Северной Аляске соответствуют слоям с комплексом Pelagic (формация Seabee) [14]. Это планктонные фораминиферы, относящиеся к нижнему турону (см. рис. 2).

Во втором разрезе (Ван-Еганская скв. 2031) также в одном образце, отобранном из нижних слоев кузнецовской свиты (инт. 937,3-936,3 м, гл. 936,56 м), обнаружены фораминиферы раннетуронского комплекса с Gaudryinopsis angustus. Фораминиферы – агглютинированные, кварцевокремнистые раковины с мелко- и среднезернистой стенкой. В составе комплекса определены виды Reophax inordinatus Young, Saccammina micra Bulatova, Ammodiscus glabratus Cushman et Jarvis, Labrospira collyra (Nauss), L. stata Podobina, Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova, H. crickmayi Stelck et Wall, Recurvoidella sewellensis (Olsson), Ammobaculites agglutinoides Dain, Trochammina wetteri Stelck et Wall, Gaudryinopsis angustus Podobina (см. рис. 2, б, табл. I).

В 12 образцах, отобранных из нижних слоев в Парусовой скв. 1016 из инт. 1019,9–1005,0 м, содержатся фораминиферы (см. рис. 3, табл. II). Их систематический состав сопоставлен с таковым из разреза Тазовской скв. 3-р, охарактеризованного раннетуронским *Inoceramus labiatus* (Schlotheim) (определен М. И. Поплавской), что доказывает данный возраст вмещающих пород [9].

В этих образцах обнаружены агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы хорошей сохранности. Литологически образцы представлены темно-серыми аргиллитами кузнецовской свиты одноименного горизонта. В образце с глубины 1016,4 м, кроме фораминифер, найдены обломки раковин двустворок. В раннетуронском комплексе с Gaudryinopsis angustus преобладают представители родов Haplophraamoides, Trochammina и Gaudryinopsis, причем количество экземпляров вида-индекса в некоторых образцах достигает 50 и более на 100 г породы. Этот вид наряду с Trochammina wetteri Stelck et Wall в комплексе количественно значительно больше. Видовой состав комплекса с Gaudryinopsis angustus следующий: Psammosphaera laevigata White, Saccammina complanata (Franke), Lituotuba confusa (Zaspelova), Reophax inordinatus Young, Labrospira collyra (Nauss), L. stata Podobina, Haplophragmoides rota Nauss sibiricuis Zaspelova, H. crickmayi Stelck et Wall, Asarotammina antisa Podobina, Ammomarginulina cf. haplophragmoidaeformis (Balakhmatova), Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva), Trochammina subbotinae Zaspelova, T. wetteri Stelck



Nº 4(36) ♦ 2018



Таблица I. Комплекс фораминифер с *Gaudryinopsis angustus*. Западная Сибирь, Ван-Еганская скв. 2031, гл. 936,56 м, кузнецовский горизонт, нижний турон

1 – Ammodiscus glabratus Cushman et Jarvis; 2 – Reophax inordinatus Young; 3 – R. sp. indet.; 4 – Labrospira stata Podobina; 5 – Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova; 6–7 – H. crickmayi Stelck et Wall; 8–15 – Recurvoidella sewellensis (Olsson); 16 – Ammobaculites agglutinoides Dain; 17–18 – Trochammina subbotinae Zaspelova; 19–20 – Trochammina wetteri Stelck et Wall; 21–24 – Gaudryinopsis angustus Podobina

et Wall, Gaudryinopsis angustus Podobina, Miliammina manitobensis Wickenden. Раковины с мелкозернистой стенкой светло-серого цвета, за исключением совершенно белых азаротаммин и литуотуб. Среди перечисленных видов для данной части разреза (нижний турон) наиболее характерны Asarotammina antisa Podobina, Ammomarginulina haplophragmoidaeformis (Balakhmatova), Miliammina manitobensis Wickenden. В комплексе преобладают трохаммины и гаудриинопсисы, что определяет относительно глубоководные и благоприятные условия для развития представителей отряда Ataxophragmiida.

Комплексы фораминифер в разрезах скважин Малыгинской 50 и Западно-Тамбейской 124 извлечены из образцов, отобранных из нижних слоев кузнецовского горизонта. Территория исследований (п-ов Ямал) относится, как предыдущие площади, к северному палеобиогеографическому району. На п-ове Ямал в указанных разрезах встречен раннетуронский комплекс фораминифер с *Gaudryinopsis angustus*, соответствующий одноименной микрофаунистической зоне.

В пяти образцах, отобранных из темно-серых аргиллитов кузнецовского горизонта разреза Малыгинской скв. 50 обнаружен довольно обильный и разнообразный комплекс фораминифер зоны Gaudryinopsis angustus. В образце с глубины 1074,1 м определены следующие виды: Labrospira collyra (Nauss), Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Таблица II. Комплекс фораминифер с *Gaudryinopsis angustus*. Западная Сибирь, Парусовая скв. 1016, гл. 1016,65 м, кузнецовский горизонт, нижний турон

1 – Labrospira stata Podobina; 2 – L. collyra (Nauss); 3 – Haplophragmoides rota Neuss sibiricus Zaspelova; 4 – Asarotammina antisa Podobina; 5–6 – Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva); 7–12 – Trochammina wetteri Stelck et Wall; 13 – T. subbotinae Zaspelova; 14–19 – Gaudryinopsis angustus Podobina

Zaspelova, *H. crickmayi* Stelck et Wall, *Trochammina wetteri* Stelck et Wall, *T. subbotinae* Zaspelova, *Gaud-ryinopsis angustus* Podobina (табл. III).

Во втором образце с глубины 1088,34 м комплекс содержит единичные экземпляры вида-индекса с остальными характерными сопутствующими видами: *Reophax inordinatus* Young, *Labrospira collyra* (Nauss), *Haplophragmoides rota* Nauss *sibiricus* Zaspelova, *H. crickmayi* Stelck et Wall, *Haplophragmium incomprehensis* (Ehremeeva), *Trochammina subbotinae* Zaspelova, *T. wetteri* Stelck et Wall, *Pseudoclavulina hastata* (Cushman), *Gaudryinopsis angustus* Podobina (табл. IV).

В комплексе преобладают агглютинированные кварцево-кремнистые фораминиферы характерного раннетуронского видового состава.

В одном образце из разреза Западно-Тамбейской скв. 124 (гл. 990,2 м), отобранном из темносерых аргиллитов с прослоями серых алевролитов и светло-серых песчаников, определены характерные для раннего турона фораминиферы комплекса с Gaudryinopsis angustus. В составе комплекса найдены виды Psammosphaera aff. laevigata (White), Pelosina complanata Franke, Labrospira collyra (Nauss), Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova, Asarotammina antisa Podobina, Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva), Trochammina wetteri Stelck et Wall, Gaudryinopsis angustus Podobina (табл. V). Заслуживают внимания белые сравнительно крупные агглютинированные раковины вида Asarotammina




Nº 4(36) ♦ 2018

Таблица III. Комплекс туронских фораминифер с *Gaudry-inopsis angustus*. Западная Сибирь, Малыгинская скв. 50, гл. 1074,1 м, кузнецовский горизонт, нижний турон

1–5 – Labrospira collyra (Nauss); 6–7 – Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova; 8–10 – H. crickmayi Stelck et Wall; 11–18 – Trochammina wetteri Stelck et Wall; 19–24 – T. subbotinae Zaspelova; 25–31 – Gaudryinopsis angustus Podobina; 32–33 – раковины семейства Trochamminidae

antisa Podobina, впервые обнаруженные в нижнем туроне на Парусовой площади северного палеобиогеографического района, а здесь отмечены повторно.

Примерно такой видовой состав фораминифер обнаружен и в разрезах скважин северного и других палеобиогеографических районах Западной Сибири. Почти третья часть из них выделена американскими учеными. Подобные виды обнаружены в туронских отложениях Канадской провинции (Северная Аляска, формация Seabee) [14] и Северной Канады [12, 15], относящихся вместе с подобными фораминиферами Западно-Сибирской провинции к Арктической палеобиогеографической области одноименного циркумполярного пояса.

Верхний подъярус (K₂t₂)

В пяти образцах разреза Ван-Еганской скв. 1002 (инт. 942,15–934,4 м) обнаружены фораминиферы позднетуронского комплекса с *Pseudoclavulina hastata*. Фораминиферы обладают агглютинированной, кварцево-кремнистой, мелко-среднезернистой стенкой, хорошей сохранности. Вмещающие породы – темно-серые аргиллиты с тонкими прослоями серых алевролитов кузнецовского горизонта. В составе сводного комплекса, составленного из фораминифер пяти образцов, определены виды: *Psammosphaera laevigata* (White), *Ammodiscus cretaceous* (Reuss), *Lituotuba confusa* (Zaspelova), *Labrospira stata* Podobina, *L. collyra* (Nauss), *Haplophragmoides rota* Nauss *sibiricus* Zaspelova, *H. crickmayi* Stelck et Wall, Таблица IV. Комплекс туронских фораминифер с Gaudryinopsis angustus. Западная Сибирь, Малыгинская скв. 50, гл. 1088,34 м, кузнецовский горизонт, нижний турон

1 – Reophax inordinatus Young; 2–3 – Labrospira collyra (Nauss); 4–6 – Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova; 7 – H. crickmayi Stelck et Wall; 8–9 – Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva); 10–11 – Trochammina subbotinae Zaspelova; 12–14 – T. wetteri Stelck et Wall; 15– 16 – Pseudoclavulina hastata (Cushman); 17–18 – Gaudryinopsis angustus Podobina



Таблица V. Комплекс фораминифер с Gaudryinopsis angustus. Западная Сибирь, Западно-Тамбейская скв. 124, гл. 990,20 м, кузнецовский горизонт, нижний турон

1 – Psammosphaera laevigata White; 2 – Pelosina complanata (Franke); 3 – Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova; 4–5 – Labrospira collyra (Nauss); 6 – Asarotammina antisa Podobina; 7–9 – Trochammina wetteri Stelck et Wall; 10 – Haplophragmium incomprehensis (Ehremeeva); 11–16 – Gaudryinopsis angustus Podobina



Таблица VI. Комплекс фораминифер с *Pseudoclavulina hastata*. Западная Сибирь, Ван-Еганская скв. 1002, гл. 938,55 м, кузнецовский горизонт, верхний турон

1 – Ammodiscus cretaceous (Reuss); 2 – Glomospirella gaultina (Berthelin); 3 – Lituotuba confusa (Zaspelova); 4 – Labrospira stata Podobina; 5–6 – L. collyra (Nauss); 7–9 – Haplophragmoides rota Nauss sibiricus Zaspelova; 10 – H. crickmayi Stelck et Wall; 11 – Ammoscalaria antis Podobina; 12 – Trochammina arguta Podobina; 13–17 – Pseudoclavulina hastata (Cushman)

Ammoscalaria antis Podobina, Pseudoclavulina hastata (Cushman), Trochammina wetteri Stelck et Wall, T. arguta Podobina, Gaudryinopsis angustus Podobina (табл. VI).

В одном из образцов с глубины 937,10 м обнаружен экземпляр вида *Cibicides westsibiricus* (Balakhmatova), характерного для позднетуронского комплекса восточного района Западной Сибири.

Из семи образцов керна разреза Ван-Еганской скв. 2031 (инт. 935,3–929,0 м) выделены многочисленные фораминиферы позднетуронского комплекса с *Pseudoclavulina hastata*. Стенка раковин агглютинированная, кварцево-кремнистая, мелкои среднезернистая, хорошей сохранности.

Вмещающие породы – темно-серые аргиллиты с прослоями серого алевролита. В составе комплекса определены *Rhizammina indivisa* Brady, *Psammosphaera fusca* (Schultze), *P. laevigata* (White), *Hyperammina aptica* (Dampel et Miatliuk), *Reophax inordinatus* Young, *Labrospira collyra* (Nauss), *Haplophragmoides rota* Nauss *sibiricus* Zaspelova, *H. crickmayi* Stelck et Wall, *Ammoscalaria antis* Podobina, *Pseudoclavulina hastata* (Cushman), *Trochammina arguta* Podobina, *T. wetteri* Stelck et Wall. В комплексе появились виды фораминифер, характерные для верхнего турона: *Ammoscalaria antus* Podobina, *Trochammina arguta* Podobina; увеличилось количество экземпляров зонального вида-индекса *Pseudoclavulina hastata* (Cushman). В количественном отношении преобладают виды семейств Haplophragmoididae и Ataxophragmiidae, что указывает на благоприятные для фораминифер условия существования в относительно глубоководном и холодноводном бассейне.

Выводы

Кузнецовский горизонт является плотной покрышкой, сохранившей в северном палеобиогеографическом районе от разрушения уникальные залежи углеводородов, поэтому изучение его биостратиграфии имеет большое значение. Повсеместно, в том числе и в северном районе, распространены фораминиферы, являющиеся основной группой палеонтологических остатков, необходимых для его изучения. В исследованных образцах из разрезов Ван-Еганских скв. 1002 и 2031 установлены три комплекса фораминифер, два из которых (Hedbergella loetterlei и Gaudryinopsis an*austus*) раннетуронские из нижних слоев кузнецовского горизонта. Третий комплекс (Pseudoclavulina hastate) позднетуронского возраста из верхних слоев кузнецовского горизонта. Слои с комплексом Gaudryinopsis angustus и Pseudoclavulina hastata установлены в горизонте как микрофаунистические (фораминиферовые) зоны. В образцах из разреза Парусовой скв. 1016 в нижних слоях кузнецовского горизонта обнаружен раннетуронский комплекс с Gaudryinopsis angustus, выделяемых как одноименная микрофаунистическая (фораминиферовая) зона. Исследованные комплексы фораминифер из разрезов скважин Малыгинской 50, Северо-Тамбейской 124 дают возможность изучить биостратиграфию кузнецовского горизонта самого северного участка Западной Сибири – п-ова Ямал. По систематическому составу раннетуронский комплекс с Gaudryinopsis angustus из площадей северного района немного отличается от таковых, распространенных в центральном и других районах Западно-Сибирской провинции. Отличительной его особенностью является присутствие вида Asarotammina antisa Podobina, ранее неизвестного в разрезах, расположенных южнее площадей северного района.

В отличие от позднесеноманских раковины раннетуронского комплекса фораминифер хорошей сохранности с характерными видами, в том числе и видом-индексом *Gaudryinopsis angustus* Podobina. В комплексе по количеству экземпляров преобладают представители отряда Ataxophragmiida, что указывает на благоприятный гидрологический режим морского бассейна (достаточная глубина, температура, соленость, газовый состав). Это связано с углублением и расширением бореальной трансгрессии.

Туронская бореальная трансгрессия в отличие от сеноманской распространилась почти на всю территорию Западной Сибири, тем самым способствуя расцвету фораминифер комплексов с *Gaud*- ryinopsis angustus и Pseudoclavulina hastata, вмещающих почти все характерные для кузнецовского горизонта виды.

Большое сходство систематического состава исследованных туронских комплексов Западно-Сибирской провинции с одновозрастными комплексами из формации Seabee (Северная Аляска) [14] и Северной Канады [12, 15] Канадской провинции указывает на обитание этих фораминифер в сходных жизненных условиях – относительно холодноводном Арктическом бассейне одноименной палеобиогеографической области Арктического циркумполярного пояса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатова З. И., Горбовец А. Н. Турон // Стратиграфия мезозоя и кайнозоя Западно-Сибирской низменности. – М.: Гостоптехиздат, 1957. – С. 75–84, палеонт. табл. 8–12.

2. **Еремеева А. И., Белоусова Н. А.** Стратиграфия и фауна фораминифер меловых и палеогеновых отложений восточного склона Урала и Северного Казахстана // Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 9. – М., 1961. – С. 3–189, 38 палеонт. табл.

3. Заспелова В. С. Фораминиферы верхнеюрских и меловых отложений Западно-Сибирской низменности // Микрофауна СССР. Сб. 1. – М., 1948. – С. 189–210, 3 палеонт. табл.

4. Подобина В. М. Фораминиферы, биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 2009. – 430 с., 73 палеонт. табл.

5. Подобина В. М. Фораминиферы верхнего мела Западно-Сибирской низменности. – М.: Наука, 1966. – 148 с., 19 палеонт. табл.

6. Подобина В. М. Фораминиферы верхнего мела и палеогена Западно-Сибирской низменности, их значение для стратиграфии. – Томск: ТГУ, 1975. – 163 с., 40 палеонт. табл.

7. Подобина В. М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела Западной Сибири. – Томск: НТЛ, 2000. – 388 с., 80 палеонт. табл.

8. **Подобина В. М.** Фораминиферы и зональная стратиграфия верхнего мела Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 1989. – 175 с., 35 палеонт. табл.

9. Подобина В. М., Таначева М. И. Стратиграфия газоносных верхнемеловых отложений северовосточных районов Западно-Сибирской низменности // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Вып. 2. – Томск: ТГУ, 1967. – С. 89–99.

10. **Стратиграфия** и фауна меловых отложений Западно-Сибирской низменности / А. Е. Глазунова, В. Т. Балахматова, Р. Х. Липман и др. // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. — 1960. — Т. 29. — С. 23—124, 9 палеонт. табл.

11. Фораминиферы меловых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской низменности / под

ред. Н. Н. Субботиной. – Л.: Недра, 1964. – 456 с., 66 палеонт. табл. – (Тр. ВНИГРИ; вып. 234).

12. **Nauss A.** Cretaceous microfossils of the Vermilion area Alberta // J. Paleontology. – 1947. – Vol. 21, no. 4. – P. 329–343, pls. 48–49.

13. **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. 239–247.

14. **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.

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

REFERENCES

1. Bulatova Z.I., Gorbovets A.N. [Turonian]. *Stratigrafija mezozoja i kajnozoja Zapadno-Sibirskoj nizmennosti* [Stratigraphy of Mesozoic and Cenozoic of the Western Siberian Plain]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1957, pp. 75–84, pls 8–12. (In Russ.).

2. Eremeeva A.I., Belousova N.A. [Stratigraphy and fauna of foraminifera of Cretaceous and Palaeogene deposits of the eastern slope of the Urals and Northern Kazakhstan]. *Materialy po geologii i poleznym iskopaemym Urala* [Materials on geology and mineral resources of the Urals]. Moscow, 1961, issue 9, pp. 3–189, 38 pls. (In Russ.).

3. Zaspelova V.S. [Foraminifera of Upper Jurassic and Cretaceous deposits of the Western-Siberian Plain]. *Mikrofauna SSSR* [The USSR microfauna]. Moscow, 1948, no. 1, pp. 189–210, 3 pls. (In Russ.).

4. Podobina V.M. *Foraminifery i biostratigrafija verhnego mela Zapadnoj Sibir*i [Foraminifera and biostratigraphy of the Upper Cretaceous of West Siberia]. Tomsk, NTL Publ., 2000. 388 p., 80 pls. (In Russ.).

5. Podobina V.M. *Foraminifery verhnego mela Zapadno-Sibirskoj nizmennosti* [Foraminifera of the Upper Cretaceous of the Western Siberian Plain]. Moscow, Nauka Publ., 1966. 148 p., 19 pls. (In Russ.).

6. Podobina V.M. Foraminifery verhnego mela i paleogena Zapadno-Sibirskoj nizmennosti, ih znachenie dlja stratigrafii [Foraminifera of the Upper Cretaceous and Palaeogene of the Western Siberian Plain, their significance for stratigraphy]. Tomsk, University Publ., 1975. 163 p., 40 pls. (In Russ.).

7. Podobina V.M. *Foraminifery, biostratigrafija verhnego mela i paleogena Zapadnoj Sibiri* [Foraminifera, biostratigraphy of the Upper Cretaceous and Palaeogene of West Siberia]. Tomsk, 2009, University Publ. 430 p., 73 pls. (In Russ.).

8. Podobina V.M. Foraminifery i zonal'naja stratigrafija verhnego mela Zapadnoj Sibiri [Foraminifera and zonal stratigraphy of the Upper Cretaceous of West Siberia]. Tomsk, University Publ., 1989. 175 p., 35 pls. (In Russ.).

Региональная геология, стратиграфия, тектоника

9. Podobina V.M., Tanacheva M.I. [Stratigraphy of the Upper Cretaceous gas-bearing deposits in the northeastern regions of the Western Siberian Plain]. *Novye dannye po geologii i poleznym iskopaemym Zapadnoj Sibiri* [New data on geology and mineral resources of West Siberia]. Tomsk, University Publ., 1967, issue 2, pp. 89–99. (In Russ.).

10. Glazunova A.E., Balakhmatova V.T., Lipman R.H., et al. [Stratigraphy and fauna of Cretaceous sediments of the Western-Siberian Plain]. *Tr. VSEGEI. Nov. Ser. T.29* [Proc. VSEGEI. New ser., vol. 29]. Leningrad, 1960, pp. 23–124, 9 pls. (In Russ.).

№ 4(36) ♦ 2018

11. Subbotina N.N., ed. *Foraminifery melovyh i paleogenovyh otlozhenij Zapadno-Sibirskoj nizmennosti* [Foraminifera of Cretaceous and Palaeogene deposits of the Western Siberian Plain]. Leningrad, Nedra Publ., 1964. 456 p., 66 pls.

12. Nauss A. Cretaceous microfossils of the Vermilion area Alberta. *J. Paleontology*, 1947, vol. 21, no. 4, pp. 329–343, pls. 48–49.

13. 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. 239–247.

14. 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.

15. Wall J. Cretaceous Foraminifera of the Rocky Mountain Foothills, Alberta. *Res. Council Alberta*, 1967, bull. 20. 185 p., 15 pls.

© В. М. Подобина, Г. М. Татьянин, 2018

УДК (550.834.05+550.8.011):553.981(571.1-17)

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ КРУПНЫХ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И НА ШЕЛЬФЕ КАРСКОГО МОРЯ

В. А. Конторович^{1,2}, Е. С. Сурикова^{1,2}, Д. В. Аюнова¹, С. М. Гусева¹

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

Работа выполнена на базе комплексной интерпретации материалов сейсморазведки, геофизических исследований скважин, результатов испытаний и петрофизических исследований и посвящена газоносности апт-альб-сеноманских отложений в арктических регионах Западной Сибири и на шельфе Карского моря. В качестве эталонных объектов рассмотрены месторождения Надым-Пурской, Ямальской, Гыданской и Южно-Карской нефтегазоносных областей Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. По результатам исследований сформулированы сейсмогеологические критерии прогноза газоносности сеноманских и апт-альбских резервуаров. Показано, что массивные сеноманские газовые залежи отображаются в волновых сейсмических полях: 1) наличием на временных разрезах отражающих горизонтов, формирующихся на газоводяных контактах, и падением амплитудных характеристик приуроченного к кровле сеномана отражающего горизонта Г; 2) увеличением значений временной мощности, понижением интервальных скоростей и уменьшением амплитудно-энергетических характеристик сейсмической записи в апт-сеноманском мегакомплексе. Апт-альбские пластовые газовые залежи отображаются на временных разрезах резким увеличением амплитуд сейсмической записи, формируя в волновых полях аномалии «яркого пятна».

Ключевые слова: Западная Сибирь, Карское море, временной разрез, сейсмогеологический комплекс, осадочный комплекс, отражающий горизонт, сейсмическая аномалия, «яркое пятно».

SEISMIC IMAGES OF LARGE GAS ACCUMULATIONS IN ARCTIC REGIONS OF WESTERN SIBERIA AND ON THE SHELF OF THE KARA SEA

V. A. Kontorovich^{1,2}, E. A. Surikova^{1,2}, D. V. Ayunova¹, S. M. Guseva¹

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

The work performed on the basis of the integrated interpretation of seismic survey, geophysical well logging, test results and petrophysical studies is devoted to the gas presence of the Aptian-Albian-Cenomanian sediments in the Arctic regions of Western Siberia and on the shelf of the Kara Sea. Fields of the Nadym-Pur, Yamal, Gydan and South-Kara petroleum regions (PR) of the Western Siberian petroleum province are considered as reference objects. Seismic and geological criteria for the gas presence prediction of the Senomanian and Aptian-Albian reservoirs are formulated based on the results of the research. It is shown that massive Cenomanian gas accumulations are imaged in wave seismic fields by: 1) the presence of reflective horizons forming on gas-water contacts at reflection-time sections and the decline in the amplitude characteristics of the G reflecting horizon, confined to the Cenomanian top; 2) the increase in the values of the seismic dataset in the Aptian-Cenomanian megacomplex. The Aptian-Albian sheet gas accumulations are displayed at reflection-time sections by a sharp increase in the amplitudes of the seismic record, forming the "bright spot" anomalies in the wave fields.

Keywords: Western Siberia, Kara Sea, reflection-time section, seismic sequence, depositional sequence, reflecting horizon, seismic anomaly, "bright spot".

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-41-48

Северные и арктические районы Западной Сибири, охватывающие Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО), и южная часть акватории Карского моря представляют собой один из крупнейших в мире газоносных регионов. В плане нефтегазогеологического районирования на этой территории выделено пять нефтегазоносных областей (НГО): Надым-Пурская, Пур-Тазовская, Ямальская, Гыданская и Южно-Карская (рис. 1).

Основные запасы газа на севере Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП) контролируются высокоамплитудными антиклинальными структурами и сконцентрированы в аптальб-сеноманском осадочном мегакомплексе [5, 6]. В разрезе апт-сеномана выделяются два регионально газоносных макрорезервуара — сеноманский и апт-альбский, которые в кровле перекрыты трансгрессивными глинистыми пачками, играющими роль региональных флюидоупоров для залежей углеводородов (УВ).

В Надым-Пурском междуречье открыты такие уникальные газовые гиганты, как Медвежье, Уренгойское, Ямбургское, Ямсовейское и другие месторождения. На этой территории внутри апт-альб-

№ 4(36) ♦ 2018 -



Рис. 1. Схема нефтегазогеологического районирования северных районов Западной Сибири

Границы: 1 – Западно-Сибирской плиты, 2 – Западно-Сибирской НГП, 3 – НГО; месторождения: 4 – нефтяные, 5 – нефтегазовые, 6 – газонефтяные, 7 – нефтегазоконденсатные, 8 – газоконденсатные, 9 – газовые

сеноманского комплекса отсутствуют регионально развитые флюидоупоры. На месторождениях региона более 90 % запасов газа сконцентрировано в сеноманском песчаном горизонте ПК₁, который перекрыт мощным глинистым туронским региональным флюидоупором (кузнецовская свита). Сеноманские залежи являются массивными и контролируются крупными высокоамплитудными антиклинальными структурами. Существенно более мелкие залежи газа, конденсата и нефти локализованы в апт-альбских, неокомских и средне-верхнеюрских песчаных пластах.

На крайнем севере Западной Сибири и в южной части Карского моря в разрезе апт-альбсеноманского мегакоплекса развит мощный ханты-мансийский (яронгский) флюидоупор, залегающий в низах альба. Это предопределило, что на месторождениях Ямальской, Гыданской и Южно-Карской НГО при наличии традиционных сеноманских залежей основные запасы газа сконцентрированы в аптских песчаных пластах группы ТП под указанным флюидоупором [2] на Харасавэйском, Бованенковском, Южно-Тамбейском, Нурминском, Арктическом, Среднеямальском, Ленинградском и других месторождениях. Аптские газовые залежи, как правило, многопластовые, локализованы в серии близко расположенных, гидродинамически не связанных песчаных пластов в верхней части танопчинской свиты; по типу залежи пластово-сводовые.

Сеноманские и аптские залежи различаются не только по строению, но и по составу сконцентрированного в них газа: сеноманские содержат исключительно сухой газ – метан, плотность которого по воздуху составляет 0,554; аптские – жирный газ, плотность которого 1,03–2,97.

Сейсмогеологические критерии газоносности сеноманских отложений

На севере Западной Сибири апт-сеноманский мегакомплекс на временных сейсмических разрезах ограничен отражающими горизонтами (ОГ) М и Г, приуроченными к кровле нейтинской пачки (кровля неокома) и подошве кузнецовской свиты (кровля сеномана) соответственно [4, 7]. Залегающий ниже по разрезу неокомский (берриас-нижнеаптский) осадочный мегакомплекс в кровле контролируется горизонтом М, в подошве – формирующимся на кровле юры отражающим горизонтом Б.

Физическая природа отражающего горизонта ГВК

На севере Западной Сибири на крупных поднятиях, к которым приурочены уникальные сеноманские залежи, на временных разрезах часто выделяются газоводяные контакты (ГВК): на контакте газо- и водонасыщенных песчаников горизонта ПК₁ формируется интенсивная отраженная волна. На таких объектах под антиклинальными структурами, выделяемыми в рельефе отражающего горизонта Г, фиксируются локально развитые отражающие сейсмические горизонты, которые в направлении склонов поднятий сливаются с горизонтом Г. ОГ, приуроченные к ГВК, как правило, прослеживаются квазигоризонтально или имеют выпуклую вниз форму.

На рис. 2 приведены сейсмогеологические разрезы по профилям, пересекающим Юбилейное и Ямсовейское месторождения в Надым-Пурском междуречье и Крузенштернское и Ленинградское – в Ямальской и Южно-Карской НГО соответственно. На разрезах отчетливо прослеживаются ОГ, связанные с ГВК.

Отраженные сейсмические волны формируются на границах сред, характеризующихся различными физическими свойствами. Для формирования отраженных волн определяющими являются такие характеристики пород, как плотность и скорость распространения в них продольных сейсмических волн. Произведение этих параметров определяет акустическую жесткость среды, а перепады акустических жесткостей на геологических границах – коэффициенты отражения и, как следствие, энергетический уровень формирующихся на них сейсмических соих горизонтов.

Разрез сеноманского комплекса и входящего в его состав продуктивного горизонта ПК₁ представлен переслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками с преобладанием последних. Песчаные пласты горизонта ПК₁ – хорошие коллек-





1 – основные отражающие сейсмические горизонты (Б – баженовская свита и ее аналоги, М – кошайская пачка алымской свиты и ее аналоги, Г – подошва кузнецовской свиты); 2 – сейсмогеологические мегакомплексы (J – юрский, K₁ – берриас-нижнеаптский, K₁₋₂ – апт-сеноманский, K₂ – турон-маастрихтский, KZ – кайнозойский); 3 – связанный с ГВК отражающий горизонт

торы с коэффициентами пористости 30–35 %. Разделяющие их алеврито-глинистые пачки, с одной стороны, характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами, с другой – не являются надежными флюидоупорами. Этим предопределяется, что сеноманские газовые залежи по типу массивные, водоплавающие.

Анализ данных акустического каротажа по месторождениям севера Западной Сибири показал, что разрез сеномана в целом акустически дифференцирован слабо: перепады скоростей продольных сейсмических волн на границах между различными литологическими разностями, как правило, не превышают 100–150 м/с. В то же время наличие ОГ на уровне ГВК свидетельствует о том, что на данной границе происходит перепад акустических жесткостей пород. При этом ОГ, формирующийся на ГВК, не изохронен и в пределах структуры «рассекает»



Рис. 3. Зависимости временных мощностей (ΔТ) турон-кайнозойского (а) и апт-сеноманского (б) мегакомплексов от их толщин (ΔН) (Надым-Пурское междуречье)

разновозрастные пласты, входящие в состав единого продуктивного горизонта.

Из опубликованных материалов известно, что в терригенных породах на глубинах до 1–1,5 км скорости продольных сейсмических волн в водо- и газонасыщенных коллекторах различаются на 15-25 % [1]. Выполненный в ИНГГ СО РАН анализ результатов испытаний и материалов ГИС по ряду месторождений севера Западной Сибири показал, что характер насыщения песчаных пластов групп ТП, ХМ и ПК, выделяемых в разрезе апт-альб-сеноманского комплекса, существенно влияет на акустические характеристики пород: в зависимости от глубины залегания скорости распространения продольных сейсмических волн в газонасыщенных пластах составляют 2100-3000 м/с, в водонасыщенных – 2500–3800 м/с [3]. В среднем перепад скоростей на границе газо- и водонасыщенных песчаников составляет около 500-600 м/с. Аналогично ведут себя и плотности: плотность метана в стандартных условиях 0,00072 г/см³, сеноманской воды – 1,01–1,03 г/см³.

Синхронное уменьшение скоростей и плотностей газонасыщенной части разреза приводит к резкому перепаду акустических жесткостей на ГВК и является причиной формирования на этой физической границе интенсивной отраженной волны.

Следует отметить, что не все сеноманские газовые залежи порождают на временных разрезах отражающие горизонты, связанные с ГВК. Это может быть связано как с качеством сейсмического материала, так и с небольшой высотой залежей и ограниченной разрешающей способностью сейсморазведки.

Интервальные скорости

Поскольку газонасыщенные интервалы сеноманского разреза характеризуются пониженными скоростями распространения продольных сейсмических волн, то при достаточно большой высоте залежи этот фактор будет приводить к уменьшению интервальных скоростей (V_{инт}) и, как следствие, к увеличению временной мощности (ΔТ) всего апт-сеноманского сейсмогеологического мегакомплекса.

На рис. З приведены построенные по скважинам Медвежьего, Юбилейного и Ямсовейского месторождений (Надым-Пурское междуречье) зависимости значений временной мощности (ΔT) от геологической мощности (ΔН) для турон-кайнозойского и апт-альб-сеноманского мегакомплексов. В турон-кайнозойском комплексе, залегающем в верхней части осадочного чехла и не содержащем газовые залежи, фиксируется нормальное для Западной Сибири распределение: в направлении депрессионных зон по мере увеличения толщины мегакомплекса (глубины залегания кузнецовской свиты) увеличиваются времена наблюдения отражающего горизонта Г. В апт-сеномане зависимость обратная, что обусловлено исключительно падением скоростей в газонасыщенной части разреза.

Эффект падения скоростей отражается и в палеореконструкциях. На временных сейсмических палеоразрезах, выравненных по горизонту Г, крупным антиклинальным структурам, которые контролируют сеноманские газовые залежи, в палеорельефах горизонтов М и Б отвечают локальные депрессии, формирование которых связано не с геологическим строением объектов, а исключительно с падением скоростей распространения продольных сейсмических волн в сеноманских газовых залежах.

Динамические характеристики сейсмической записи

1. Уменьшение плотностей и скоростей распространения продольных сейсмических волн приводит к понижению акустической жесткости всего газонасыщенного слоя и, как следствие, к изменению коэффициентов отражения не только на его подошве, но и на кровле (на границе между кузнецовским флюидоупором и сеноманским резервуаром). Отражающий горизонт Г, контролирующий кровлю сеномана, формируется на подошве глин кузнецовской свиты, скорости распространения продольных сейсмических волн в которой составляют около 2000 м/с. Поскольку в газонасыщенной толще акустическая жесткость падает, то в зоне развития залежи на границе «флюидоупор – резервуар» умень-



Рис. 4. Сейсмические образы сеноманских газовых залежей

1 — основные отражающие сейсмические горизонты (А — подошва осадочного чехла, Б — баженовская свита и ее аналоги, М — кошайская пачка алымской свиты и ее аналоги, Г — подошва кузнецовской свиты); 2 — сейсмогеологические мегакомплексы (РZ — палеозойский, J — юрский, K₁ — берриас-нижнеаптский, K₁₋₂ — апт-сеноманский, K₂ — турон-маастрихтский, KZ — кайнозойский); 3 — связанный с ГВК отражающий горизонт; 4 — «яркое пятно»

шается коэффициент отражения и, как следствие, энергия отраженной волны.

2. Уже было отмечено, что заполненные газом сеноманские резервуары характеризуются пониженными скоростями и плотностями. Одновременно газонасыщенные толщи пород обладают повышенной поглощающей способностью. Проходя через газонасыщенную часть разреза, сейсмические волны существенно теряют энергию, что приводит к падению амплитудных характеристик волновых полей внутри всего апт-альб-сеноманского мегакомплекса и в нижележащих неокомских и юрских отложениях.

Выделенные особенности сейсмической записи фиксируются на многих месторождениях севера Западной Сибири и на шельфе Карского моря. В качестве примера на рис. 4 приведены временны́е разрезы по профилям, пересекающим расположенные соответственно в Ямальской и Южно-Карской НГО месторождения Крузенштернское и Победа. Анализ этих разрезов позволяет сделать следующие выводы:

• Крупные сеноманские газовые залежи контролируются контрастными поднятиями (амплитуды 120–150 м), выделенными в рельефе горизонта Г, под которыми на сейсмических разрезах четко фиксируются квазигоризонтальные ОГ, формирующиеся на ГВК. • На временных разрезах под сеноманскими газовыми залежами рельефы нижезалегающих неокомских и апт-альбских ОГ выполаживаются и структуры становятся менее контрастными, что свидетельствует о падении интервальных скоростей в апт-альб-сеноманской части разреза.

• На временном разрезе по профилю, пересекающему месторождение Победа, под сеноманской газовой залежью существенно уменьшаются энергетические характеристики волновых полей: фиксируется столбообразное падение амплитуд сейсмической записи по всему разрезу.

Сейсмогеологические критерии газоносности апт-альбских отложений

Принципиально иначе на характер волнового поля влияют газовые залежи в песчаных пластах апт-альбских отложений, с которыми связаны основные запасы газа в Гыданской, Ямальской и Южно-Карской НГО (крайний север Западно-Сибирской НГП). В этих регионах апт-альбские песчаные пласты, содержащие значительные запасы газа, контролируются флюидоупорами, не обладающими аномальными акустическими характеристиками, и, как следствие, реперные сейсмические горизонты на них не формируются.

Как было отмечено, в Западно-Сибирской НГП апт-альб-сеноманский комплекс, сложенный песча-

<u>N</u>⁰ 4(36) ♦ 2018



Рис. 5. Сейсмические образы апт-альбских газовых залежей Южно-Тамбейского и Солетско-Ханавейского месторождений

1 — основные отражающие сейсмические горизонты (Б — баженовская свита и ее аналоги, М — кошайская пачка алымской свиты и ее аналоги, Г — подошва кузнецовской свиты, С — ганькинская свита); 2 — сейсмогеологические мегакомплексы (Ј — юрский, К₁ — берриас-нижнеаптский, К₁₋₂ — аптсеноманский, К₂ — турон-маастрихтский, КZ — кайнозойский); З — «яркое пятно»



Рис. 6. Сейсмогеологические разрезы по профилям Ленинградского месторождения Усл. обозн. см. на рис. 4

никами, алевролитами и аргиллитами, отличается слабой акустической дифференциацией. Распространенный в северной части ЯНАО и в южной части Карского моря ханты-мансийский флюидоупор также характеризуется скоростями распространения продольных сейсмических волн, сопоставимыми с таковыми вмещающих пород, и реперный отражающий горизонт на нем не формируется.

В условиях слабой акустической дифференциации аномальными акустическими характеристиками в этой части разреза обладают только маломощные известковистые песчаники, которым свойственны аномально высокие скорости распространения продольных сейсмических волн, и низкоскоростные газонасыщенные песчаные пласты. Анализ данных акустического каротажа показал, что в продуктивных скважинах, где апт-альбские пласты газонасыщенные, они характеризуются аномально низкими (2200-2400 м/с) скоростями распространения продольных сейсмических волн; в скважинах, вскрывших водонасыщенные песчаники, эти пласты по акустическим характеристикам не отличаются от перекрывающих и подстилающих отложений, скорости в которых составляют 2800–3000 м/с. Таким образом, в кровле и подошве апт-альбских газонасыщенных песчаников происходят существенные скачки акустических жесткостей, что предопределяет формирование на этих границах энергетически выраженных отраженных волн и формирует на временны́х разрезах сейсмические аномалии, получившие название «яркое пятно». Результаты математического моделирования волновых полей показали, что в случае, когда мощность обладающего аномально низкими акустическими характеристиками газонасыщенного песчаника превышает 15-20 м, происходит резонансное суммирование волн от его кровли и подошвы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению энергии интерференционного сигнала и порождает на временных разрезах эффект «яркого пятна»: на разрезах выше отражающего горизонта М, приуроченного к нейтинской пачке, выделяются локально развитые высокоамплитудные аномалии сейсмической записи [4, 7]. Этот эффект еще более усиливается в случае многопластовых залежей, когда формирование интерференционной волны происходит на серии близкорасположенных газонасыщенных песчаников.

В качестве примера на рис. 5 приведены временные разрезы, пересекающие Южно-Тамбейское и Солетско-Ханавейское месторождения, расположенные в Ямальской и Гыданской НГО соответственно. На этих разрезах в апт-альбской части четко фиксируются сейсмические аномалии, характеризующие газовые залежи.

На Крузенштернском и Ленинградском месторождениях также открыты апт-альбские газовые залежи, отраженные в волновых полях в виде аномалии «яркого пятна» (см. рис. 2). Аномалии «яркого пятна» достаточно надежно картируются по площади. Это позволяет по результатам интерпретации сейсмических данных выделять контуры газовых залежей. В качестве примера на рис. 6 приведены два временных разреза по профилям, пересекающим расположенное в акватории Карского моря Ленинградское месторождение, на которых выделение сейсмических аномалий не вызывает затруднений. Расчет амплитудных характеристик сейсмической записи в интервале продуктивных пластов позволяет оконтуривать газовые залежи. При этом необходимо иметь в виду, что в случае многопластовых залежей, сконцентрированных в близкорасположенных пластах, этот контур будет носить интегральный характер.

№ 4(36) **◆** 2018

Выводы

Настоящая работа посвящена разработке сейсмогеологических критериев газоносности апт-сеноманских отложений севера Западной Сибири. Исследования выполнялись на базе комплексного научного анализа материалов сейсморазведки, ГИС, результатов испытаний и литолого-петрофизических исследований.

Результаты проведенных исследований дали возможность определить серию сейсмогеологичских критериев, позволяющих осуществлять прогноз газовых залежей в апт-сеноманских отложениях севера Западной Сибири.

Сеноманские массивные газовые залежи отображаются в волновых сейсмических полях:

 – наличием в рельефе отражающего горизонта Гантиклинальных структур, в основании которых на временных разрезах выделяются отражающие горизонты, приуроченные к газоводяным контактам;

– увеличением значений временной мощности (ΔT) и понижением интервальных (V_{инт}) скоростей распространения продольных сейсмических волн в апт-альб-сеноманском мегакомпексе;

 падением амплитудных характеристик приуроченного к кровле сеноманского резервуара отражающего горизонта Г и уменьшением амплитудноэнергетических характеристик сейсмической записи внутри всего апт-сеноманского мегакомплекса.

Апт-альбские пластовые газовые залежи отображаются на временных разрезах резким увеличением амплитуд сейсмической записи и формированием сейсмической аномалии «яркого пятна».

Работа выполнена в рамках проектов НИР ИНГГ СО РАН при финансовой поддержке РФФИ Ресурсы Арктики, проект 18—05—70105.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев В. И. Сейсморазведка. – Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 690 с.

2. **Геологическое** строение и нефтегазоносность региональных резервуаров юры и мела в Карско-Ямальском регионе и прогноз распределения № 4(36) ♦ 2018 —

в них ресурсов углеводородов / В. А. Казаненков, С. В. Ершов, С. В. Рыжкова и др. // Геология нефти и газа. – 2014. – № 1. – С. 27–49.

3. Губин И. А. Влияние литологии и характера насыщения на акустические свойства апт-сеноманских пластов на примере Геофизического месторождения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. ХІ Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.): Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: сб. матер. в 3 т. Т. 1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – С. 33–37.

4. История тектонического развития арктических территорий и акваторий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / В. А. Конторович, Д. В. Аюнова, И. А. Губин и др. // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58, № 3–4. – С. 423–444.

5. Нестеров И. И., Салманов Ф. К., Шпильман К. А. Нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири – М.: Недра, 1971. – 463 с.

6. **Особенности** геологического строения и разработки уникальных залежей газа крайнего севера Западной Сибири / О. М. Ермилов, Ю. Н. Карогодин, А. Э. Конторович и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 140 с.

7. Сейсмостратиграфия, история формирования и газоносность структур Надым-Пурского междуречья / В. А. Конторович, Д. В. Аюнова, И. А. Губин и др. // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 8. – С. 1583–1595.

REFERENCES

1. Bondarev V.I. *Seismorazvedka* [Seismic survey]. Yekaterinburg, UGGU Publ., 2007. 690 p. (In Russ.).

2. Kazanenkov V.A., Yershov S.V., Ryzhkova S.V., et al. [Geological structure and petroleum potential of

the Jurassic and Cretaceous regional reservoirs in the Kara-Yamal region and prediction of the hydrocarbon resources distribution]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2014, no. 1., pp. 27–29. (In Russ.).

3. Gubin I.A. [Influence of lithology and saturation behavior on acoustic properties of Aptian-Senomanian reservoirs by the example of geophysical field]. *Materialy* 11th *mezhdunar. nauchnoy konferentsii "Nedropol'zovaniye. Gornoye delo. Napravleniya i technologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh.Geoekologiya* [Proc. 11th Int. Sc. Conf. Interekspo GEO-Sibir-2015 "Subsurface management. Mining. Directions and technologies of search, prospecting and development of mineral depos*its.* Geoecology"]. Novosibirsk, 2015, vol. 1, pp. 33–37. (In Russ.).

4. Kontorovich V.A., Ayunova D.V., Gubin I.A., et al. Tectonic evolution of the Arctic onshore and offshore regions of the West Siberian petroleum province. *Russian Geology and Geophysics*, 2017, vol. 58., no. 3–4, pp. 343–361.

5. Nesterov I.I., Salmanov F.K., Shpilman K.A. *Nef-tyanye i gazovye mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri* [Oil and gas fields of Western Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1971. 463 p. (In Russ.).

6. Yermilov O.M., Karagodin Yu.N., Kontorovich A.E., et al. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i razrabotki unikal'nykh zalezhey gaza Kraynego Severa Zapadnoy Sibiri [Features of geological structure and development of unique gas accumulations of the Western Siberia Far North. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 140 p. (In Russ.).

7. Kontorovich V.A., Ayunova D.V., Gubin I.A., et al. Seismic stratigraphy, formation history and gas potential of the Nadym-Pur interfluve area (West Siberia). *Russian Geology and Geophysics*, 2016, vol. 57, issue 8, pp. 1248–1258.

> © В. А. Конторович, Е. С. Сурикова, Д. В. Аюнова, С. М. Гусева, 2018

УДК (551.243.4:553.76):(552.54:551.732)(571.53)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА ФЛЮИДОНАПОРНЫХ СИСТЕМ С АНОМАЛЬНО ВЫСОКИМ ПЛАСТОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ В КАРБОНАТНЫХ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ КЕМБРИЯ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. Г. Вахромеев^{1,5}, И. В. Горлов², Н. В. Мисюркеева^{1,4}, С. А. Сверкунов¹, Ю. К. Ланкин³, А. С. Смирнов²

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; ²Газпром геологоразведка, Тюмень, Россия; ³Иркутскгеофизика, Иркутск, Россия; ⁴Иркутское электроразведочное предприятие, Иркутск, Россия; ⁵Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Актуальность локального прогноза систем с аномально высоким пластовым давлением (АВПД) предопределена развертыванием буровых работ на газонасыщенные песчаники парфеновского горизонта венда, залегающие гипсометрически ниже. Представления о закономерностях формирования и локализации залежей предельно насыщенных рассолов с АВПД в контурах Ковыктинского газоконденсатного месторождения, которое находится в зоне влияния Орлингской надвиговой системы, сформулированы на основе анализа шарьяжно-надвиговой модели геологического строения природных резервуаров галогенно-карбонатной гидрогеологической формации кембрия в восточной части Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Структурно-гидрогеологические представления заложены в основу физико-геологической модели геолого-геофизического прогноза флюидных систем, залежей рассолов и УВ с аномальными барическими характеристиками.

Ключевые слова: концентрированные рассолы, водонапорные системы, карбонатные резервуары кембрия, шарьяжно-надвиговая модель.

HYDROGEOLOGICAL FUNDAMENTALS OF LOCAL FORECAST OF FLUID PRESSURE SYSTEMS WITH AHRP IN CARBONATE NATURAL CAMBRIAN RESERVOIRS OF THE KOVYKTINSKOYE GAS CONDENSATE FIELD

A. G. Vakhromeev^{1,5}, I. V. Gorlov², N. V. Misiurkeeva⁴, S. A. Sverkunov¹, Yu. K. Lankin³, A. S. Smirnov²

¹Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia; ²Gazprom geologorazvedka, Tyumen, Russia; ³Irkutskgeofizika, Irkutsk, Russia; ⁴Irkutsk Electroprospecting Company (IERP), Irkutsk, Russia; ⁵Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

The rationale of the Abnormally High Reservoir Pressure systems local forecast is predetermined by the turn of drilling operations on gas-saturated sandstones of the Vendian Parfenovo Horizon, which underlie hipsometrically. Concepts of the regularities of formation and localization of highly saturated brines with AHRP within the Kovyktinskoye gas condensate field in the Orlinga thrust system zone of influence are formulated on the basis of analysis of the nappe-overthrust model of the halogen-carbonate hydrogeological Cambrian formation geological structure in the eastern Angara-Lena artesian basin. Structural and hydrogeological representations are laid in the basis of the physical-geological model of the geological and geophysical forecast of fluid systems, accumulations of brines and HCs with anomalous baric characteristics.

Keywords: concentrated brines, water drive systems, carbonate Cambrian reservoirs, nappe-overthrust model.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-49-59

Уже в 1990-х гг. геологи и гидрогеологи пришли к выводу, что важнейшую роль в формировании аномально высокого пластового давления (АВПД) водонапорных горизонтов межсолевых природных резервуаров (ПР) играет соляная тектоника [3–5, 8, 10, 14, 17, 19, 24 и мн. др.]. По генетической классификации причин формирования АВПД флюидных систем применительно к Сибирской платформе эти процессы отнесены авторами к литогенетическим, т. е. «АВПД генерируют процессы, происходящие в породах самого чехла», и к эндогенно-энергетическим, где предполагается генерирование АВПДявления «действием энергии глубоких недр (тепловой или механической)» [26].

Разработано несколько геодинамических (тектонофизических) моделей формирования соляной тектоники в осадочном чехле юга – юго-востока Сибирского кратона [1–6, 8–11, 13, 15, 21, 29 и др.]. Для средней (кембрийской) части разреза осадочного чехла восточного борта Сибирской платформы характерна линейная и брахиформная складчатость, которую на первом этапе изучали на локальных участках [13], а позже объединили в единую модель фронта линейной складчатости Байкало-Патомского надвигового пояса [3, 8, 10, 17, 20, 21, 26–28]. Площадь, на которой проявлены структуры «отраженной» складчатости, огромна – 1200×(300–400) км.

Гигантское Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ) разведано в восточной части Ангаро-Ленской ступени и одноименного артезианского бассейна. В настоящее время это один из наиболее изученных объектов (сейсморазведкой МОГТ 2D, 3D, электроразведкой 3CБ, бурением более 70 скважин) [2, 5, 12, 22]. Уже в 1980-х гг. здесь были установлены явления соляной тектоники в виде дисгармоничной складчатости в ангарских и усольских солях (рис. 1), а также наличие высоконапорной гидродинамической системы «концентрированные рассолы – газ» в межсолевых карбонатных пластахколлекторах этих свит. Современное геологическое строение КГКМ и сопредельных территорий, определенное по результатам комплексных геофизических исследований, позволяет уверенно выделить в разрезе осадочного чехла два структурно-тектонических яруса (рис. 2), сформированных шарьяжно-надвиговой и блоковой тектоникой в зоне влияния краевого шва юга Сибирской платформы [3–5, 15–17, 20, 21, 25, 28 и др.]. Породы докембрия западной части месторождения, «спаянные» с кристаллическим фундаментом, слагают слабо



Рис. 1. Позиция Ковыктинского ГКМ на схеме складчатости осадочного чехла юга Сибирской платформы по [8] (а) с детализацией картины линейной аллохтонной складчатости (б) на структурной карте центрального блока КГКМ по отражающему горизонту Н₃ (кровля нижнеангарской подсвиты нижнего кембрия, бильчирский горизонт) (по [5] с дополнениями)

1, 2 – стратоизогипсы: 1 – по кровле нижнеустькутской подсвиты раннего ордовика, 2 – по подошве верхоленской свиты среднего – позднего кембрия; 3, 4 – границы: 3 – областей линейной и брахиформной складчатости, 4 – зон складок (Ан – Ангарская, И-К – Илимо-Катангская, И-О – Илимо-Орлингская, Кч – Качугская, Кг – Киренгская, Мн – Манзурская, М-И – Марковско-Ичерская, Нп – Непская, Ок – Окинская); 5–7 – контуры: 5 – антиклинальных складок, амплитуда которых превышает 100 м, 6 – пологих брахиантиклиналей, антиклиналей и полуантиклиналей (структурных носов), 7 – моноклиналей; 8, 9 – разрывные нарушения: 8 – преимущественно взбросо-надвигового типа (бергштрихами показано направление падений плоскостей сместителей), 9 – с неустановленным падением поверхностей; 10–12 – районы распространения структур с галитовыми ядрами: 10 – преимущественно ангарскими, 11 – ангарско-усольскими, 12 – усольскими; 13 – район распространения структур с предполагаемыми гипсоангидритовыми ядрами; 14 – контур Ангаро-Ленского месторождения высоконапорных промышленных рассолов по [6]; 15 – центральный блок КГКМ и отражение Верхнеленского поднятия в виргациях складчатости; 16 – валы (I – Жигаловский, II – Большеириньский, III – Орлингский) и Бурунгино-Береинский прогиб (1); 17 – система надвиговых дислокаций в осевой части рамповой Большеириньской аллохтонной антиклинали (вала)

дислоцированный автохтон с моноклинальным залеганием литологических границ основных толщ. На востоке, по данным В. С. Суркова (2002), отложения венда несогласно перекрывают авлакогенные толщи рифея Предбайкальского перикратонного прогиба. Верхний ярус (аллохтон) имеет весьма сложное строение, детальное изучение которого еще предстоит. Соляная тектоника – линейная складчатость, надвиги и послойные срывы – установлены на уровнях от усольской до литвинцевской свиты нижнего кембрия. Эти базовые черты геологического строения осадочного чехла в пределах КГКМ закономерно отражаются в строении природных резервуаров, венда, венд-кембрия, кембрия (см. рис. 2), которые вмещают залежи УВ и промышленных рассолов, выявленные глубоким бурением [2-5, 12, 21 и др.]. Территория центрального блока месторождения (см. рис. 1, а) с юга ограничена Жигаловским валом, с востока рассечена Хандинским и Орлингским валами, в центральной части Большеириньским (северо-западного простирания), а на уровне трех основных соленосных толщ нижнего кембрия сорвана и смята с образованием линейной складчатости аллохтонного типа [6, 20, 21]. Смятие, виргации линейных складок [6, 21, 27, 29] (см. рис. 1) и послойные срывы (см. рис. 2) сформированы под тангенциальным воздействием Байкало-Патомского фронта [3, 10, 20, 21, 25, 26, 28, 29].

В настоящее время на КГКМ активно готовят к вводу в промышленную разработку основную залежь природного газа (парфеновский горизонт чорской свиты венда). Аллохтонное строение осадочного чехла в пределах месторождения предопределяет весьма сложное горно-геологическое бурение разведочных и эксплуатационных скважин в интервале глубин галогенно-карбонатной толщи кембрия [1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12]. В этих условиях выход на локальный прогноз флюидонапорных систем с АВПД – ключевая задача безопасного бурения залегающих ниже (на глубинах около 3400-3500 м) газопродуктивных горизонтов терригенного венда. Поиск геологически и технологически обоснованных алгоритмов локального прогноза флюидонасыщенных зон с АВПД, особенно зон транзитной фильтрации [2, 9] с аномальной проницаемостью, обеспечивающих фонтанные дебиты до 5000-7000 м³/сут, – крайне важная гидрогеологическая задача. Представляется [2, 7, 14], что при формировании априорной физико-геологической модели локального прогноза необходимо опираться на структурно-гидрогеологическую модель межсолевых трещинных пластов-коллекторов, вмещающих высоконапорную пластовую флюидную систему как объект прогноза. Но у данной сложной и комплексной проблемы есть и другая сторона. Наработка прогнозно-поискового комплекса локальных зон и участков на основе комплексирования данных дистанционных методов, бурения и геопромыслового сопровождения - это решение задачи цикла

поисков и разведки промышленных рассолов как химического сырья, самостоятельного полезного ископаемого. Предельно насыщенные рассолы природных резервуаров кембрия юга Сибирской платформы — это уникальная по концентрациям ценных элементов поликомпонентная «жидкая руда» для получения лития, рубидия, цезия, брома, йода, калия, магния [2, 3 и др.].

Геолого-структурные условия галогенно-карбонатной толщи нижнего кембрия весьма осложнены (рис. 3), что ранее было установлено сейсморазведочными работами МОГТ 2D [2, 4, 5], а ныне закартировано по данным МОГТ 3D [12, 22]. На КГКМ по геопромысловым данным глубокого бурения выявлены три крупных (по размерам в плане) «поля» с локализацией флюидонапорных систем (концентрированные рассолы – рапа, рапа с газом). Два из них находятся в центральном блоке месторождения [5, 22], третье – на южной периферии, в пределах Южно-Ковыктинской площади [11].

При обобщении результатов исследований объектов с АВПД было установлено [2, 4, 5, 22], что главное «поле» (область с высокодебитными фонтанными притоками рассолов), которое в центральном блоке месторождения вскрыто семью глубокими скважинами, ограничено Большеириньским валом с запада и Орлингским – с востока, системой разрывных нарушений сдвигового типа с юго-юга запада (см. рис. 1, 3).

Зоны развития вторичных высокопроницаемых флюидонасыщенных коллекторов выявлены по данным бурения скважин и площадных геофизических методов (сейсморазведка 2D, МОГТ, обработка и интерпретация сейсмологических данных по методике [31] комплексной сейсмической декомпозиции – Complex Seismic Decomposition (CSD), 3СБ, гравиразведка) и увязаны с аллохтонным (восточным) крылом Большеириньского вала [2, 5, 7, 11, 27]. Сопоставление геоструктурных построений, выполненных на основе гравиразведочных и сейсморазведочных данных в комплексе с методом ЗСБ, показало, что скважины с фонтанными притоками рассолов и АВПД пробурены в пределах «наложенных» структурных форм, выделяемых по данным МОГТ [2, 4, 5, 24] на восточном надвинутом крыле аллохтонной антиклинали (см. рис. 2) и в пределах сопряженной с ним линейной синклинальной структуры [2, 5, 11].

Во второй области развития АВПД в межсолевых карбонатных коллекторах нижнего кембрия не зафиксировано фонтанных рапопроявлений. Но в скважинах достаточно широко выражено смятие обсадных колонн в этом интервале геологического разреза чехла. В отличие от традиционных представлений о смятии под воздействием подвижных (текучих) солей, на КГКМ и сопредельных площадях глубокого бурения доказано смятие обсадных колонн под воздействием АВПД рассолонапорных систем [2, 7, 9]. Значения аномального пластового



Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири – 2018, № 4 – Geology and mineral resources of Siberia

Рис. 2. Выделение двух структурных ярусов, разделенных поверхностью детачмента: а – по А. В. Сметанину [28], геологическое по М. А. Дубровину [8]; б – геоэлектрический разрез складчатых форм соленосной формации (по О. В. Токаревой, 2012); в – основные уровни срыва аллохтона (детачмент) в галогенно-карбонатной толще природного мегарезервуара кембрия (по А. В. Сметанину [28] с дополнением по [2, 21])

1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы; 2 – полимиктовые песчаники; 3 – песчаники, доломиты, известняки, ангидриты; 4 – каменная соль, доломиты, известняки; 5 – доломиты, известняки; 6 – красноцветные алевролиты, мергели, аргиллиты и песчаники; 7 – карбонатные брекчии в зонах гипергенеза; 8 – разломы: а – в фундаменте, 6 – предполагаемые в осадочном чехле; зоны: 9 – АВПД, 10 – АНПД; 11 – карбонатные горизонты; 12 – соли; 13 – фундамент; 14 – уровни срыва аллохтона в сопоставлении с геологическим разрезом природного мегарезервуара кембрия, геоэлектрическим разрезом, интервалами фонтанных притоков рапы и градиентами пластового давления флюидных систем в межсолевых пластах-коллекторах [2, 9, 21]

давления здесь минимальны и соответствуют горизонтальной составляющей горного давления [19].

Новый этап изучения флюидонапорных систем с АВПД на КГКМ прямо связан [12, 22] с программой ГРР ПАО «ГАЗПРОМ», которая реализуется с 2011 г. Бурением еще одной скважины подтверждено распространение на восток контура Орлингской флюидонапорной системы с АВПД в межсолевых коллекторах галогенно-карбонатной гидрогеологической формации кембрия. По результатам интерпретации сейсмического куба 3D МОГТ модель геологического строения межсолевых карбонатных пластов-коллекторов существенно уточнена. Подчеркнем, что эти данные дополняют изложенные в работе [20] представления о шарьяжно-надвиговом строении Предпатомского регионального прогиба (ПРП). Серьезным вкладом в изучение Нюйско-Джербинской впадины стали геодинамические реконструкции [3, 5, 6, 18–21, 29] и реализованная научной школой А. В. Мигурского методика сбалансированных раз-



Рис. 3. Большеириньская антиклиналь (вал) как западное фронтальное ограничение Орлингской надвиговой системы (аллохтона): а – в изометрии по данным интерпретации сейсмического куба с 3D MOIT; б – фрагмент складки в разрезе по данным сейсморазведки; в – в объемной модели надвиговой пластины, с учетом трехмерной (3D) инверсии данных 3CБ [12, 27]; детализация участков структурно-тектонического осложнения в галогенно-карбонатной толще: г – дизьюнктивные, д – пликативные с мелкой дисгармоничной складчатостью



Рис. 4. Модельное представление Орлингской надвиговой системы (аллохтона): а – фрагмент надвиговой пластины в плане, б – на временном разрезе сейсморазведкой МОГТ 2D, в – южное ограничение по сейсморазведке 3D – левосторонний сдвиг [12], в области влияния которой сформирована Орлингская флюидонапорная система с АВПД в межсолевых коллекторах галогенно-карбонатной гидрогеологической формации кембрия

1 – система надвиговых дислокаций в осевой части рамповой Большеириньской аллохтонной антиклинали (вала); 2 – флюидонасыщенный коллектор по данным ЗСБ; 3 – субвертикальные разломные зоны; 4 – направление смещения надвиговой пластины (аллохтона); 5 – отражающие горизонты чехла; 6 – зоны межпластовых срывов; 7 – интервал фонтанного проявления флюида; 8 – детачмент

резов [15, 16 и др.]. Развитие надвигов и сопряженных нарушений в Березовской впадине рассмотрено в работах [21, 24].

Анализ данных сейсмического куба 3D МОГТ по КГКМ впервые позволил исследовать соляную тектонику в толще нижнего кембрия с высокой степенью детальности [12]. В поле Орлингской структуры (см. рис. 3, 4, б, в) по кровлям солевых пластов в ангарской и усольской свитах выявлена малоамплитудная дисгармоничная складчатость (рис. 5). Интенсивность ее развития в рассматриваемом блоке существенно выше, чем за его пределами. Эта поверхность представлена как сложная область влияния детачмента, в объеме которой карбонатные пропластки ангарской и усольской свит смяты и раздроблены в процессе движения и поэтапного формирования внутреннего строения аллохтонной пластины.

Роль фронтального ограничения аллохтонной пластины (или Орлингской надвиговой системы [2, 5]) играет Большеириньский вал. Это западная фронтальная геоструктурная и одновременно гидродинамическая граница Ковыктинской (Орлингской) флюидонапорной (природный газ, рассолы) системы природного мегарезервуара кембрия (см. рис. 1, 3). Детальный анализ секущих сейсмогеологических разрезов приводит нас к модели активной подвижной средней части соленосной толщи кембрия, в которой последовательно сформирована (см. рис. 3, 4) сложная надвиговая система – «дуплекс» с тыловым падением чешуй [6]. Верхние части литвинцевской, верхоленской свит и толщи ордовика играют роль неоавтохтона (см. рис. 3, 4, б). Трехмерная модель рассматриваемого объекта, учитывающая сокращение подвижного интервала разреза галогенно-карбонатной толщи, показана на рис. 4, а, б. Развитие

№ 4(36) ♦ 2018



Рис. 5. Зональный прогноз распределения водонапорной системы (предельно насыщенные рассолы) с АВПД в трещинных коллекторах бильчирского горизонта в детачменте Орлингской надвиговой пластины (Е. В. Демидова, НПК «ГЕОСЕРВИС», 2003): Орлингская флюидонапорная система с карбонатной гидрогеологической формацией кембрия по данным структурных построений на основе сейсморазведки 3D в сопоставлении с интерпретацией 2D по методике CSD данных бурения и геопромысловых исследований (центральный блок КГКМ, по [2, 5] с дополнением нашими данными): а – контуры надвиговой пластины, ограниченной Большеириньским валом; б – поле АВПД флюидной системы в бильчирском горизонте по CSD; в – дисгармоничная складчатость по данным 3D MOIT; г – сейсмогеологический разрез по линии А–Б; д – сейсмический разрез

отдельного надвига в процессе миграции складчатости [3, 6] предполагает формирование поверхности срыва, смещение по ней пластины и «затухание» при релаксации блоковых напряжений. Причем новый надвиг развивался по новой плоскости срыва по отношению к предыдущей [6]. Срыв и перемещение надвиговых пластин дуплекса сопровождалось формированием парагенезисов разрывов. На итоговой карте (см. рис. 4, в) хорошо проявлена зона левостороннего сдвига в левом дизъюнктивном ограничении пластины, сопоставляемая с трассировкой Илимского разлома [25]. Сопоставление современных структурных построений с материалами прошлых лет позволяет подтвердить, что Орлингская надвиговая структура – южная часть («крыло») крупной Марковско-Ичерской зоны срывов [26, 28] и области «веерного расхождения крупных линейных аллохтонных складок» [2, 5] в направлении на северо-запад – север из южного узла этой структуры.

Известно, что процессы шарьирования и надвигообразования сопровождаются активным участием флюидных систем в этих геотектонических № 4(36) ♦ 2018

преобразованиях [1–3, 5, 14, 18, 19, 21, 31, 32]. Гидрогеологические механизмы «участия» рассолов трактуются по-разному: от роли смазки в основании пластины надвига до роли жидкости гидроразрыва, обеспечивающей аномальным давлением развитие зоны разуплотнения в жестких (доломиты) и по контакту жестких и мягких (соли) пород. Флюидная система с АВПД (рассолы, газ) закономерно локализована в зонах разуплотнения межсолевого трещинного карбонатного коллектора [4, 5, 7, 9, 21, 22, 25], вскрываемых каждой глубокой скважиной (см. рис. 4, 5), что было спрогнозировано по методике 2D CSD, по данным электроразведки 3СБ и подтверждено бурением скважин.

Выводы

Актуальность локального прогноза распределения в разрезе кембрия флюидных АВПД-систем предопределена развертыванием буровых работ ПАО «Газпром» на газонасыщенных песчаниках парфеновского горизонта чорской свиты венда, залегающих гипсометрически ниже. Субгоризонтальные и наклонные трещинные природные резервуары в межсолевых карбонатных пластах-коллекторах нижнего кембрия, вмещающие флюидонапорные системы с АВПД, близким по значениям к горному, сформированы в поле тангенциальных напряжений Байкало-Патомского надвигового пояса [2, 3, 19-21, 26, 28 и др.]. Сформулирована гипотеза участия концентрированных рассолов в качестве жидкости гидроразрыва [2, 19, 18, 32] как составной части гидравлического, геодинамического механизма, эволюции галогенно-карбонатной толщи кембрия в процессе шарьирования осадочного чехла. Залежи концентрированных рассолов с АВПД, вскрытые наиболее высокодебитными скважинами в центральном блоке КГКМ, локализованы в контуре крупной Орлингской надвиговой пластины, в аллохтоне. Надвиговая система имеет сложное дуплексное внутреннее строение трещинного мегарезервуара кембрия. К настоящему времени по данным сейсморазведки МОГТ 2D, 3D и электроразведки методом ЗСБ с интерпретацией данных на основе комбинированного подхода 1D и 3D существенно уточнены ее внутреннее геологическое строение и гидрогеологическая структура [2-5, 7, 12, 21-23].

Гидрогеологическое строение сложного природного мегарезервуара нижнего кембрия характеризуется напряженностью массива осадочных горных пород и гидродинамического барического поля флюидных систем – промышленных рассолов и природного газа. Здесь в межсолевых трещинных коллекторах галогенно-карбонатной гидрогеологической формации кембрия сформирована Орлингская флюидонапорная система с АВПД. Предложенная модель Орлингской надвиговой пластины, по сути, определяет комплекс факторов, осложняющих горно-геологические условия бурения и крепления глубоких скважин на КГКМ. Детализация внутреннего строения рассмотренной надвиговой системы, фронтально ограниченной с запада Большеириньской аллохтонной антиклиналью, тектонофизическое моделирование геодинамического поля напряжений в целевых горизонтах осадочной толщи кембрия – следующие шаги к локальному прогнозу флюидных АВПД-систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белонин М. Д., Славин В. И., Чилингар Д. В. Аномально высокие пластовые давления. Происхождение, прогноз, проблемы освоения залежей углеводородов / под ред. д. г.-м. н. Н. С. Окновой. – СПб.: Недра, 2005. – 324 с.

2. Вахромеев А. Г. Закономерности формирования и локализации месторождений промышленных рассолов в карбонатных каверново-трещинных резервуарах кембрия юга Сибирской платформы. – Иркутск: ИРНИТУ, 2015. – 248 с.

3. Вахромеев А. Г., Сизых В. А. Роль шарьяжнонадвиговой тектоники в формировании аномально-высоких пластовых давлений и промышленных металлоносных рассолов Сибирской платформы // Докл. РАН. – 2006. – № 2. – С. 1–5.

4. Вахромеев А. Г., Хохлов Г. А. Перспективы прогноза зон рапопроявлений в Верхоленском (Жигаловском) газоносном районе Иркутской области // Особенности технологии проводки и заканчивания скважин в Восточной Сибири и Якутии. – Новосибирск; Иркутск: СНИИГГиМС, ВостСибНИИГ-ГиМС, 1988. – С. 140–142.

5. Вахромеев А. Г., Мышевский Н. В., Хохлов Г. А. Аномально-высокие пластовые давления как фактор, осложняющий освоение углеводородных месторождений Восточной Сибири // Матер. Всерос. совещ. «Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты». Вып. 5. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2006. – С. 98–119.

6. **Гайдук В. В., Прокопьев А. В.** Методы изучения складчато-надвиговых поясов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 160 с.

7. Горно-геологические условия бурения рапопроявляющих зон с аномально высоким пластовым давлением в природных резервуарах кембрия на Ковыктинском газоконденсатном месторождении / А. Г. Вахромеев, С. А. Сверкунов, А. И. Ильин и др. // Изв. Сибирского отд-ния секции наук о Земле РАЕН. – 2016. – № 2 (55). – С. 74–87.

8. **Дубровин М. А.** Соляная тектоника Верхнеленской впадины Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1979. – 96 с.

9. Заливин В. Г., Вахромеев А. Г. Аварийные ситуации в бурении на нефть и газ: учеб. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 508 с.

10. Замараев С. М. Краевые структуры южной части Сибирской платформы. – М.: Наука, 1967. – 247 с.

11. Ильин А. И., Baxpomeeb A. Г. Forecast Conditions for the Drilling of Deep Wells by Transient Electromagnetic Soundings on Kovykta Field // 6th Saint Petersburg International Conference Exhibition-Geoscience: Making the most of the Earth's resources. Saint Petersburg, Russia, 7–11 April 2014. – Точка доступа: http://www.earthdoc.org/publication/publicationdeta ils/?publication=74305.

12. Интеграция геолого-геофизических данных — путь к созданию достоверной модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. С. Смирнов, И. В. Горлов, Н. Н. Яицкий и др. // Геология нефти и газа. — 2016. — № 2. — С. 56—66.

13. Кононов А. И. Генетические типы локальных структур Иркутского амфитеатра // Геологическое строение и нефтегазоносность Иркутского амфитеатра. – М.: Гостоптехиздат, 1960.

14. **Кучерук Е. В., Люстих Т. Е.** Прогнозирование и оценка аномальных пластовых давлений по материалам геофизических исследований // ВИ-НИТИ. Итоги науки и техники. Сер. «Геологические и геохимические методы поисков полезных ископаемых. Методы разведки и оценка месторождений. Разведочная и промысловая геофизика». – 1986. – Т. 7. – С. 70–115.

15. **Ларионова Т. И.** Палинспастические реконструкции складчато-надвиговых дислокаций Нюйско-Джербинской впадины – перспективных объектов нефтегазопоисковых работ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 12. – С. 23–25.

16. **Ларионова Т. И.** Признаки перспективности участков скопления углеводородов в аллохтоне складчато-надвиговых территорий // Геология, тектоника, металлогения Северо-Азиатского кратона: матер. Всерос. науч. конф. Т. 1. – Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. – С. 59–62.

17. **Тектоника** центральной части Непского свода / А. В. Малых, С. М. Замараев, Г. В. Рязанов, Н. К. Гелетий. – Новосибирск: Наука, 1987. – 81 с.

18. **Мигурский А. В.** Масштабные латеральные перемещения пород и флюидов на Сибирской платформе // Геология и минеральные ресурсы Сибири. – 2010. – № 1. – С. 53–57.

19. **Мигурский А. В., Старосельцев В. С.** Зоны разломов – естественные насосы природных флю-идов // Отечественная геология. – 2000. – № 1. – С. 56–59.

20. Мигурский А. В., Старосельцев В. С. Нефтегазогеологическое районирование авто- и аллохтона на юге Сибирской платформы // Современные проблемы шарьяжно-надвиговой тектоники. – Уфа, 1997. – С. 67–69.

21. **Модели** строения и количественная оценка перспектив нефтегазоносности реигиональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) / под ред. Г. Г. Шемина. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2017. – 560 с. 22. Новые газоперспективные объекты в кембрийских отложениях Ковыктинского ГКМ / И. В. Горлов, А. С. Смирнов, С. Ф. Игнатьев и др. // GeoBaikal 2016. – Иркутск, 2016. – Точка доступа: http://www. earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publicati on=86386.

23. Опыт 3D моделирования сигналов становления электромагнитного поля в условиях осадочного чехла юга Сибирской платформы / И. К. Семинский, И. В. Буддо, Л. В. Суров, Ю. А. Агафонов // Вестн. ИрГТУ. – 2012. – Вып. 65. – С. 49–53.

24. Петров М. М., Александров А. Р., Сивцев А. И. Надвиговые дислокации в Березовской впадине // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 4. – С. 502–513. – Точка доступа: http://ogbus.ru/files/ ogbus/authors/PetrovMM/PetrovMM_2.pdf.

25. **Прогноз** рапопроявлений в Бухаро-Хивинской области / И. В. Кушниров, В. Н. Пашковский, Э. Ю. Бегметов и др. // Геология нефтяных и газовых месторождений Западного и Южного Узбекистана. Вып. 6. – Ташкент, 1972. – С. 118–132.

26. Сизых В. И., Лобанов М. П., Синцов А. В. Проблемные вопросы нефтегазоносности Сибирской платформы в связи с покровным строением // Вестн. ГеоИГУ. Геология и минерагения юга Сибири. – 2005. – Вып. 4. – С. 62–66.

27. Славин В. И., Брук Л. М. Основные гипотезы происхождения АВПД и их классификация // Изучение геологического разреза и прогнозирование АВПД. – Л.: ВНИГРИ, 1987. – 145 с.

28. Сметанин А. В. Опыт динамической интерпретации гравитационных аномалий. – Иркутск, 2000. – 85 с.

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

30. Харахинов В. В., Шленкин С. И. Трещинные резервуары нефти и газа. – М.: Научный мир, 2015. – 284 с.

31. **Complex** Seismic Decomposition – Theoretical Aspect / G. M. Mitrofanov, H. B. Helle, V. P. Kovaliev, A. G. Madatov // Complex seismic decomposition – theoretical aspects. In 55-th EAEG Meeting. – 1993. – Available at: http://www.earthdoc.org/publication/pu blicationdetails/?publication=11948.

32. **Hubbert M. K., Rubey W. W.** Role of Fluid Pressure in Mechanics of Overthrust Faulting: I. Mechanics of Fluid-Filled Porous Solids and its Application to Overthrust faulting // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1959. – Vol. 70, no. 2. – P. 115–166.

REFERENCES

1. Belonin M.D., Slavin V.I., Chilingar D.V.; ed. N.S.Oknova. *Anomal'no vysokie plastovye davleniya*. *Proiskhozhdenie, prognoz, problem osvoeniya zalezhey uglevodorodov* [Abnormally high reservoir pressures. Origin, forecast, problems of hydrocarbon accumulations development]. St. Petersburg, Nedra Publ., 2005. 324 p. (In Russ.). 2. Vakhromeev A.G. Zakonomernosti formirovaniya i lokalizatsii mestorozhdeniy promyshlennykh rassolov v karbonatnykh kavernovo-treshchinnykh rezervuarakh kembriya yuga Sibirskoy platformy [Regularities of industrial brine deposits formation and localization in Cambrian carbonate cavernous fractured reservoirs of the southern Siberian Platform]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2015. 248 p. (In Russ.).

3. Vakhromeev A.G., Sizykh V.A. [Role of nappeoverthrust tectonics in the formation of abnormally high reservoir pressures and industrial metal-bearing brines of the Siberian Platform]. *Doklady RAN – RAS Proceedings*, 2006, no. 2, pp. 1–5. (In Russ.).

4. Vakhromeev A.G., Khokhlov G.A. [Forecast prospects of brine manifestation zones in the Upper Lena (Zhigalovo) gas-bearing area of the Irkutsk region]. Osobennosti tekhnologii provodki i zakachivaniya skvazhin v Vostochnoi Sibiri i Yakutii [Features of well drilling and injection technology in Eastern Siberia and Yakutia]. Novosibirsk, Irkutsk, SNIIGGiMS, VostSibNIIGGiMS Publ., 1988, pp. 140–142. (In Russ.).

5. Vakhromeev A.G., Myshevskiy N.V., Khokhlov G.A. [Abnormally high reservoir pressures as a factor complicating the development of hydrocarbon fields in Eastern Siberia]. *Mater. Vseros. soveschaniya "Sovremennaya geodinamika i opasnye prirodnye protsessy v Tsentral'noi Azii: fundamental'nyi i prikladnoi aspekty* [Proc. of All-Russian Meeting "Modern geodynamics and hazardous natural processes in the Central Asia: fundamental and applied aspects"]. Irkutsk, IZK SB RAS Publ., 2006, vol. 5, pp 98–119. (In Russ.).

6. Gayduk V.V., Prokopyev A.V. *Metody izucheniya skladchato-nadvigovykh poyasov* [Methods of studying the fold-thrust belts]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1999. 160 p. (In Russ.).

7. Vakhromeev A.G., Sverkunov S.A., Ilyin A.I., Pospeev A.V., Gorlov I.V. [Mining and geological conditions of drilling of brine manifestation zones with abnormally high reservoir pressure in natural Cambrian reservoirs within the Kovyktinskoye gas condensate field]. *Izvesti-ya Sibirskogo otdeleniya Sektsii nauk o Zemle RAEN – Proceedings of the Siberian Branch of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences*, 2016, no. 2 (55), pp. 74–87. (In Russ.).

8. Dubrovin M.A. Solyanaya tektonika Verkhne-Lenskoy vpadiny Sibirskoy Platformy [Salinedome tectonics of the Upper Lena depression of the Siberian Platform]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979. 95 p. (In Russ.).

9. Zalivin V.G., Vakhromeev A.G. Avariynye situatsii v burenii na neft' i gaz [Contingency situations in drilling for oil and gas]. Moscow, Infra-Ingeneriya Publishing House, 2018. 508 p. (In Russ.).

10. Zamaraev S.M. *Kraevye struktury yuzhnoy chaste Sibirskoy Platformy* [Margin structures of the southern Siberian Platform]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 247 p. (In Russ.).

11. Ilyin A.I., Vakhromeev A.G. Forecast Conditions for the Drilling of Deep Wells by Transient Electromag-

netic Soundings on Kovykta Field. 6th Saint Petersburg International Conference Exhibition-Geoscience: Making the most of the Earth's resources. Saint Petersburg, Russia, 7–11 April 2014. Available at: http://www. earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publicat ion=74305.

12. Smirnov A.S., Gorlov I.V., Yaitsky N.N., et al. Integration of geological-geophysical data is a way to design an accurate model of the Kovykta gas condensate field. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 2016, no. 2, p. 56–66. (In Russ.).

13. Kononov A.I. [Genetic types of local structures of the Irkutsk amphitheatre] *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' Irkutskogo amfiteatra* [Geological structure and petroleum potential]. Moscow, Gostop-tekhizdat Publ., 1960. (In Russ.).

14. Kucheruk E.V., Lyustikh T.E. [Prediction and estimation of abnormal formation pressures based on the data of geophysical studies]. VINITI. Itogi nauki i tekhniki. Seriya "Geologicheskie i geokhimicheskie metody poiskov poleznykh iskopaemykh. Metody razvedki i otsenka mestorozhdeniy.Razvedochnaya i promyslovaya geofizika" [ARISTI RAS. Results of science and technology. Series "Geological and geochemical methods of mineral exploration. Methods of exploration and evaluation of deposits. Exploratory and oilfield geophysics"]. Moscow, 1986, vol. 7, pp. 70–115. (In Russ.).

15. Larionova T.I. [Palinspatic reconstructions of folded-thrust dislocations of the Nyuya-Dzherba depression as promising objects of petroleum exploration]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology, geophysics and oil and gas fields development], 2011, no. 12, pp. 23–25. (In Russ.).

16. Larionova T.I. [Features of prospectivity of hydrocarbon clusters in allochton of folded-thrust territories]. *Materialy Vserossiyskoy naychn.konf. "Geologiya, tektonika, metallogeniya Severo-Aziatskogo kratona* [Proc. of All-Russian Scientific Conference "Geology, tectonics, metallogeny of the North-Asian craton". Vol. 1]. Yakutsk, SVFU Publ., 2011, pp. 59–62. (In Russ.).

17. Malykh A.V., Zamaraev S.M., Ryazanov G.V., Gelety N.K. *Tektonika tsentral'noy chasti Nepskogo svoda* [Tektonics of the central Nepa arch]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1987. 81 p. (In Russ.).

18. Migursky A.V. [Large-scale lateral rock and fluid displacements within the Siberian Platform]. *Geologiya i mineral'nye resursy Sibiri* – *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2010, no. 1, pp. 53–57. (In Russ.).

19. Migursky A.V., Staroseltsev V.S. Fault zones as natural pumps of natural fluids. *Otechestvennaya geologiya*, 2000, no. 1, pp. 56–59. (In Russ.).

20. Migurskiy A.V., Staroseltsev V.S. [Geological petroleum zoning of auto-and allochthon in the south of the Siberian Platform]. *Sovremennye problemy shar'yazhno-nadvigovoy tektoniki* [Current issues of nappe-overthrust tectonics]. Ufa, 1997, pp. 67–69. (In Russ.).

№ 4(36) ♦ 2018 —

21. Shemin G. G., ed. *Modeli stroeniya i kolich*estvennaya otsenka perspektiv neftegazonosnosti regional'nykh rezervuarov nefti i gaza Predpatomskogo regional'nogo progiba (Sibirskaya platforma) [Structure models and quantitative evaluation of petroleum potential of regional oil and gas reservoirs of the Predpatom regional trough (Siberian Platform)]. Novosibirsk, GEO Publ., 2017. 560 p. (In Russ.).

22. Gorlov I.V., Smirnov A.S., Ignatyev S.F., et al. [New gas-promising reservoirs in Cambrian deposits of the Kovykta gas condensate field]. *Mater. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "GeoBaykal 2016"* [Proc. of the International Scientific-Research Conference "GeoBaikal 2016"], Irkutsk, 2016. Available at: http://www. earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publicat ion=86386. (In Russ.).

23. Seminsky I.K., Buddo I.V., Surov L.V., Agafonov Yu.A. [Experience of 3D modelling of the formation of an electromagnetic field in a sedimentary cover of the south of the Siberian Platform]. *Vestnik IrGTU*, 2012, issue 65, pp. 49–53. (In Russ.).

24. Petrov M.M., Alexandrov A.R., Sivtsev A.I. [Thrust dislocations in the Berezovka depression.] *Neft-egazovoe delo*, 2012, no. 4, pp. 502–513. Available at: http://www.ogbus.ru/files/ogbus/authors/PetrovMM/ PetrovMM_2.pdf. (In Russ.).

25. Kushnirov I.V., Pashkovsky V.N., Begmetov E.Yu., et al. [Prediction of brine manifistations in the Bukhara-Khiva region]. *Geologiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Proc. Geology of oil and gas fields of the Western and Southern Uzbekistan]. Tashkent, 1972, vol. 6., pp. 118–132. (In Russ.).

26. Sizykh V.I., Lobanov M.P., Sintsov A.V. [Problematic issues of petroleum potential of the Siberian Platform in connection with cover structure]. *Geologiya i minerageniya yuga Sibiri. Vestnik GeoIGU* [Geology and minerageny of the South of Siberia. Bulletin GeoISU]. Irkutsk, University Publ., 2005, vol. 4, pp.62– 66. (In Russ.).

27. Slavin V.I., Bruk L.M. [Principal hypotheses of AHRP origin and their classification]. *Izuchenie geologicheskogo razreza i prognozirovanie* AVPD [Study of geological section and AHRP prediction]. Leningrad, VNIGRI Publ., 1987. 145 p. (In Russ.).

28. Smetanin A.V. *Opyt dinamicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh anomaliy* [Experience of gravity anomaly dynamic interpretation]. Irkutsk, 2000. 85 p.

29. Staroseltsev V.S. Aktual'nye problemy tektoniki neftegazoperspektivnykh regionov [Topical issues of tectonics of promising petroleum regions]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2008. 212 p. (In Russ.).

30. Kharakhinov V.V., Shlenkin S.I. *Treshchinnye rezervuary nefti i gaza* [Fracture reservoirs of oil and gas]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2015. 284 p. (In Russ.).

31. Mitrofanov G.M., Helle H.B., Kovaliev V.P., Madatov A.G. Complex Seismic Decomposition – Theoretical Aspect. In 55-th EAEG Meeting, 1993. Available at: http://www.earthdoc.org/publication/publicationdeta ils/?publication=11948.

32. Hubbert M.K., Rubey W.W. Role of Fluid Pressure in Mechanics of Overthrust Faulting: I. Mechanics of Fluid-Filled Porous Solids and its Application to Overthrust faulting. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1959, vol. 70, no. 2, pp. 115–166.

© А. Г. Вахромеев, И. В. Горлов, Н. В. Мисюркеева, С. А. Сверкунов, Ю. К. Ланкин, А. С. Смирнов, 2018 УДК 553.981.041/.982.041(571.53)

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЕРЕМИНСКО-ЧОНСКОГО ГИГАНТСКОГО СКОПЛЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

Г. Г. Шемин^{1,2}, М. Ю. Смирнов³, А. Г. Вахромеев⁴, С. А. Моисеев¹, А. В. Мигурский⁵

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия; ³ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», Красноярск, Россия; ⁴Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; ⁵Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Приведены результаты исследований по выяснению тектонических, литолого-фациальных особенностей образования Ереминско-Чонского скопления нефти и газа. Охарактеризованы современные структурные планы и история их формирования. Рассмотрены состав, строение, условия образования, постседиментационные преобразования и фильтрационно-емкостные свойства осинского (пласт Б₁), усть-кутского (пласты Б₃₋₄, Б₅), преображенского, ербогаченского (пласты Б₁₂, Б₁₃) горизонтов. Оценены качества перекрывающих их флюидоупоров. Изложены методика и результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов.

Ключевые слова: пласт, особенности образования, вторичные процессы, коллектор, флюидоупор, нефть, газ, количественная оценка.

FEATURES OF FORMATION AND QUANTATIVE EVALUATION OF PETROLEUM POTENTIAL OF THE EREMIN-CHONA GIANT OIL-AND-GAS ACCUMULATION

G. G. Shemin^{1,2}, M. Yu. Smirnov³, A. G. Vakhromeev⁴, S. A. Moiseev¹, A. V. Migurskiy⁵

¹A.A.Trofimuk Istitute Institut of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²National Research Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia; ³RN-KrasnoyarskNIPIneft, Krasnoyarsk, Russia; ⁴Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia; ⁵Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The results of investigations for elucidation of tectonic, lithological and facial features of the Eremin-Chona oil-and-gas accumulation formation are reported. Modern structural plans and the history of their formation are characterized. The composition, structure, formation conditions, post-sedimentation transformations and reservoir properties of the Osa (B_1), Ust'-Kut (B_{3-4} , B_5), Preobrazhenka, Erbogachen (beds B_{12} , B_{13}) horizons are considered. The properties of seals, superposing them, are evaluated. The method and results of the payout beds petroleum potential quantitative evaluation are outlined.

Keywords: bed, features of formation, secondary processes, reservoir, seal, oil, gas, quantitave evaluation.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-60-78

Ереминско-Чонское скопление нефти и газа (ЕЧС) расположено в Катангском районе Иркутской области и на сопредельной территории Республики Саха (Якутия). В тектоническом отношении оно приурочено к центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА), согласно нефтегазогеологическому районированию находится в центре одноименной нефтегазоносной области. Площадь его составляет 26,5 тыс. км².

В настоящее время вся территория ЕЧС лицензирована. В его пределах выделено 17 лицензионных участков, принадлежащих восьми недропользователям, основные – ОАО «НК «Роснефть», ООО «Газпромнефть-Ангара» и ОАО «Сургутнефтегаз».

В контурах ЕЧС проведены значительные объемы геолого-разведочных работ. Вся его территория покрыта гравиметрической съемкой, большая ее часть – электроразведочными работами ЗСБ. Сейсморазведкой МОВ, вначале в варианте однократного, а начиная с конца 1970-х гг. многократного МОГТ-профилирования, с разной плотностью профилей исследована вся площадь скопления. Последние годы в пределах Верхнечонского месторождения и некоторых соседних с ним площадей проводится в значительных объемах трехмерная сейсморазведка МОГТ-3D. Глубокое бурение началось в 1970-е гг., и к настоящему времени пробурено около 200 глубоких скважин на 17 площадях суммарной проходкой 321 тыс. м. Изученность глубоким бурением объекта в целом составляет 12,1 м/км², или 7,2 скважин на тыс. км²; сейсморазведочными работами лучше всего изучена восточная его половина.

В результате ГРР на территории ЕЧС открыто 11 месторождений нефти и газа, содержащих 33 залежи (11 крупных по запасам УВ, 18 – средних, 4 – мелких). Извлекаемые запасы УВ на 01.01.2016 по категориям A+B+C₁+C₂ составляют 1285,6 млн т УУВ, из них 851,7 млн т нефти, 428,1 млрд м³ газа и 5,8 млн т конденсата.

В основном ГРР были направлены на поиски и разведку залежей нефти и газа в вендском терригенном комплексе. Вышезалегающие вендсконижнекембрийские карбонатные отложения, характеризующиеся более высокими перспективами нефтегазоносности, но более сложным строением, обычно исследовались попутно. При бурении и испытании скважин использовались традиционные методы. Бурение горизонтальных стволов скважин и их испытание с применением гидроразрыва началось лишь в последнее время при эксплуатации Верхнечонского месторождения.

Впервые ЕЧС было выделено и охарактеризовано в рамках преображенского горизонта в качестве Тетейско-Чонской зоны нефтегазонакопления [10]. Далее на протяжении 20 лет продолжалось уточнение строения и выяснение условий формирования этого объекта. Результаты исследований изложены в публикациях Г. Г. Шемина [12–19].

В последние годы компаниями ОАО «НК «Роснефть» и ООО «Газпромнефть-Ангара» выполнены значительные объемы сейсморазведочных и буровых работ на своих лицензионных участках. В результате существенно приращены запасы углеводородного сырья, причем не только в преображенском горизонте, но и в вышезалегающих усть-кутском и осинском. Иными словами, и в этих карбонатных горизонтах также выявлена промышленная нефтегазоносность.

В предлагаемой статье впервые приведены результаты исследований по выяснению тектонических и литолого-фациальных особенностей образования ЕЧС и количественная оценка перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов (Б₁, Б₃₋₄, Б₅, Б₁₂₋₁₃, В₁₀, В₁₃) вендско-нижнекембрийского подсолевого комплекса, стратиграфическое положение которых приведено на рис. 1.

Тектонические особенности образования ЕЧС

Они достаточно полно рассмотрены в работах А. В. Мигурского [5, 6] и Г. Г. Шемина [12, 17]. Как уже отмечалось, ЕЧС расположено в центральной приподнятой части НБА и включает северо-западную часть Непского свода, осложненную Верхнечонским структурным мысом (с.м.). По кровле всех отмеченных продуктивных пластов скопление выражено однообразно: в виде полукруглой моноклинали с наклоном пород к северу, северо-западу и юго-западу от наиболее приподнятого Верхнечонского с. м. (рис. 2).

Дизъюнктивная тектоника на изучаемой территории проявилась достаточно интенсивно. Она отчетливо выражена семью микрограбенами и четырьмя основными разломами, которые четко проявляются на структурных основах всех продуктивных пластов (см. рис. 2).

Трапповый магматизм в ЕЧС имеет существенно меньшие масштабы, чем в северо-западной части Сибирской платформы. Его магматические образования здесь составляют около 3 % от объема осадочного чехла и представлены преимущественно пластовыми интрузивными телами (силлами), залегающими в верхней части осадочного чехла, в галогенно-карбонатном кембрийском комплексе. История формирования современных структурных планов НБА, в центральной приподнятой части которой расположено ЕЧС, рассмотрена в работах одного из авторов данной статьи [12, 18]. Планы реконструировались на базе результатов детальной корреляции вендско-нижнекембрийских отложений с учетом факторов, ограничивающих применение метода мощностей [12].

Структурные планы НБА и ЕЧС в вендско-раннепалеозойский период отличались от современных. Северо-западный склон антеклизы в указанное время был наиболее приподнятым участком и составлял юго-восточную сводовую часть крупнейшей положительной структуры — Катангской палеоантеклизы [9]. Это была почти вся территория ЕЧС. Лишь наиболее приподнятая юго-восточная часть скопления располагалась в присводовой части НБА (рис. 3).

Структурный план рассматриваемой территории в среднем палеозое в целом продолжил унаследованное развитие.

Позднепалеозойско-мезозойский период на Сибирской платформе характеризуется высокой тектонической активностью. В это время закладывается и развивается Тунгусская синеклиза [1]. Ее южная часть наложилась на Катангскую палеоантеклизу, в результате активно формируется северо-западный склон НБА, т. е. начали формироваться современные структурные планы ЕЧС.

В послетриасовое время завершилось образование современного структурного плана НБА и, соответственно, ЕЧС.

Следовательно, тектонические особенности формирования ЕЧС заключаются в том, что его территория в отличие от большинства других районов с позднего докембрия и фанерозоя и до настоящего времени располагалась в наиболее приподнятой части Непско-Ботуобинской антеклизы, куда в течение всего этого периода практически непрерывно могли поступать углеводороды из смежных зон нефтегазообразования. Интенсивно проявленная разрывная тектоника способствовала перетоку углеводородов из наиболее погруженных терригенных продуктивных пластов в вышезалегающие карбонатные. Трапповый магматизм в ЕЧС выражен лишь в верхней части осадочного чехла и негативно не повлиял на перспективы его нефтегазоносности.

Литолого-фациальные особенности образования ЕЧС

Как уже отмечалось, в вендско-нижнекембрийских нефтегазоносных отложениях ЕЧС выделяется семь продуктивных пластов: Б₁, Б₃₋₄, Б₅, Б₁₂₋₁₃, В₁₀ и В₁₃. Далее приведены результаты исследований их литологического состава, строения, условий образования, постседиментационных преобразований, оценки качества коллекторов и перекрывающих флюидоупоров.



Рис. 1. Стратиграфическое положение продуктивных пластов в вендско-нижнекембрийских отложениях ЕЧС

1–13 – породы: 1 – фундамента, 2 – коры выветривания, 3 – песчаники, 4 – песчаники алевритистые, 5 – песчаники глинистые, 6 – песчаники глинистые и алевритистые, 7 – алевролиты глинистые, 8 – глины алевритистые, 9 – карбонаты, 10 – карбонаты глинистые, 11 – карбонаты ангидритистые, 12 – карбонаты глинистые и ангидритистые, 13 – каменная соль; 14–17 – границы: 14 – свит, 15 – подсвит, 16 – пачек, 17 – продуктивных пластов

Продуктивные пласты Б₁₂₋₁₃

Пласты Б₁₂ и Б₁₃ разделены доломитовой перемычкой толщиной до 5 м и имеют общий перекрывающий флюидоупор, т. е. являются единым резервуаром. Поэтому сначала приведем их автономную литолого-фациальную характеристику, а затем – единую оценку качества их коллекторов, а также подстилающего тирского и перекрывающего катангского флюидоупоров.

Пласт Б₁₂ залегает в основании катангской свиты и распространен повсеместно. Его толщина

обычно изменяется от 18 до 22 м. Сложен преимущественно доломитами трех основных генетических типов: хемогенного, органогенного (микрофитолитового) и органогенно-обломочного [2, 8, 11].

Хемогенный тип распространен повсеместно и представлен зернистыми доломитами, на долю которых приходится в среднем 10–40 % толщины пласта. Отмечается постоянная примесь глинистого материала и ангидрита. Микрофитолитовый тип доломитов также повсеместно распространен и по со-

№ 4(36) ♦ 2018





1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические, 3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изогипсы по кровле пласта В₁₀ верхнечонского горизонта; 6 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 7 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский)



Рис. 3. Палеоструктурная карта подошвы ведского терригенного комплекса на начало формирования отложений ангарской свиты ЕЧС

1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические,

3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изопахиты

отношению в разрезе (50–70, редко 70–90 %) преобладает над хемогенным. Для него характерно низкое содержание глинистого материала и ангидрита (до 2 %). Органогенно-обломочный тип представлен продуктами разрушения хемогенных и органогенных доломитов.

По соотношению в разрезах отмеченных генетических типов доломитов, степени их глинизации и сульфатности в пределах ЕЧС они подразделяются на два подтипа. Первый в основном представлен микрофитолитовыми (>70 %) и органогенно-обломочными (15–25 %) доломитами, содержащими небольшую примесь глинистого и сульфатного материала. Второй сложен преимущественно микрофитолитовыми (40–70 %) и органогенно-обломочными (10–20 %) доломитами с несколько увеличенной (10–20 %) хемогенной составляющей. № 4(36) ♦ 2018

Выяснение условий формирования отложений пласта Б₁₂ выполнено по методике В. Д. Ильина и Н. К. Фортунатовой [3]. Повсеместное распространение разрезов первого и второго типов на рассматриваемом скоплении и низкое содержание в них глинистого и сульфатного материала позволили сделать вывод, что отложения пласта Б₁₂ образовались в основном в условиях шельфовой отмели и на отдельных локальных участках в виде органогенных банок [17].

На территории ЕЧС породы пласта Б₁₂ преобразованы вторичными процессами. Положительно влияют на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллекторов интенсивно выраженные в них перекристаллизация, трещинообразование и отчасти выщелачивание (рис. 4). Особенно значительно они проявлены в центральной части скопления в виде полосы шириной 40–50 км, простирающейся в субширотном направлении от Санарской площади до Верхнечонского месторождения. Вторичные процессы, отрицательно влияющие на качество коллекторов пласта Б₁₂, выражены с меньшей интенсивностью.

Пласт Б₁₃ выделен в весьма сокращенном стратиграфическом объеме тирской свиты, непосредственно залегающей под преображенским горизонтом. Пласт распространен лишь в северной половине ЕЧС, плохо изучен бурением. Толщина его изменяется от 7–10 до 25 м. Наибольшие значения отмечаются в северной части скопления.

Представлен пласт преимущественно доломитами микро- и тонкозернистыми послойно ангидритистыми и магнезитоносными, трещиноватыми с незначительной примесью глинистого материала. В нижней его части доминируют хемогенные и биохемогенные доломиты, обогащенные органогенными остатками (до 25 % объема пород), которые вверх по разрезу замещаются доломитами со строматолитовой структурой, послойно обогащенными магнезитом. Верхняя половина пласта сложена доломитами послойно микрофитолитовыми, обломочными, иногда глинистыми.

Из вторичных процессов в значительной степени проявились перекристаллизация, изредка выще-



Рис. 4. Принципиальная схема формирования коллекторов карбонатных продуктивных пластов ЕЧС 1 – фоновые значения процессов: а – раннего диагенеза, б – диакатагенеза; 2 – локальные проявления в виде прослоев

Таблица 1

Характеристика коллекторов и результаты испытания осинского (пласт Б₁), усть-кутского (пласты Б₃₋₄, Б₅), преображенского, ербогаченского (пласты Б_{12, 13}) и верхнечонского (пласты В₁₀, В₁₃) горизонтов ЕЧС

Пласты	Глубина, м		Свойства	Результаты испытания*				
		Толщина, м	Пори- стость, %	Проница- емость, 10 ⁻³ мкм ²	Тип	Нефть, м³/сут	Газ, тыс. м³/сут	Конденсат, м³/сут
Б1	1300–1850 (cp. 1550)	От 1–2 до 35 (от 3–5 до 15)	7–25 (8–13)	0,5–160 (3–20)	Каверно-поровый, поровый, трещин- но-каверно-поро- вый	0,4–565 (2–10)	1–119 (10–50)	2–5
Б ₃₋₄	1350–1900 (cp. 1600)	От 1–2 до 20 (от 2–3 до 10)	7–20 (8–14)	0,5–50 (0,5–10)	Поровый, трещин- но-поровый и тре- щинно-каверно-по- ровый	0,3–32,7 (2–15)	1–68,2 (3–30)	0,2–4,7
Б5	1400–1950, (cp. 1650)	От 1–2 до 15 (от 2–3 до 7)	7–20 (7–14)	0,5–30 (0,5–5)	Каверно-поровый, порово-трещинно- каверновый	0,8–165 (2–5)	3–173 (5–20)	0,5–2,1
Б ₁₂₋₁₃	1550–2100 (cp. 1850)	2–25 (10–20)	7–20 (8–12)	0,25–300 (0,25–50)	Поровый, порово- трещинный	0,2–29,8 (1–10)	1–150 (2–30,4)	0,2–46,5
B ₁₀	1570–1750 (cp. 16500	2–20 (2–6)	8–25 (10–18)	5–200 (10–100)	Гранулярный	1,3–200 (5–40)	1,5–450 (20–100)	1,8–9,2
B ₁₃	1570– 1770 (cp. 1670)	2–20 (3–10)	8–20 (8–15)	5–400 (5–50)	«	0,2–150 (10–60)	1–150 (2–30)	2–7,3

*В скобках – преимущественное значение.

лачивание, существенно меньше – сульфатизация, засоление и окремнение.

Органогенный состав пород пластов Б₁₂₋₁₃ и высокая степень их преобразованности постседиментационными процессами обеспечили только на территории ЕЧС почти повсеместное распространение коллекторов. Толщина их изменяется от нескольких до 25 м, на большей части площади 10–20 м (табл. 1). Следует отметить, что испытание пластов осуществлялось без горизонтальных стволов скважин и без гидроразрывов. На Даниловском выступе фундамента ФЕС карбонатных пластов резко улучшаются, дебиты нефти возрастают до нескольких сотен м³/сут.

ФЕС коллекторов пластов следующие: открытая пористость 7–20 %, межзерновая проницаемость (0,25–300)·10⁻³ мкм². Распределение открытой пористости и проницаемости по площади скопления в целом согласуется с толщиной коллекторов. Характерна региональная выдержанность толщин пластов и их ФЕС по площади скопления. В целом качество коллекторов оценивается авторами как пониженное.

Тирский флюидоупор, залегающий стратиграфически ниже, в ЕЧС распространен ограниченно, развит лишь в северо-восточной его части, где обладает низкими экранирующими свойствами [12].

Продуктивный пласт Б₅

Включает нижнюю половину тэтэрской свиты и повсеместно распространен на территории ЕЧС. Толщина его изменяется от 18 до 25 м. Он перекрыт глинисто-сульфатно-карбонатными породами толщиной 5–15 м, которые отделяют его от вышезалегающих пластов Б_{3–4}. Пласт представлен преимущественно доломитами (80–90 % от толщины пласта). Среди них доминируют органогенные, реже встречаются зернистые и спорадически обломочные разновидности.

По генетическим признакам и структурным особенностям ведущее место в разрезах пласта занимают водорослевые доломиты, в виде прослоев встречаются микрофитолитовые. Органогенные породы составляют 40–50 % от толщины пласта, зернистые отмечены в виде прослоев.

Отложения пласта Б₅ формировались в раннетэтэрское время в морских условиях, в обстановках внутришельфовой отмели и мелководного шельфа [12, 17]. В условиях внутришельфовой отмели осадки накапливались в юго-западной и центральной его частях, где шло массовое расселение синезеленых водорослей и образовались органогенные карбонатные породы; в обстановке мелководного шельфа – в северном и северо-восточном окраинных участках скопления нефти и газа (хемогенные, органогенные и органогенно-обломочные осадки).

Породы пласта Б₅ подверглись воздействию постседиментационных процессов: перекристаллизации, доломитизации, выщелачивания и галитизации [2] (см. рис. 4). Перекристаллизация достаточно интенсивно проявилась на всей территории скопления. Повсеместной и интенсивной была доломитизация, которая привела к частичной, а прослоями и полной ликвидации водорослевых структур, образовав доломиты замещения. Породы пласта интенсивно затронуты процессом выщелачивания, более равномерно – в водорослевых разностях.

Коллекторы пласта $Б_5$ на территории EЧС имеют очаговое распространение. Толщина их изменяется от 1–2 до 15 м, максимальна она (7,5–15 м), по нашим прогнозам, на трех участках различной величины; наибольший закартирован в южной части

скопления. Средние толщины коллекторов пласта (5–7 м) прогнозируются в центральной части скопления, а минимальные (менее 5 м) – по его краям. Открытая пористость коллекторов 7–20 %, проницаемость – (0,5–30)·10⁻³ мкм².

Флюидоупором пласта является карбонатно-глинисто-ангидритовая перемычка толщиной 7–15 м, отделяющая его от вышезалегающих пластов Б_{3–4}. Качество его оценивается как пониженное.

Продуктивные пласты Б₃₋₄

Охватывают верхнюю половину тэтэрской свиты. Толщина их изменяется от 20 до 25 м. Представлены они микрофитолитами, органогенно-обломочными и хемогенными доломитами с прослоями небольшой толщины онколито-оолитовых и водорослевых пород. Содержание доломитов в породах 70–95 %.

Пласты формировались в позднетэтэрское время, когда на рассматриваемой территории осадконакопление происходило в морских условиях, в обстановке внутришельфовой отмели. В условиях периодического колебания уровня моря накапливались хемогенные доломитовые илы, а также органогенные и органогенно-обломочные осадки.

Породы пластов Б3-4 подверглись процессам перекристаллизации, выщелачиванию, галитизации и ангидритизации. Перекристаллизация проявилась участками в виде пятнообразных скоплений зерен доломита. Весьма неравномерно и в целом незначительно породы пластов затронуты выщелачиванием: в хемогенных доломитах - преимущественно по порам и трещинам, а в водорослевых и оолитоонколитовых прослоях - по всему первичному поровому пространству. Процесс галитизации в породах пластов проявился в целом незначительно и обычно равномерно по разрезу. В целом в породах пластов Б₃₋₄ наиболее существенное положительное влияние на формирование коллекторов пластов оказали процессы перекристаллизации и выщелачивания, а ухудшение качества коллекторов обусловлено засолонением и сульфатизацией.

Коллекторы пластов в ЕЧС имеют очаговое распространение. Толщина их изменяется от 1–2 до 20 м, преимущественно от 2–3 до 10 м. Наибольшие значения (7,5–20 м) прогнозируются на трех участках, территориально совпадающих с повышенными толщинами коллекторов пласта Б₅. Наибольший находится в южной части скопления, два других – на Могдинской и Вакунайской площадях. Минимальные толщины коллекторов (менее 2,5 м) прогнозируются преимущественно в краевых участках скопления, а средние (5–7,5 м) – на остальной большей части его территории. Открытая пористость коллекторов 7–20 %, проницаемость (0,5–50)·10^{–3} мкм².

Продуктивный пласт Б₁

Выделяется в объеме среднеусольской подсвиты карбонатного состава, повсеместно распространен в ЕЧС. Толщина его изменяется от 40 до 70 м. Перекрывают пласт карбонатно-галогенные породы верхнеусольской подсвиты, являющиеся флюидоупором высокого качества.

Литологический состав и строение пласта Б₁ весьма разнообразны. В большинстве разрезов скважин в его составе велико значение известняков водорослевых с прослоями органогенно-обломочных, оолито-онколитовых и хемогенных разностей.

По структурным особенностям и вещественному составу пород пласт неоднороден. Ему свойственно одно- и двучленное строение. При одночленном он сложен либо преимущественно известняками (Санарская площадь), либо доломитами (Преображенская, Могдинская площади). При двучленном строении пласт подразделяется на две пачки. В одних разрезах нижняя пачка представлена водорослевыми известняками с прослоями доломитов, а верхняя – доломитами, нередко в сочетании с глинистыми известняками; в других наоборот: нижняя часть доломитовая, верхняя известняковая.

В среднеусольское время осадконакопление происходило в морских условиях, в обстановке внутришельфовой отмели [12]. Здесь накапливались как органогенные и органогенно-обломочные осадки, так и хемогенные илы.

Породы пласта Б₁ испытали интенсивную перекристаллизацию, неоднородную доломитизацию, выщелачивание, засолонение, локальную сульфатизацию и окремнение [2, 12]. Наиболее существенное положительное влияние на формирование пласта оказали процессы выщелачивания, доломитизации и перекристаллизации. Ухудшение качества коллекторов обусловлено в основном засолонением, в меньшей мере сульфатизацией.

Коллекторы пласта имеют очаговое распространение. Толщина их варьирует от нескольких до 35 м, на большей части ЕЧС составляет 10–15 м. ФЕС коллекторов изменяются в широких пределах: открытая пористость 7–25 %, проницаемость (0,5– 160)·10⁻³ мкм².

Флюидоупором пласта Б₁ является верхнеусольская подсвита, сложенная галогенно-карбонатными породами толщиной 300–600 м. Качество флюидоупора весьма высокое.

Продуктивный пласт В₁₃

Включает нижнюю, преимущественно песчаную, часть нижненепской подсвиты, залегающую в основании осадочного чехла на породах фундамента. Он распространен весьма ограниченно, охватывая только юго-восточную часть ЕЧС. Толщина пласта изменяется от нескольких до 25 м. Наибольшие ее значения отмечаются на крайнем юго-востоке скопления, а в северо-западном направлении они относительно постепенно уменьшаются вплоть до полного выклинивания пласта.

Отложения пласта образовались в ранневендский этап формирования осадочного чехла Сибирской платформы в условиях прибрежной равнины, временами заливавшейся морем [12].

Коллекторы пласта $B_{\rm 13}$ развиты только в юговосточной части скопления. Их толщина изменяется от 2 до 20 м. Пористость коллекторов 8–20 %, межзерновая проницаемость (5–400)·10⁻³ мкм².

Флюидоупором пласта В₁₃ являются глинистые образования средней и верхней частей нижненепской подсвиты, толщина которой изменяется от 5 до 15 м. Его качество пониженное и низкое.

Продуктивный пласт В₁₀

Пласт соответствует нижней, в основном песчаной, части верхненепской подсвиты, повсеместно распространенной на территории скопления. Сложен преимущественно песчаными отложениями. Толщина его в юго-восточной части скопления обычно изменяется от 10 до 25 м, на остальной большей части обычно не превышает 1–3 м. Отложения пласта В₁₀ образовались в условиях прибрежной равнины, временами заливавшейся морем [12].

Коллекторы пласта повсеместно распространены лишь в юго-восточной части ЕЧС, где их толщина изменяется от 2 до 20 м. На существенно большей территории они имеют очаговое распространение и толщина их, по-видимому, не превышает 1 м. Пористость коллекторов 8–25 %, проницаемость (5–200)·10⁻³ мкм².

Флюидоупором пласта B₁₀ являются преимущественно глинистые отложения верхненепской подсвиты, которые развиты на всей площади ЕЧС. Толщина его изменяется от 10 до 30 м. Качество высокое и среднее, лишь в северо-западной окраинной части пониженное.

Следовательно, литолого-фациальные особенности образования Ереминско-Чонского скопления нефти и газа, заключаются в следующем.

1. Рассмотренные карбонатные продуктивные пласты образованы в близких фациальных условиях (мелководного шельфа, внутришельфовой отмели, органогенных банок) и представлены в основном органогенными разностями. Они преобразованы преимущественно процессами перекристаллизации, доломитизации и выщелачивания, за счет проявления которых сформировались вторичные коллекторы.

2. Отсутствие тирского флюидоупора, перекрывающего терригенные продуктивные пласты, обеспечило переток углеводородов из них в вышезалегающие коллекторы карбонатных пластов, а преимущественно пониженное и низкое качество флюидоупоров между этими пластами – миграцию УВ внутри подсолевого карбонатного комплекса.

3. Сохранность залежей углеводородов всего вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса ЕЧС обеспечена вышезалегающим верхнеусольским флюидоупором высокого качества.

Таким образом, на протяжении всего фанерозойского периода тектонические и литолого-фациальные особенности образования были благоприятными для формирования и сохранения залежей углеводородов в ЕЧС. Только в пределах этого объекта они обеспечили промышленную нефтегазоносность всех продуктивных пластов вендско-нижнекембрийского подсолевого нефтегазоносного комплекса.

Методика и результаты количественной оценки перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов ЕЧС

Методика количественной оценки

При выполнении количественной оценки перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов ЕЧС, учитывая разную степень выявленной нефтегазоносности, мы использовали объемный метод и геологический способ по удельным плотностям запасов углеводородов на единицу площади. Поскольку пласты Б₁₂₋₁₃ в пределах рассматриваемого скопления характеризуются практически повсеместным развитием нефтенасыщенных коллекторов, оценка их ресурсов углеводородов осуществлена первым методом. Остальные продуктивные пласты скопления отличаются очаговым распределением нефтегазонасыщенных коллекторов. В них прогнозируются ограниченные по площади ловушки. Ресурсы углеводородов этих продуктивных пластов оценены геологическим способом.

Объемный метод обычно используется для оценки запасов нефти и газа выявленных залежей углеводородов. К оценке ресурсов углеводородов пластов Б₁₂₋₁₃ ЕЧС он применен достаточно условно, поскольку скопление включает совокупность еще не оконтуренных залежей углеводородов, и площадь его составляет 26,5 тыс. км². Тем не менее авторы статьи использовали именно объемный метод, поскольку других не существует.

Для реализации метода вся территория рассматриваемого скопления, исключая площади выявленных залежей углеводородов, на основании распределения на его площади толщин нефтенасыщенных коллекторов и территориального положения региональных разломов, была разделена на 10 расчетных участков (условных залежей) (рис. 5). Подсчетные параметры этих «залежей» и результаты оценки их запасов нефти приведены в табл. 2. Следует отметить, что в табл. 2 приведена суммарная оценка запасов нефти, газа и конденсата по категориям А+В+С₁ и С₂ месторождений им. Б. Синявского, им. Савостьянова, им. В. Б. Мазура, им. Н. Лисовского, Верхнечонского, Вакунайского, Северо-Вакунайского, Тымпучиканского, Инглянского, Северо-Даниловского и Ербогаченского по состоянию на 01.01.2016. Авторская оценка ресурсов нефти, газа и конденсата продуктивных пластов Б₁₂₋₁₃ выполнена по категории C₂¹, а всех других продуктивных пластов – по категории Д₁.

Геологический способ по удельным плотностям запасов углеводородов на единицу площади изложен в последнем «Методическом руководстве по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России» [4]. Суть его заключается в следующем: выделяются хорошо изученные нефтегазоносные объекты, принимаемые за эталонные участки, а затем установленные плотности ресурсов углеводородов переносятся на прогнозируемые (расчетные) участки за счет использования геологических параметров, контролирующих перспективы нефтегазоносности.

Для количественной оценки перспектив нефтегазоносности продуктивных пластов $Б_1$, \overline{B}_{3-4} , \overline{B}_5 , B_{10} и B_{13} использовались шесть эталонных участков: Среднеботуобинский, Талаканский (пласт \overline{B}_1), Даниловские (пласты \overline{B}_{3-4} , \overline{B}_5) и Верхнечонские (пласты B_{10} , B_{13}). Их полная характеристика приведена в монографии [7].

В качестве основных геологических параметров для переноса плотностей ресурсов углеводородов из эталонных участков в расчетные использовались гипсометрия современного структурного плана, начальный нефтегазогенерационный потенциал нефтематеринских пород, качество флюидоупоров и толщина коллекторов.

Результаты количественной оценки

Начальные суммарные ресурсы углеводородов (НСР) вендско-нижнекембрийского подсолевого комплекса ЕЧС оцениваются в 12890,1 млн т условных углеводородов (УУВ), что соответствует 49,5 % последней (2009 г.) официальной оценки ресурсов УУВ всей территории Непско-Ботуобинской НГО. Из них ресурсы нефти оцениваются в 11406,0 млн т (88,5 %), газа – 1462,9 млрд м³ (11,3 %) и конденсата – 20,7 млн т (0,2 %). Извлекаемые ресурсы нефти, газа и конденсата соответственно равны: 1806,5 млн т (55,0 %); 1462,9 млрд м³ (44,5 %) и 15,7 млн т (0,5 %) (табл. 3).

Среди продуктивных пластов наибольшими НСР УВ обладают пласты Б₁₂₋₁₃ - 8023,8 млн т (62,3 %), существенно меньшими – пласты Б₃₋₄, Б₅ и Б₁ соответственно – 1615,5 млн т (12,6 %); 1094,1 млн т (8,5 %) и 996,5 млн т (7,7 %), минимальными – пласты В₁₃ и В₁₀, 677,1 млн т (5,2 %) и 482,6 млн т (3,7 %) соответственно. Накопленная добыча, запасы и ресурсы УВ по категориям А, В, С₁, С₂, С₂*+D₁ (авторы выполнили оценку ресурсов нефти, газа и конденсата для пластов Б₁₂₋₁₃ по категории С₂*, поскольку бурением закартировано почти повсеместное насыщение их углеводородами) скопления равны 45,8 (0,1 %), 798,3 (6,3 %), 3632,7 (28,3 %), 5961,0 (46,3 %) и 2452,3 (19,0 %) млн т УУВ соответственно, т. е. степень разведанности ресурсов УВ в ЕЧС составляет 34,7 %.

Продуктивные пласты Б₁₂₋₁₃ обладают наибольшими перспективами нефтегазоносности в ЕЧС. НСР УВ этих пластов составляют 8023,8 млн т УУВ, из



Рис. 5. Карта прогноза плотностей извлекаемых ресурсов углеводородов преображенского резервуара (пласты Б₁₂₋₁₃) ЕЧС 1–3 – скважины: 1 – параметрические, 2 – поисковые, 3 – разведочные; 4 – изогипсы кровли преображенского продуктивного пласта (пласт Б₁₂); 5 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 6 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 7 – изопахиты коллекторов; 8 – контуры расчетных участков; 9–11 – залежи УВ: 9 – нефтяные, 10 – газонефтяные, 11 – нефтегазоконденсатные; 12 – условный ВНК; 13–16 – плотности извлекаемых ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 13 – 30–50, 14 – 20–30, 15 – 10–20, 16 – 5–10

них нефти 7412,1 млн т (92,4 %), газа 609,3 млрд м³ (7,6 %) и конденсата 2,4 млн т (0,1 %), извлекаемые ресурсы равны: 888,3 млн т (59,3 %); 609,3 млрд м³ (40,6 %) и 1,8 млн т (0,1 %) соответственно.

Запасы и ресурсы УВ пластов Б₁₂₋₁₃ категорий A+B+C₁, C₂ и C₂* равны 183,1 (2,3 %), 1286,2 (16,0 %) и 6554,4 (81,7 %) млн т УУВ соответственно. Распределение начальных суммарных извлекаемых ресурсов УВ¹ по площади скопления

¹ В связи с тем что плотности ресурсов УВ продуктивных пластов Б₁₂₋₁₃ выше, чем остальных пластов, почти на порядок, значения их плотностей приведены в качестве извлекаемых, а остальных пластов — в качестве геологических.

№ 4(36) ♦ 2018



Рис. 6. Карта прогноза плотностей начальных суммарных ресурсов углеводородов пласта Б₅ усть-кутского горизонта ЕЧС 1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические, 3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изогипсы по кровле пласта Б₅ усть-кутского горизонта; 6 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 7 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 8 – изопахиты очагового распространения коллекторов; 9 – контуры расчетных участков, использованные при количественной оценке перспектив нефтегазоносности пластов; 10–11 – залежи УВ: 10 – нефтяные, 11 – нефтегазоконденсатные; 12–15 – плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 12 – 30–50, 13 – 20–30, 14 – 10–20, 15 – 5–10

нефти и газа следующее (см. рис. 6). По степени перспектив выделяются четыре категории земель с плотностями извлекаемых ресурсов углеводородов: 30–50, 20–30, 10–20 и 5–10 тыс. т УУВ/км² соответственно. Наибольшие плотности HCP УВ пластов прогнозируются в центральной и северо-восточной частях ЕЧС, несколько меньшие – на существенно меньшей территории, в виде полосы, огибающей более перспективные земли с северо-запада и запада. Еще





Рис. 7. Карта прогноза плотностей начальных суммарных ресурсов углеводородов пластов Б₃₋₄ усть-кутского горизонта ЕЧС 1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические, 3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изогипсы по кровле пласта Б₃ усть-кутского горизонта; 6 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 7 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 8 – изопахиты очагового распространения коллекторов; 9 – контуры расчетных участков, использованные при количественной оценке перспектив нефтегазоносности пластов; 10–11 – залежи УВ: 10 – нефтяные, 11 – газоконденсатные; 12–15 – плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 12 – 30–50, 13 – 20–30, 14 – 10–20, 15 – 5–10

менее перспективные земли развиты на крайнем западе и юго-востоке скопления, а также на ограниченном по площади участке севернее Тымпучиканского месторождения. Минимальные плотности начальных извлекаемых ресурсов УВ рассматриваемых пластов прогнозируются на четырех участках разной величины (см. рис. 5). Продуктивный пласт Б₅ обладает существенно меньшими перспективами нефтегазоносности, чем вышеописанные. НСР УВ оцениваются в 1094,1 млн т УУВ, из них нефти 1042,2 млн т (95,2 %), газа 51,4 млрд м³ (4,7 %) и конденсата 0,4 млн т (0,1 %); извлекаемые ресурсы 216,2 млн т (80,7 %), 51,4 млрд м³ (19,2 %) и 0,4 млн т (0,1 %) соответственно.



Рис. 8. Карта прогноза плотностей начальных суммарных ресурсов углеводородов осинского горизонта (пласт Б₁) ЕЧС 1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические, 3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изогипсы по кровле осинского продуктивного пласта (пласт Б₁); 6 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 7 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 8 – изопахиты очагового распространения коллекторов; 9 – контуры расчетных участков, использованные при количественной оценке перспектив нефтегазоносности пласта Б₁; 10–13 – залежи УВ: 10 – нефтяные, 11 – нефтегазоконденсатные, 12 – газоконденсатные, 13 – газовые; 14–17 – плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 14 – 30–50, 15 – 20–30, 16 – 10–20, 17 – 5–10

Запасы и ресурсы УВ пласта категорий A+B+C₁, C₂ и D₁ 80,1 (7,3 %), 525,7 (48,0 %) и 488,2 (44,7 %) млн т УУВ соответственно.

Распределение НСР УВ пласта Б₅ по площади ЕЧС приведено на рис. 6. По степени их перспектив ютс

выделяются четыре категории земель с плотностями НСР УВ соответственно 30–50, 20–30, 10–20 и 5–10 тыс. т УУВ/км².

Наиболее перспективные земли прогнозируются на трех участках различной величины. Наибо-

Результаты авторской	оценки запасов	нефти пластов	Б12-12	ЕЧС по катег	ории С ₂ *
			12-13		2

Таблица 2

-	-			-			-	-			
Nº pac-	Значения подсчетных параметров								Содержа- ние нефти	Запасы нефти, млн т	
четного участка	F	h	m _o	ρ _н	Θ	Вн	ПК	η	на расчет- ных участ- ках, %	Геол.	Извл.
1	1364·10 ³	7,0	0,07	0,86	0,85	0,86	0,7	0,11	100	294	32
2	1729·10 ³	9,0	0,09	0,86	0,85	0,86	0,8	0,11	100	704	77
3	1004·10 ³	6,0	0,07	0,86	0,85	0,86	0,6	0,11	100	159	17
4	6851·10 ³	9,0	0,09	0,86	0,85	0,86	0,8	0,11	100	2790	307
5	3092·10 ³	7,0	0,07	0,86	0,85	0,86	0,6	0,11	100	571	62
6	1576·10 ³	5,0	0,06	0,86	0,85	0,86	0,3	0,11	100	89	9
7	1381·10 ³	7,0	0,07	0,86	0,85	0,86	0,6	0,11	80	204	22
8	2501·10 ³	9,0	0,09	0,86	0,85	0,86	0,7	0,11	80	713	78
9	520·10 ³	8,0	0,08	0,86	0,85	0,86	0,6	0,11	25	31	4
10	2405·10 ³	8,0	0,08	0,86	0,85	0,86	0,7	0,11	60	406	44
Σ										5961	662

Примечания. Расположение расчетных участков см. на рис. 5. F − нефтенасыщенная площадь, тыс. м²; h − толщина эффективной нефтенасыщенности горизонта, м; m₀ − коэффициент пористости, м³; ρ_µ − плотность нефти, т/м³; ⊖ − пересчетный коэффициент; B_µ − коэффициент нефтенасыщенности, %; ПК − понижающий коэффициент за счет возможного выклинивания коллектора; η − коэффициент извлечения нефти, %.

лее крупный расположен в южной части скопления (см. рис. 6); второй, меньший по размеру, — в северо-восточной части; наименьший участок включает Вакунайское месторождение. Несколько менее перспективные земли этого пласта распространены более широко, в основном охватывая центральную часть скопления. Еще менее перспективные земли ограничивают более перспективные в виде полос шириной 5—15 км.

Продуктивные пласты F_{3-4} характеризуются несколько большими перспективами нефтегазоносности, чем пласт Б₅. НСР УВ оцениваются в 1615,5 млн т УУВ, из них нефти 1544,0 млн т (95,6 %), газа 70,1 млрд м³ (4,3 %) и конденсата 1,4 млн т (0,1 %); извлекаемые ресурсы 297,6 млн т (80,7 %), 70,1 млрд м³ (19,0 %) и 1,1 (0,3 %) соответственно.

Запасы и ресурсы пластов категорий $A+B+C_1$, C_2 и D_1 равны 34,0 (2,1 %), 933,7 (57,8 %) и 647,8 (40,1 %) млн т УУВ соответственно.

Распределение НСР УВ пластов Б₃₋₄ по территории скопления приведено на рис. 7. По степени перспектив, как и для пласта Б₅, выделяются четыре категории земель с теми же плотностями начальных суммарных ресурсов УВ.

Наиболее перспективные земли почти повсеместно расположены в западной половине ЕЧС и на небольшом по площади участке в его северо-восточной части. Менее перспективные земли прогнозируются в северо-восточной части скопления, где они простираются в виде полосы северо-западной ориентировки от Ербогаченского месторождения до Вакунайского. Еще менее перспективные земли предполагаются на пяти участках различной величины (см. рис. 7). Минимальные плотности начальных суммарных ресурсов УВ пластов прогнозируются в юго-восточной и юго-западной частях скопления.

Продуктивный пласт $Б_1$ характеризуется наименьшими перспективами нефтегазоносности среди карбонатных пластов подсолевого комплекса. HCP УВ его составляют 996,5 млн т УУВ, из них нефти 410,2 млн т (41,2 %), газа 572,6 млрд м³ (57,4 %) и конденсата 13,7 млн т (1,4 %); извлекаемые ресурсы 81,6 млн т (12,3 %), 572,6 млрд м³ (86,2 %) и 10,0 млн т (1,5 %) соответственно.

Запасы и ресурсы УВ пласта категории A+B+C₁, C₂ и D₁ равны: 64,7 (5,5 %), 292,6 (29,4 %) и 639,1 (64,1 %) млн т УУВ соответственно.

Распределение начальных суммарных ресурсов УВ пласта по территории ЕЧС показано на рис. 8. По степени их перспектив, как и отмеченных пластов, выделяются четыре категории земель.

Наиболее перспективные земли распространены на большей части ЕЧС, повсеместно охватывая его центральную и северо-западную части, остальные категории земель прогнозируются в северо-восточной, юго-восточной и юго-западной частях.

Продуктивный пласт B_{13} развит лишь в окраинной юго-восточной части ЕЧС. НСР УВ составляют 677,1 млн т УУВ, из них нефти 564,6 млн т (83,5 %), газа 110,7 млрд м³ (16,4 %) и конденсата 1,8 млн т (0,1 %); извлекаемые ресурсы 167,4 млн т (60,3 %), 110,7 млрд м³ (39,6 %) и 1,6 млн т (0,1 %) соответственно.

Накопленная добыча, запасы и ресурсы УВ категорий А+B+C₁, C₂ и D₁ пласта В₁₃ равны 23,0 (3,4 %), 153,0 (22,6 %), 471,1 (69,6 %) и 30,0 (4,4 %) млн т УУВ соответственно.

Перспективы нефтегазоносности пласта на открытие новых залежей нефти и газа достаточно низкие (рис. 9). Лишь в южных частях территории его

№ 4(36) ♦ 2018 -
ŝ
e <u>r</u>
Z
,5
a,

Г. Г. Шемин, М. Ю. Смирнов и др.

сурсы неф	ти, газ;	бноя и е	ценсата Е	4C																
			Нефть	, МЛН Т		F		la3, M.	лрд м°			Конд	јенсат;	а, млн	<u> </u>		BC6	его, млн	туув	
Ласты	1	2	ß	4	Всего	1	2	ŝ	4	Всего	1	7	m	4	3ce-	сı	2	ŝ	4	Bcero
Ц	c	3,9	154,3	252,0	410,2	6	60.0	12E 6	376.0	E77 6	c	0,8	2,7 1	0,2	13,7		64,7	292,6	639,1	<u>996,5</u>
21 2	>	0,6	30,6	50,4	81,6	т ́о	0,00	0,001	<i>c</i> '0/c	0,4,0	>	0,6	1,9	7,5	10,0	т '``	61,2	168,1	434,8	664,2
B_{3-4}	0	<u>21,5</u> 7,3	<u>902,0</u> 166,2	<u>620,5</u> 124,1	<u>1544,0</u> 297,6	0	12,0	31,2	26,9	70,1	0	<u>0,5</u> 0,4	0,5	0,4 0,3	$\frac{1,4}{1,1}$	0	<u>34,0</u> 19,7	<u>933,7</u> 197,8	<u>647,8</u> 151,3	<u>1615,5</u> 368,8
ц	1	75,2	508,6	458,3	1042,2	C	8 1	16.0	7 0 7	Г 1 Л	C	0,1	0,2	0,2	0,5	1	80,1	525,7	488,2	1094,1
ŝ	1,0	25,1	99,4	91,6	216,2	>	ç F	0,01	1,0.4	F (+)	>	0,1	0,2	0,1	0,4		30,0	116,5	121,4	268,0
Б _{12–13}	0,1	<u>176,1</u> 25,4	<u>1274,9</u> 200,8	<u>5961,0</u> 662,0	<u>7412,1</u> 888,3	0	7,0	11,3	591,0	609,3	0	0	0	2,4 1,8	2,4 1,8	0,1	<u>183,1</u> 32,4	<u>1286,2</u> 212,1	<u>6554,4</u> 1254,8	<u>8023,8</u> 1499,4
Σ Б ₁₋₁₃	0,2	<u>276,7</u> 58,4	<u>2839,8</u> 497,0	7291,8 928,1	<u>10408,5</u> 1483,7	0,1	83,8	195,0	1024,5	1303,4	0	$\frac{1,4}{1,1}$	2,5	<u>13,2</u>	<u>18,0</u> 13,3	0,3	<u>361,9</u> 143,3	<u>3038,2</u> 694,5	<u>8329,5</u> 1962,3	<u>11729,9</u> 2800,4
B_{10}	20,0	<u>260,9</u> 86,0	<u>104,2</u> 32,7	<u>47,8</u> 16,7	<u>432,9</u> 155,4	2,5	22,0	18,9	5,4	48,8	0	<u>0,5</u> 0,4	0,3	0,1	0 <u>,9</u> 0,8	22,5	283,4 108,4	<u>123,4</u> 51,9	<u>53,3</u> 22,2	<u>482,6</u> 205,0
B_{13}	20,0	<u>134,5</u> 50,5	<u>385,1</u> 86,9	<u>25,0</u> 10,0	<u>564,6</u> 167,4	3,0	18,2	84,6	4,9	110,7	0	<u>0,3</u> 0,2	1,3	0,1 0,1	<u>1,8</u> 1,6	23,0	<u>153,0</u> 68,9	<u>471,1</u> 172,8	<u>30,0</u> 15,0	<u>677,1</u> 279,7
B ₁₀ , B ₁₃	40,0	<u>395,4</u> 136,5	<u>489,3</u> 119,6	<u>72,8</u> 26,7	<u>997,5</u> 322,8	5,5	40,2	103,5	10,3	159,5	0	<u>0,8</u> 0,6	1,7	0,2	2,7	45,5	436,4 177,3	<u>594,5</u> 224,7	<u>83,8</u> 37,2	<u>1160,2</u> 484,7
Σ 5+B	40,2	<u>672,1</u> 194,9	<u>3329,1</u> 616,6	<u>7364,6</u> 954,8	<u>11406,0</u> 1806,5	5,6	124,0	298,5	1034,8	1462,9	0	<u>2,2</u> 1,7	4,1 4,1	9,9	20,7 15,7	45,8	798,3 320,6	<u>3632,7</u> 919,2	<u>8413,3</u> 1999,5	<u>12890,1</u> 3285,1
имечания	. 1 – на	нөглон	ная добь	ича, 2 – ка	т. А+В+С ₁ , Э	3 — кат.	C ₂ , 4 – K	ат. С ₂ *(µ	Д₁). В чис.	лителе –	pecypc	ы, в зн	амена	теле –	извлеі	Raemble	e pecypc	bl.		



Рис. 9. Карта прогноза плотностей начальных суммарных ресурсов УВ пласта В₁₃ верхнечонского горизонта ЕЧС

1–2 – границы: 1 – ЕЧС, 2 – выклинивания коллекторов; 3–5 – скважины: 3 – параметрические, 4 – поисковые, 5 – разведочные; 6 – изогипсы по кровле пласта В₁₃ верхнечонского горизонта; 7 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 8 – основные разломы: а – достоверные, 6 – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 9 – изопахиты коллекторов; 10 – контуры расчетных участков, использованные при количественной оценке перспектив нефтегазоносности пласта; 11–12 залежи УВ: 11 – нефтяные, 12 – нефтегазоконденсатные; 13–14 – плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 13 – 20–30, 14 – 10–20

распространения, где проведены небольшие объемы бурения, выделяются две категории земель на поиски залежей УВ с плотностью начальных суммарных ресурсов углеводородов 20–30 и 10–20 тыс. т УУВ/км².

Продуктивный пласт В₁₀ повсеместно распространен в ЕЧС, но на большей его территории (кроме юго-восточной части) его толщина менее 2 м. НСР УВ составляют 482,6 млн т УУВ, из них нефти 432,9 млн т (89,8 %), газа 48,8 млрд м³ (10,1 %) и конденсата 0,9 млн т (0,1 %); извлекаемые ресурсы 155,4 млн т (75,8 %), 48,8 млрд м³ (23,8 %) и 0,8 млн т (0,4 %) соответственно.

Накопленная добыча, запасы и ресурсы УВ категорий $A+B+C_1$, C_2 и D_1 пласта B_{10} равны 22,5 (4,6 %), 283,4 (58,7 %), 123,4 (25,6 %) и 53,3 (11,1 %) млн т УУВ соответственно.

№ 4(36) ♦ 2018



Рис. 10. Карта прогноза плотностей НСР УВ пласта В₁₀ верхнечонского горизонта ЕЧС

1 – граница ЕЧС; 2–4 – скважины: 2 – параметрические, 3 – поисковые, 4 – разведочные; 5 – изогипсы по кровле пласта В₁₀ верхнечонского горизонта; 6 – микрограбены (В-1 – Вакунайский-1, В-2 – Вакунайский-2, Вп – Верхнепеледуйский, ВТ – Верхнечонско-Талаканский, Д – Делиндинский, М – Мукокинский, У – Усольский); 7 – основные разломы: а – достоверные, б – менее достоверные (ЕЧ – Ербогачено-Чуйский, МЛ – Могинско-Ленский, ПГ – Преображенско-Гадалинский, АВ – Ангаро-Вилюйский); 8 – изопахиты коллекторов; 9 – контуры расчетных участков, использованные при количественной оценке перспектив нефтегазоносности пласта; 10–11 залежи УВ: 10 – нефтегазовые, 11 – нефтегазоконденсатные; 12–15 – плотности начальных суммарных ресурсов углеводородов (тыс. т/км²): 12 – 20–30, 13 – 10–20, 14 – 5–10, 15 – <5

Перспективы нефтегазоносности пласта В₁₀ достаточно низкие, поскольку его коллекторы тоже распространены только в юго-восточной части ЕЧС, где выделяются три категории земель с плотностью суммарных ресурсов УВ 20–30, 10–20 и 5–10 тыс. т УУВ/км² (рис. 10).

Наиболее перспективные земли, как и для пласта В₁₃, прогнозируются на ограниченном по площади участке, расположенном у южной границы скопления нефти и газа.

Дебиты нефти продуктивных пластов ЕЧС изменяются от нескольких до 200 м³/сут. Наибольшие их показатели получены из терригенных пластов В₁₀ и В₁₃. Дебиты нефти из карбонатного состава пластов (Б₁, Б₃₋₄, Б₅, Б₁₂₋₁₃) в связи с их пониженными ФЕС характеризуются более низкими значениями, обычно от нескольких до 20–30 м³/сут. Лишь на месторождениях Северо-Даниловском, им. Лисовского и им. Савостьянова из одиночных скважин, которые обычно расположены на выступах фундамента, получены притоки нефти из карбонатных пластов, соизмеримые с таковыми из пластов терригенного венда. А в Преображенской скв. 9 из осинского карбонатного пласта получен самый большой приток нефти в пределах ЕЧС – 565 м³/сут.

Выводы

Ереминско-Чонское скопление нефти и газа является единственным объектом в южной наиболее изученной сейсморазведкой и бурением части Сибирской платформы, в котором доказана промышленная нефтегазоносность всех продуктивных пластов вендско-нижнекембрийского подсолевого комплекса. Это обусловлено в основном тектоническими и литолого-фациальными особенностями его образования:

1. На протяжении позднего докембрия, фанерозоя и до настоящего времени территория ЕЧС располагалась в наиболее приподнятой части Непско-Ботуобинской антеклизы, куда в течение этого периода практически непрерывно могли поступать углеводороды из смежной зоны нефтегазообразования – Предпатомского регионального прогиба.

2. Карбонатные пласты, являющиеся основным вместилищем залежей нефти и газа, имеют преимущественно органогенный состав. В них наиболее интенсивно выражены процессы перекристаллизации, выщелачивания и доломитизации, сформировавшие вторичные коллекторы.

3. Отсутствие тирского флюидоупора обеспечило подток углеводородов в эти отложения из нижезалегающих нефтематеринских образований терригенного венда и рифея, а преимущественно пониженное и низкое качество флюидоупоров между этими пластами – миграцию углеводородов внутри подсолевого карбонатного комплекса.

4. Сохранность залежей УВ всего вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса ЕЧС обеспечена вышезалегающим верхнеусольским флюидоупором высокого качества.

Перспективы нефтегазоносности Ереминско-Чонского скопления нефти и газа являются наиболее высокими в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы. НСР углеводородов оценены здесь в 12890 млн т УУВ, из них нефти 11406 млн т, газа 1463 млрд м³ и конденсата 20,7 млн т; извлекаемые ресурсы равны 1807 млн т, 1463 млрд м³ и 15,7 млн т соответственно.

Среди продуктивных пластов наибольшими суммарными ресурсами УВ обладают пласты $Б_{12-13}$ (62,3 %), существенно меньшими – пласты $Б_{3-4}$, $Б_5$ и $Б_1$ (12,6, 8,5 и 7,7 % соответственно), минимальными – пласты B_{13} и B_{10} (5,2 и 3,7 % соответственно). Распределение НСР УВ рассматриваемых пластов по площади ЕЧС разное. Наибольшие плотности ресурсов УВ пластов Б₁₂₋₁₃ прогнозируются в центральной и северо-восточной частях скопления; пласта Б₅ – на трех участках различной величины, наиболее крупный из которых расположен в южной части скопления; пластов Б₃₋₄ – в западной половине скопления; пласта Б₁ – в центральной и северо-западной его частях; пластов В₁₃ и В₁₀ – на небольшом по площади участке у южной границы скопления.

Дебиты нефти продуктивных пластов ЕЧС варьируют от нескольких до 200 м³/сут, максимальные – из терригенных пластов, а из карбонатных пластов дебиты обычно от нескольких до 20–30 м³/ сут. Лишь на некоторых месторождениях из одиночных скважин, которые обычно расположены на выступах фундамента, получены притоки нефти из карбонатных пластов, соизмеримые с пластами терригенного венда. В Преображенской скв. 9 из осинского карбонатного пласта получен самый большой приток нефти в пределах ЕЧС – 565 м³/сут.

Кроме громадных подготовленных и прогнозируемых запасов и ресурсов углеводородов Ереминско-Чонское скопление нефти и газа расположено в весьма благоприятных экономических условиях для транспортировки углеводородного сырья местным потребителям и передачи его в бурно развивающиеся страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В его южной части проходит действующий нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) и строящийся газопровод «Сила Сибири». Залежи нефти и газа находятся на небольших глубинах (1300–2100 м). Поэтому авторы статьи рекомендуют этот объект в качестве первоочередного для подготовки запасов и добычи углеводородного сырья в Восточной Сибири.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14—37— 00030).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** нефти и газа Сибирской платформы / под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. – 552 с.

2. Гущина Н. Е., Потлова М. М., Чернова Л. С. Условия формирования и степень преобразованности карбонатных горизонтов западной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Строение и нефтегазоносность карбонатных резервуаров Сибирской платформы. – Новосибирск, 1991. – С. 99–106.

3. Ильин В. Д., Фортунатова Н. К. Методы прогнозирования и поисков нефтегазоносных рифовых комплексов. – М:. Недра, 1988. – 201 с.

4. **Методическое** руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата. – М.: ВНИГНИ, 2000. – 189 с.

5. Мигурский А. В. Дизъюнктивная тектоника и нефтегазоносность платформенных областей: автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Новосибирск, 1997. – 40 с.

6. **Мигурский А. В.** Динамическое воздействие траппового магматизма на нефтегазоносность Непско-Ботуобинской антеклизы // Тектонические критерии прогноза нефтегазоносности Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1986. – С. 26–34.

7. **Модели** строения и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) / Г. Г. Шемин, А. В. Мигурский, М. Ю. Смирнов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. – 315 с.

8. Опорный разрез преображенского горизонта вендско-нижнекембрийского карбонатного комплекса / Г. Г. Шемин, Л. С. Чернова, М. М. Потлова и др. // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 2. – С. 226–236.

9. **Туголесов Д. А.** К тектонике юго-восточной части Сибирской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1952. – № 2. – С. 12–16.

10. **Тэтэйско-Чонская** зона нефтегазонакопления северо-западной части Непско-Ботуобинской антеклизы — крупный объект по подготовке промышленных запасов нефти и газа в преображенском карбонатном горизонте / Г. Г. Шемин, Т. И. Гурова, А. И. Ларичев, А. В. Мигурский // Строение и нефтегазоносность карбонатных резервуаров Сибирской платформы. — Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. — С. 81–95.

11. Чернова Л. С. Генетические модели микрофаций континентальных и прибрежно-морских отложений Сибирской платформы // Коллекторы и экраны нефти и газа в мезозойских и палеозойских отложениях Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. – С. 5–26.

12. 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.

13. Шемин Г. Г. Гигантская зона нефтенакопления в карбонатных отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Синьцзянская нефтяная геология. – 2000. – № 4. – С. 331–342.

14. Шемин Г. Г. Гигантское поле нефтенакопления в преображенском карбонатном горизонте венда Непско-Ботуобинской антеклизы (Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция) // Геология и геофизика. – 1999. – № 8. – С. 1170–1781.

15. Шемин Г. Г. Ереминско-Чонская нефтяная залежь в преображенском карбонатном горизонте венда Непско-Ботуобинской НГО – крупнейший объект по подготовке запасов и добычи углеводородно-го сырья вблизи нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2010. – № 1. – С. 40–52.

16. Шемин Г. Г. Ереминско-Чонская нефтяная залежь Непско-Ботуобинской антеклизы — возможный объект по подготовки запасов углеводородно-

го сырья // Геология нефти и газа. — 2004. — № 5. — С. 19—29.

17. Шемин Г. Г. Ереминско-Чонское скопление нефти в преображенском резервуаре – крупнейший объект по подготовке запасов и добыче углеводородного сырья в Восточной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 122 с.

18. Шемин Г. Г. Палеотектонические предпосылки обнаружения новых скоплений нефти и газа на юге Сибирской платформы // Тектонические критерии прогноза нефтегазоносности Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1986. – С. 20–26.

19. Шемин Г. Г. Прогноз нефтегазоносности отложений венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 42, № 11–12. – С. 1927–1944.

REFERENCES

1. Kontorovich A.E., Surkov V.S., Trofimuk A.A., eds. *Geologiya nefti i gaza Sibirskoy platformy* [Petroleum Geology of the Siberian Platform]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 552 p. (In Russ.).

2. Gushchina N.E., Potlova M.M., Chernova L.S. [Formation conditions and transformation degree of carbonate horizons of the western Nepa-Botuoba anteclise]. *Stroenie i neftegazonosnost' karbonatnykh rezervuarov Sibirskoy platformy* [Structure and petroleum potential of carbonate reservoirs of the Siberian Platform]. Novosibirsk, 1991, pp. 99–106. (In Russ.).

3. Ilyin V.D., Fortunatova N.K. *Metody prognozirovaniya i poiskov neftegazonosnykh rifovykh kompleksov* [Methods for forecasting and prospecting of petroleum reef complexes]. Moscow, Nedra Publ., 1988. 201 p. (In Russ.).

4. Metodicheskoye rukovodstvo po kolichestvennoy i ekonomicheskoy otsenke resursov nefti, gaza i kondensata [Systematic supervision on quantitative and economic evaluation of oil-, gas- and-condensate resources]. Moscow, VNIGNI Publ., 2000. 189 p. (In Russ.).

5. Migursky A.V. *Diz''yunktivnaya tektonika i neft-egazonosnost' platformennykh oblastey. Dokt. Diss.av-toref.* [Disjunctive tectonics and petroleum potential of platforms. Author's abstract of doctoral dissertation]. Novosibirsk, 1997. 40 p. (In Russ.).

6. Migursky A.V. [Dynamic impact of trappean magmatism on the petroleum potential of the Nepa-Botuoba anteclise]. *Tektonicheskie kriterii prognoza neftegazonosnosti Sibirskoy platformy* [Tectonic criteria of forecasting of oil and gas occurrence within the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1986, pp. 26–34. (In Russ.).

7. Shemin G.G., Migursky A.V., Smirnov M. Yu., et al. Modeli stroeniya i kolichestvennaya otsenka perspektiv neftegazonosnosti regional'nykh rezervuarov nefti i gaza Predpatomskogo regional'nogo progiba (Sibirskaya platforma) [Model of structure and quantitative estimation of petroleum potential of regional № 4(36) ♦ 2018

oil-and-gas reservoirs, Predpatom regional trough (Siberian Platform)]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2017. 315 p. (In Russ.).

8. Shemin G.G., Chernova L.S., Potlova M.M., et al. Key section of the Preobrazhenka productive horizon in the Vendian–Lower Cambrian carbonate complex (Lena-Tunguska petroliferous province). *Russian Geology and Geophysics*, 2012, vol. 53, no. 2, pp. 175–184.

9. Tugolesov D.A. [To the tectonics of the southeastern Siberian Platform]. *Izvestiya AN SSSR, Ser. geol. – Proc. of the AS USSR, Series Geology*, 1952, no. 2, pp. 12–16. (In Russ.).

10. Shemin G.G., Gurova T.I., Larichev A.I., Migursky A.V. [The Teteya-Chona petroleum accumulation in the north-eastern Nepa-Botuoba anteclise as a large object for preparation of commercial reserves of oil and gas in the Preobrazhenka horizon]. *Stroenie i neftegazonosnost' karbonatnykh rezervuarov Sibirskoy platformy* [Structure and petroleum potential of carbonate reservoirs of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ.. 1991, pp. 81–95. (In Russ.).

11. Chernova L.S. [Genetic models of continental and coastal-marine deposits microfacies of the Siberian Platform]. *Kollektory i ekrany nefti i gaza v mezozoyskikh i paleozoyskikh otlozheniyakh Sibirskoy platformy* [Reservoirs and shale breaks of oil and gas in Mesozoic and Paleozoic deposits of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1980, pp. 5–26. (In Russ.).

12. Shemin G.G. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti venda i nizhnego kembriya tsentral'nykh rayonov Sibirskoy platformy (Nepsko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizy i Katangskaya sedlovina* [Geology and petroleum potential of the Vendian and Lower Cambrian of the central regions of the Siberian Platform (Nepa-Botuoba, Baykit anteclises and Katanga saddle). Novosibirsk, SB RAS Publ., 2007. 467 p.

13. Shemin G.G. Giant zone of oil accumulation in carbonate sediments of the Nepa-Botuoba anteclise (Siberian Platform). *Xinjiang Petroleum Geology,* 2000, no. 4, pp. 331–342. (In Russ.).

14. Shemin G.G. [Giant field of oil accumulation in the Vendian Preobrazhenka carbonate horizon of the Nepa-Botuoba anteclise (Lena-Tunguska petroleum province)]. *Geologiya i Geofizika – Geology and Geophysics*, 1999, no. 8, pp. 1170–1781. (In Russ.).

15. Shemin G.G. [The Eremin-Chona oil accumulation in the Vendian Preobrazhenka carbonaceous horizon, Nepa-Botuoba petroleum province, as the largest object for hydrocarbon material development and production in proximity to the East Siberia – Pacific ocean pipeline]. *Geologiya i mineral'no syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2010, no. 1, pp. 40–52. (In Russ.).

16. Shemin G.G. [The Eremin-Chona petroleum accumulation in the Vendian Preobrazhensky carbonaceous horizon, Nepa-Botuoba petroleum Province, as the largest object for hydrocarbon material development and production in proximity to the East Siberia – Pacific Ocean oil pipeline]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and gas geology*, 2004, no. 5, pp. 19–29. (In Russ.).

17. Shemin G.G. *Ereminsko-Chonskoye skoplenie nefti v preobrazhenskom rezervuare-krupneyshiy ob''ekt po podgotovke zapasov i dobyche uglevodorodnogo syr'ya v Vostochnoy Sibiri* [The Eremin-Chona oil accumulation in the Preobrazhenka reservoir as the largest object for the preparation of reserves and production of hydrocarbons in the Eastern Siberia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2011, 122 p. (In Russ.).

18. Shemin G.G. [Paleotectonic prerequisite of discovery of new oil-and-gas accumulations in the south of the Siberian Platform]. *Tektonicheskie kriterii prognoza neftegazonosnosti Sibirskoy platformy* [Tectonic criteria of prediction of oil and gas occurrence within the Siberian Platform]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1986, pp. 20–26. (In Russ.).

19. Shemin G.G. [Prediction of petroleum potential for the Vendian and Lower Cambrian of the central regions of the Siberian Platform]. *Geologiya i geofizika* – *Geology and Geophysics*, 2002, vol. 42, no. 11–12, pp. 1927–1944. (In Russ.).

> © Г. Г. Шемин, М. Ю. Смирнов, А. Г. Вахромеев, С. А. Моисеев, А. В. Мигурский, 2018

УДК 552.54(571.5)

СЕДИМЕНТОЛОГИЯ ВЕНДСКИХ СИЛИКОКЛАСТИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Е.М.Хабаров, О.Д.Николенко

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

Выяснены состав, строение и обстановки формирования силикокластических отложений венда на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы. На примере скважины, пробуренной с практически полным отбором керна в нижней силикокластической части венда, прослежена эволюция обстановок седиментации от континентальных (нижняя подсвита курсовской свиты) до морских среднего и глубокого шельфа (верхняя часть курсовской свиты). Песчаники нижнебюкской подсвиты (ботуобинский горизонт) генетически связаны с нижележащими аргиллитами курсовской свиты и представляют собой отложения крупной баровой системы, которая по классической схеме проградировала в сторону более глубоководной части бассейна. Это подтверждается материалами изучения разрезов других скважин. Полученные результаты показывают, что в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы (Среднеботуобинское месторождение) нет явных седиментационных признаков регионального перерыва в основании бюкской свиты и между подсвитами курсовской свиты.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Непско-Ботуобинская антеклиза, терригенный венд, седиментология, региональные перерывы.

SEDIMENTOLOGY OF VENDIAN SILICOCLASTIC DEPOSITS OF THE NORTH-EASTERN NEPA-BOTUOBA ANTECLISE

E. M. Khabarov, O. D. Nikolenko

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

The composition, structure and environments of formation of Vendian silicoclastic deposits in the northeastern Nepa-Botuoba anteclise have been explored. Using the example of the well drilled with almost complete core sampling in the lower silicoclastic part of the Vendian, the evolution of sedimentation environments from the continental (the lower subformation of the Kursov Formation) to the marine ones of middle and deep shelf (the upper part of the Kursov Formation) is unravelled. Sandstones of the Lower Byuk subformation (Botuoba horizon) are genetically related to the underlying mudstones of the Kursov Formation and represented by deposits of large bar system which has progressed to the deeper part of the basin (according to the classical scheme). This is confirmed by the study materials of sections of other wells. The obtained results show that there are no obvious sedimentological features of regional hiatus in the base of the Byuk Formation and between subformations of the Kursov Formation in the north-eastern part of the Nepa-Botuoba anteclise (Srednebotuobinskoe field).

Keywords: Siberian Platform, Nepa-Botuoba anteclise, terrigenous Vendian, sedimentology, regional breaks.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-79-87

Непско-Ботуобинская антеклиза (НБА) на юге Сибирской платформы в настоящее время является наиболее изученным и перспективным нефтегазоносным регионом [3, 4, 6 и др.] (рис. 1). В стратиграфических схемах нефтегазоносных отложений венда и нижнего кембрия НБА, представленных в нижней части силикокластическими образованиями, а в верхней – карбонатно-эвапоритовыми, большое значение придается крупным региональным перерывам, которые, по существу, создают основу для корреляции свит и продуктивных горизонтов. В частности, ботуобинский продуктивный горизонт согласно принятым схемам расчленения отделен от ниже- и вышележащих отложений поверхностями перерыва [3, 4, 6 и др.].

В последние десятилетия в результате геологоразведочных работ в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы (Мирнинский выступ) получен очень качественный керновый материал, который позволяет проводить детальные седиментологические работы. Разноплановое изучение керна разными методами (от ультрамикроскопического до макроскопического) совместно с анализом ГИС нескольких скважин показало, что в основании ботуобинского горизонта в явном виде не фиксируются признаки продолжительного перерыва [1, 2, 5 и др.]. На примере скважины, пробуренной в восточных блоках Среднеботуобинского месторождения, приведем результаты комплексного изучения керна с реконструкцией обстановок седиментации и выяснением основного тренда в развитии вендского бассейна на этой территории.

Геологическая обстановка и стратиграфия

В пределах НБА выделяются две крупные положительные структуры: Непский свод и Мирнинский выступ, расположенный в северо-восточной части антеклизы (см. рис. 1). Они, в свою очередь,



1, 2 – контуры структур: 1 – надпорядковых, 2 – І порядка; 3–5 – пликативные структуры (а – надпорядковые, 6 – І порядка): 3 – положительные, 4 – отрицательные, 5 – промежуточные; 6 – месторождения; 7 – районы исследований; 8 – скважина

разделяются на структуры более мелкого порядка, нередко дизъюнктивными нарушениями северовосточного простирания. В частности, на Мирнинском выступе фиксируется Тас-Юряхская структура с известным Среднеботуобинским месторождением. В разрезе венда выделяются курсовская, бюкская, успунская, кудулахская (венд) и юряхская (нерасчлененный венд – кембрий) свиты [3, 4, 6]. Выше залегают кембрийские и ордовикские образования.

Курсовская свита с несогласием залегает на архей-нижнепротерозойском фундаменте. В нижней части она представлена крупнозернистыми силикокластическими отложениями, которые вверх по разрезу постепенно сменяются преимущественно аргиллитами верхнекурсовской подсвиты. Для нижней подсвиты бюкской свиты (ботуобинский продуктивный горизонт) характерны песчаники, которые перекрываются карбонатно-эвапоритовыми отложениями верхнебюкской подсвиты. В основании бюкской свиты, ее верхней подсвиты, а также в основании успунской свиты обычно указываются перерывы в осадконакоплении [3, 4, 6]. Нижняя силикокластическая часть венда в разрезе скважины,





1–4 – доломиты и магнезиты: 1 – микрит-силтитовые, 2 – строматолитовые, 3 – пизолито-оолитовые, 4 – глинистые; 5 – аргиллиты; 6 – алевроаргиллиты; 7 – алевролиты; 8 – песчаники; 9 – гравелиты и гравелиты песчанистые; 10 – конгломераты; 11 – гранитогнейсы; 12–18 – слоистость: 12 – горизонтальная, 13 – линзовидная, 14 – волнистая, 15 – косая, 16 – косая разнонаправленная, 17 – градационная, 18 – флазерная; 19 – знаки ряби; 20 – оползневые структуры; 21 – трещины усыхания; 22 – интракласты пробуренной в восточных блоках Среднеботуобинского месторождения, показана на рис. 2.

Характеристика разреза силикокластических пород

Курсовская свита (около 90 м) сложена силикокластическими отложениями - от конгломератов, крупных гравелитов, гравелитистых песчаников до средне-крупнозернистых и мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов с общим трендом на уменьшение зернистости вверх по разрезу (см. рис. 2; рис. 3). Выделяются две подсвиты: нижняя песчано-гравелитовая и верхняя аргиллитовая. В основании свиты залегают конгломераты (0,57 м) из плохо окатанных обломков с песчано-глинистым преимущественно базальным матриксом, которые вверх по разрезу переходят в гравелиты (часто с мелкими конгломератовыми обломками) и гравелитистые песчаники с подчиненными слойками и прослоями мелких конгломератов, крупнозернистых косослоистых песчаников, иногда с флазерами и прослоями аргиллитов. Выделяются маломощные (0,2-0,4 м) последовательности, в которых конгломерато-гравелиты и гравелиты сменяются гравелитистыми и крупнозернистами песчаниками, иногда с прослойками аргиллитов. Эти мелкие последовательности группируются в более крупные (метрового масштаба) с трендом на уменьшение зернистости вверх по разрезу. По составу песчаники и гравелитопесчаники преимущественно полевошпат-кварцевые, реже литит-полевошпат-кварцевые. Характерна плохая и реже умеренная сортировка материала. Часто породы сильно ангидритизированы. Кроме ангидритового цемента, отмечаются доломитовый, глинистый и реже регенерационный кварцевый.

В верхней части нижнекурсовской подсвиты преобладают полевошпат-кварцевые, реже лититполевошпат-кварцевые песчаники преимущественно серые, средне-крупнозернистые и крупнозернистые до гравелитистых, реже мелкозернистые до алевритистых, иногда известковистые, с многочисленными округлыми участками (до 2 см) с ангидритовым цементом, с горизонтальной, пологой наклонной, косой (в том числе разнонаправленной), волнисто-линзовидной слоистостью, с многочисленными слойками и интракластами зеленых аргиллитов с трещинами усыхания. Характерна плохая и реже умеренная сортировка материала. Породы часто образуют маломощные последовательности (0,2-0,6 м) с резкими эрозионными границами от средне-крупнозернистых и гравелитистых песчаников с интракластами до мелкозернистых с прослоями аргиллитов. Фиксируются нечеткие циклы метрового масштаба, отражающие периодическое возрастание количества аргиллитов в разрезе (см. рис. 3; рис. 4). Повышенные концентрации в песчаниках и гравелитах нижнекурсовской подсвиты калиевых полевых шпатов (до 40 %), литокластов, флазеров и интракластов аргиллитов дают высокие значения

ГК, которые практически неотличимы от таковых верхнекурсовской подсвиты (см. рис. 2).

Верхняя подсвита курсовской свиты согласно, но с быстрым переходом залегает на песчаниках нижней подсвиты и представлена хлорит-гидрослюдистыми зеленовато-серыми аргиллитами с микрои тонко-горизонтальной, реже волнистой и градационной слоистостью, с микрослойками и прослоями (до 0,1 м) алевроаргиллитов (рис. 5). Отмечаются оползни и включения ангидрита. Характерны высокие концентрации сульфидов. В некоторых скважинах встречаются маломощные прослои доломитов. Выделяется несколько циклов, в нижних частях которых доминируют микрослоистые аргиллиты, а в верхних - тонкие градационные штормовые слои алевроаргиллитов и глинистых алевролитов (см. рис. 3). В верхней части подсвиты в большинстве изученных ранее скважин (26, 70, 99, 1004) среди аргиллитов также отмечаются прослои алевролитов и песчаников штормового и оползневого происхождения. Переход к песчаникам и алевролитам бюкской свиты постепенный.

Нижнебюкская подсвита сложена песчаниками от мелко- до крупнозернистых с горизонтальной и косой слоистостью с флазерами и двойными микрослойками аргиллитов с многочисленными оползневыми структурами в основании подсвиты. Фиксируются нечеткие седиментационные циклы метрового масштаба с общим трендом на возрастание зернистости вверх по разрезу (рис. 6, 7). По составу песчаники преимущественно полевошпат-кварцевые и кварцевые. Вверх по разрезу количество полевых шпатов уменьшается. Цемент порово-пойкилитовый доломитовый или доломитангидритовый, пленочно-поровый глинистый, регенерационный кварцевый. В изученной скважине наряду с многочисленными выделениями позднего (техногенного) галита в большинстве образцов фиксируется крупнокристаллический галит заполнения пор. В самой верхней части разреза нижнебюкской подсвиты в песчаниках возрастает значение доломитового цемента, отмечаются зерна (оолиты, интракласты). Далее песчаники относительно резко сменяются оолитовыми и строматолитовыми доломитами (нередко магнезитовыми) основания верхнебюкской подсвиты.

Основные типы отложений и обстановки седиментации

В зависимости от типа слоистости и поверхностных знаков гравелиты, песчаники и алевролиты курсовской и бюкской свит подразделяются на литологические типы с доминированием горизонтальной и пологой наклонной слоистости, линзовидно-слоистые, косослоистые, с разнонаправленной косой слоистостью, с флазерами и двойными слойками аргиллитов, градационно-слоистые, с оползневыми структурами. Среди аргиллитов в силикокластической части разреза выделяются





Рис. 3. Строение и обстановки формирования курсовской свиты

Седиментационные циклы: мм – мелкие (до 5 м), км – более крупные (5–10 м и более). Остальные усл. обозн. см. на рис. 2



Рис. 4. Конгломераты из основания (а) и аллювиальные циклы (б, в) из нижней посвиты курсовской свиты



Рис. 5. Пограничные слои между песчаниками нижней и аргиллитами верхней подсвит курсовской свиты

Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири – 2018, № 4 – Geology and mineral resources of Siberia



Рис. 6. Строение и обстановки формирования нижней подсвиты бюкской свиты

Усл. обозн. см. на рис. 2

микро-тонко-горизонтально-слоистые аргиллиты, аргиллиты со структурами оползания, алевритовые аргиллиты с градационной слоистостью. Как тип отложений отдельно рассматриваются очень маломощные пакеты тонкого переслаивания песчаников и аргиллитов с трещинами усыхания.

Как отмечалось, в разрезе скважины выделяются разномасштабные циклы, обычно с резкой

84

а

10 11 12

13 14 15

16 17

13

23

24 25

26 27

22

83

2.2

2.1

-

23

57 57

13



Рис. 7. Оползневые структуры из основания бюкской свиты скважин: изученной (а) и скв. 99 (б)

нижней границей, однако их природа, наполнение и направленность в изменении состава отложений существенно различаются. В нижней подсвите курсовской свиты преобладают циклы с уменьшением зернистости вверх по разрезу, а в бюкской свите – наоборот, с ее возрастанием. Выделяются циклы метрового (до 5 м) и более крупного (до 10 м и более) масштаба (см. рис. 3, 6).

Рассмотрим эволюцию обстановок седиментации силикокластических комплексов. В начале курсовского времени осадконакопление плохо сортированных грубообломочных отложений происходило, скорее всего, в пределах проксимальной и среднедистальной частей небольшого аллювиального конуса выноса (см. рис. 3). Далее реконструируется аллювиальная равнина с мелкими реками с твердым донным стоком. Аллювиальные циклы фиксируют смену гравелитовых отложений преимущественно песчаными во время отмирания русел. В этот период практически весь глинистый материал выносился речными потоками. Однако многочисленные интракласты аргиллитов в основании слоев показывают, что глинистый материал в небольшом объеме все-таки отлагался, но был эродирован при формировании новых русел.

š

Позднее аллювиальная равнина с доминированием мелких рек с твердым донным стоком сменилась приморской аллювиальной равниной с многочисленными мелкими руслами. Верхние части аллювиальных циклов метрового масштаба указывают на наиболее заметные эпизоды отмирания русел и формирование межрусловых отложений и иногда прирусловых валов (градационные прослои). В аллювиальных циклах метрового масштаба часто отмечаются последовательности более мелкого масштаба с уменьшением зернистости вверх по разрезу, которые завершаются аргиллитами с трещинами усыхания. Эти данные показывают, что индивидуальные русла были очень мелкими и глубина их не превышала 0,5 м. Вероятно также, что заполнение русел происходило с перерывами из-за «мерцающего» режима рек.

Далее фиксируются обстановки приливно-отливной равнины. Структура разреза мало изменилась. Также выделяются циклы заполнения русел (приливно-отливных каналов) метрового и более мелкого масштаба. Однако отложения стали преимущественно песчаными, в породах часто отмечается разнонаправленная (шевронная) слоистость, свидетельствующая о влиянии приливно-отливных течений на седиментацию. На заключительной стадии формирования преимущественно песчаного разреза курсовской свиты в пределах приливноотливной равнины образовалась мелководная депрессия с последующим ее заполнением и формированием очень маломощной песчаной отмели.

Позднее ситуация в бассейне осадконакопления резко изменилась. Произошло его быстрое углубление с накоплением алевритисто-глинистых осадков на среднеглубоком шельфе, выше и ниже штормового базиса волнения. Мелкие оползневые образования указывают на относительно заметный угол наклона дна. На фоне общей тенденции к углублению отмечаются циклы метрового масштаба, указывающие на периодические углубления бассейна с последующими незначительными обмелениями.

В целом в курсовское время фиксируется четкий тренд в изменении состава пород от грубообломочных отложений к аргиллитам, отражающий смену обстановок от континентальных аллювиальных равнин к приливно-отливным и далее к умеренно глубоководным морским во время максимального затопления.

В раннебюкское время после максимального затопления бассейна наблюдается постепенное выдвижение крупной баровой системы с основ-

ной тенденцией к возрастанию зернистости вверх по разрезу (см. рис. 6). На фоне общего тренда на выдвижение бара отмечаются седиментационные циклы метрового масштаба с возрастанием зернистости вверх по разрезу, которые отражают кратковременные периоды его отступания с последующим выдвижением и, возможно, один нечетко выраженный цикл (с уменьшением зернистости вверх по разрезу) заполнения приливно-отливного канала с последующей переработкой волнением. Вначале седиментация мелкозернистых песков происходила в нижней части фронта бара с относительно крутым склоном и образованием оползней. Далее формировались более крупнозернистые пески верхней части фронта бара, которые находились под влиянием волнения (в том числе штормового) (резкие границы слоев, фрагменты волновых знаков ряби и бугорчатой слоистости), и иногда течений. Выше реконструируется обстановка гребня бара с образованием горизонтально-слоистых, однородных и косослоистых преимущественно крупнозернистых песков. На завершающей стадии произошло незначительное отступание бара с последующим его выдвижением. Затем резко уменьшился объем поступающего в бассейн силикокластического материала и началось формирование главным образом карбонатных отложений верхнебюкской подсвиты.

В целом в изученном разрезе отмечается последовательная смена континентальных обстановок морскими, в том числе умеренно глубоководными, в период максимального затопления (верхнекурсовские аргиллиты) с последующим выдвижением бюкской баровой системы в сторону глубоководной части бассейна. Следует отметить, что сходный тренд в развитии бассейна на северо-востоке НБА фиксируется также и в разрезах других изученных скважин (26, 70, 99, 1004), которые вскрыли вендские силикокластические отложения. Сокращение мощности силикокластических комплексов, например юго-западнее (Восточно-Сугдинский и Могдинский лицензионные участки), связано, скорее всего, с тем, что затопление окраины Сибирской платформы было не одномоментным, а растянутым во времени.

Выводы

Проведено детальное седиментологическое изучение разреза силикокластической части венда одной из скважин с привлечением материалов по другим изученным скважинам северо-востока НБА (Среднеботуобинское месторождение). Реконструирована последовательная смена обстановок от континентальных (нижняя подсвита курсовской свиты) до морских среднего и глубокого шельфа (верхняя часть курсовской свиты).

Песчаники нижнебюкской подсвиты (ботуобинский горизонт) генетически связаны с нижележащими аргиллитами курсовской свиты и представляют собой отложения крупной баровой системы, которая по классической схеме проградировала в сторону более глубоководной части бассейна.

Полученные результаты показывают, что в северо-восточной части НБА, на территории Среднеботуобинского местрождения нет явных седиментационных признаков региональных перерывов в основании бюкской свиты и между подсвитами курсовской свиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вараксина И. В., Хабаров Е. М., Кротова М. М. Влияние структурно-вещественных параметров на фильтрационно-емкостные свойства пород ботуобинского горизонта венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 67–74.

2. Лебедев М. В., Чернова Л. С. Фациальные модели терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 10. – С. 51–64.

3. **Мельников Н. В.** Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 145 с.

4. Непско-Ботуобинская антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР // А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, В. Н. Воробьев и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 245 с.

5. **Стратиграфическая** схема терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы / М. В. Лебедев, С. А. Моисеев, В. А. Топешко, А. М. Фомин // Геология и геофизика. – 2014. – № 5–6. – С. 874–890.

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

REFERENCES

1. Varaskina I.V., Khabarov E.M., Krotova M.M. [Influence of structural and compositional parameters on filtration-volumetric characteristics of the Vendian Botuoba horizon in the north-eastern Nepa-Botuoba anteclise]. *Geologiya i mineral'no syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 67–74. (In Russ.).

2. Lebedev M.V., Chernova L.S. [Facies models for Vendian terrigenous deposits in the northeastern Nepa-Botuoba anteclise (Siberian Platform)]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*,1996, vol. 37 (10), no. 10, pp. 51–64. (In Russ.).

3. Melnikov N.V. Vend-kembriyskiy solenosnyy basseyn Sibirskoy Platformy [Vendian-Cambrian saliferous basin of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2009. 145 p. (In Russ.).

4. Antsiferov A.S., Bakin V.E., Vorobyev V.N., et al. Nepsko-Botuobinskaya antekliza – novaya perspe-

ktivnaya oblast' dobychi nefti i gaza na vostoke SSSR [Nepa-Botuoba anteclise – a new promising region of oil and gas production in the East of the USSR]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. 245 p. (In Russ.).

5. Lebedev M.V., Moiseev.S.A., Topeshko V.A., Fomin A.M. Stratigraphy of Vendian terrigenous deposits in the north-eastern Nepa-Botuoba anteclise. *Russian Geology and Geophysics*, 2014, vol. 55, no. 5–6, pp. 691–703. 6. Shemin G.G. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti venda i nizhnego kembriya tsentral'nykh rayonov Sibirskoy platformy (Nepsko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizy, Katangskaya sedlovina*) [Geology and petroleum potential of the Vendian and Lower Cambrian of central regions of the Siberian Platform (Nepa-Botuoba, Baykit anteclises and Katanga saddle)]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2007. 467 p. (In Russ.).

© Е. М. Хабаров, О. Д. Николенко, 2018

УДК (551.894+550.4):553.97(571.55-15)

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕКЛЕМИШЕВСКОЙ ВПАДИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

С.А.Решетова, А.Б.Птицын

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

На основе детальных палинологических исследований и радиоуглеродного датирования отложений озерно-болотной геосистемы Забайкалья реконструирована растительность за последние 3000 лет. Получена высокоразрешающая запись природной среды Беклемишевской впадины в позднем голоцене. Реконструирована растительность, близкая по составу к современной, которая представлена низкои среднегорными светлохвойными лесами из сосны и лиственницы с распространением в долинных частях луговых и лугово-степных сообществ. На хребтах редко встречаются ель, кедр и пихта. Палинологическая запись показала, что за время накопления торфяного слоя мощностью 30 см существенных изменений в составе региональной растительности не происходило, что хорошо согласуется с палинологической записью, полученной ранее по результатам исследования донных отложений оз. Арахлей. Установлено, что качественным критерием изменения природной среды Беклемишевской впадины при выполнении палеореконструкций по торфяным и донным отложениям, кроме спор и пыльцы, могут являться сообщества зеленых водорослей рода педиаструм.

Ключевые слова: палинологический анализ, торфяные отложения, радиоуглеродное датирование, поздний голоцен, Забайкалье.

PALINOLOGICAL STUDIES OF PEAT SEDIMENTS OF THE BECKLEMISHEVO DEPRESSION (CENTRAL TRANSBAIKALIA)

S. A. Reshetova, A. B. Ptitsyn

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

On the basis of detailed palynological studies and radiocarbon dating of sediments of the lake-marsh geosystem of Transbaikalia, vegetation has been reconstructed over the past 3,000 years. A high-resolution recording of the natural environment of the Beklemishevo depression in the Late Holocene was obtained. Reconstructed vegetation is similar in composition to the modern, represented by low and middle mountain light coniferous forests of pine and larch with the spread in the valley parts of meadow and meadow-steppe communities. Spruce, cedar and fir are rare on the ridges. The palynological record showed that during the accumulation of the peat layer with a thickness of 30 cm, there were no significant changes in the composition of the regional vegetation, which is in good agreement with the palynological record obtained earlier from the results of the study of bottom sediments of the Arakhley Lake. It has been established that a qualitative criterion for changing the natural environment of the Beklemishevo depression when performing paleoreconstructions on peat and bottom sediments, except for spores and pollen, may be communities of green algae of the genus pediastrum.

Keywords: palynological analysis, peat sediments, radiocarbon dating, Late Holocene, Transbaikalia

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-88-94

Палинологический метод исследования – один из немногих, позволяющих получать тренды естественных изменений биосферы, в том числе и ближайшем прошлом, которые, в свою очередь, могут быть основой прогнозов глобальных изменений природной среды и климата. Для этих целей особенно важны детальные палеореконструкции в позднем голоцене, выполненные на основе радиоуглеродного датирования отложений. Такого рода детальные исследования на большой территории Центрального и Восточного Забайкалья не столь многочисленны [6, 9, 12].

Наиболее содержательными и представительными ископаемыми палинологическими спектрами в Забайкалье характеризуются осадки донной фации былых и современных озер и торфяные отложения. Крупные болота, имеющие значительную глубину и мощные отложения торфа, в Забайкалье отсутствуют. Здесь широко распространены различного типа заболоченные земли с травяным, кустарниковым и лесным покровом с маломощными торфяными отложениями, не превышающими 0,5 м [2].

Объектом исследования послужили торфяные отложения Беклемишевской впадины, расположенной в пределах Витимского среднетаежного плоскогорья между хребтами Яблоновый (на юговостоке) и Осиновый (на северо-западе). Длина впадины 130 км, ширина от 3 до 15 км [3]. Для нее характерен среднегорный и плоскогорный рельеф с плавными очертаниями водоразделов с неглубокими долинами. Основную часть Беклемишевской впадины занимает долина р. Хилок и группа Ивано-Арахлейских озер, наиболее крупные – Шакша, Арахлей, Иван, Тасей, мелкие – Былое, Белое и др.

Климат в районе данной группы озер резко континентальный. Господствующие направления

ветра – северо-западное и западное. Осадков выпадает недостаточно (300–350 мм/год).

Преобладают низко- и среднегорные светлохвойные леса, преимущественно лиственничники со смешанным подлеском из рододендрона даурского, шиповника, ерника и душекии [11]. Большая часть из них подвергалась пожарам и вырубкам, превращаясь в лиственнично-березовые, березоволиственничные, березово-осиновые производные леса. На более дренированных участках располагаются урочища с примесью сосны обыкновенной. Сосновые и березовые леса встречаются редко, для них характерна примесь лиственницы Гмелина. На хребтах могут встречаться ель, кедр и пихта [1]. Плоские долины рек и нижние части склонов заняты луговыми и лугово-степными сообществами. Широко распространены различного типа заболоченные земли с травяным, кустарниковым и лесным покровом и маломощными торфяными отложениями. Кустарниковый тип растительности на рассматриваемой территории представлен лугово-лесными кустарниковыми сообществами из разных видов ив и ольховника. Встречается на пологих склонах впадины и вдоль речных русел.

Материалы и методы

Изучен разрез торфяных отложений на западном побережье оз. Былое в точке с координатами 52°13'36,0" с. ш., 112°48'24,4" в.д. (рис. 1). Мощность отложений составила 29 см (рис. 2).

Масса каждого изученного образца 10 г. Физико-химическая обработка выполнена с применением методики извлечения спор и пыльцы из ископаемого торфа [7].



Рис. 1. Местоположение изученного разреза (показано стрелкой)



Рис. 2. Керн торфяных отложений с побережья оз. Былое

Микроскопические исследования проведены с помощью биологического микроскопа Zeiss Axiolab (Германия). Изучены каждые 5 мм отложений, а на глубине 13–15 см – каждые 10 мм. Вместе с поверхностной пробой всего исследовано 56 образцов. Слайды просмотрены при увеличении в 400 и в 630 раз. Определение морфологических признаков пыльцевых зерен, спор и установление их таксономической принадлежности выполнено с помощью специальной литературы [4, 5, 8, 13].

Наряду со спорами и пыльцой в составе палинологического мацерата определены виды зеленых пресноводных водорослей *Chlorophyta* [10], которые подсчитаны отдельно от спор и пыльцы.

Процентное содержание каждого таксона рассчитано от суммы пыльцы наземной растительности, пыльцы гидрофитов и спор – от общего числа пыльцевых зерен и спор в образце. Обилие водорослей определено от суммы пыльцы наземной растительности и водорослей.

При построении спорово-пыльцевой диаграммы в группу разнотравья (Other herbs) вошла пыльца таксонов, которые установлены в незначительных количествах и не во всех спектрах. В группе объединены цикориевые, кипрейные, гречишные, бобовые, зонтичные, мареновые, подорожниковые, капустные, гераниевые, валериановые, яснотковые, лилейные и сложноцветные, за исключением рода полыни.

При восстановлении облика растительного покрова учитывались данные о составе споровопыльцевых спектров поверхностных проб региона, о пыльцевой продуктивности растений, роли вертикальной поясности в распределении растительности, а также степени ее сохранности в ископаемом состоянии.

Радиоуглеродное датирование выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и мирового океана СПбГУ.

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что все образцы торфа (за исключением обр. № 55 на гл. 28–28,5 см) были хорошо насыщены спорами и пыльцой. В среднем количество пыльцы и спор в каждом образце превышало 300 зерен, что позволило выполнить их статистическую обработку.

Результаты радиоуглеродного датирования (табл. 1) показали, что 30-сантиметровый слой торфяных отложений на побережье оз. Былое накапливался в течение примерно 3000 лет. Таким образом, торфяные отложения побережья оз. Былое были изучены палинологическим методом с разрешением 55 лет в инт. 0–14 см и 66 лет в инт. 14–29 см. В соответствии с полученными радиоуглеродными данными была построена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 3). Nº 4(36) ♦ 2018





<u>N</u>⁶ 4(36) ♦ 2018

Результаты определения абсолютного возраста образцов торфяных отложений разреза оз. Былое радиоуглеродным методом

Лабораторный номерОписаниеРадиоуглеродный
возраст, летКалиброванный возраст
(календарный), летЛУ-8971Byl-1, гл. 12–14 см, торф1570±1001480±100ЛУ-8972Byl-2, гл. 27–28 см, торф3070±903260±120

Примечание. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочная кривая «IntCal 13»). Christopher Bronk Ramsey (https://c14.arch.ox.ac.uk).

Таблица 2

Таблица 1

Таксоны растений, установленные в результате палинологических исследований торфяных отложений оз. Былое

	Группы растений	Семейство, род, вид
оности	Древесные	Ель Picea obovata, пихта Abies, лиственница Larix, сосна сибирская кедровая Pinus sibirica, сосна обыкновенная P. sylvestris, ильм Ulmus, береза древесная Betula alba- type
титель	Кустарники	Береза кустарниковая Betula nana-type, кедровый стланик Pinus pumila, душекия или ольховник Duschekia, ива Salix
Пыльца наземной рас	Кустарнички и травы	Вересковые Ericaceae, эфедра Ephedra, полынь Artemisia, сложноцветные Asteraceae, тысячелистник Achillea, цикориевые Chicoriaceae, одуванчик Taraxacum, мордовник Echinops, амброзия Ambrosia, злаковые Poaceae, осоковые Cyperaceae, маревые Chenopodiaceae, лютиковые Ranunculaceae, василистник Thalictrum, гречишные Polygonaceae, капустные Brassicaceae, гераниевые Geraniaceae, розоцветные Rosaceae, кровохлебка Sanquisorba, луковые Alliaceae, бобовые Fabaceae, володушка Bupleurum, зонтичные Apiaceae, валериана Valeriana, подорожник Plantago, подмаренник Galium, кипрейные Onagraceae, яснотковые Labiatae, гвоздичные Caryophyllaceae, синюховые Polemoniaceae и лилейные Liliaceae
	Гидрофиты	Рогоз <i>Typha</i> , гречишка водная <i>Popygonum amphibium</i> , частуха <i>Alisma</i> , ежеголовник <i>Sparganium</i> , рдест <i>Potamogeton</i>
	Споровые	Сфагновый мох Sphagnum, плаун булавовидный Lycopodium clavatum, плаун темный L. obscurum, гроздовник Botrychium, многоножковые Polypodiaceae, печеночный мох Riccia, бриевый мох Bryales (крупные формы)
Водоросли		Виды, образующие колонии: Pediastrum boryanum var. longicome, P. boryanum var. cornutum, P. boryanum var. div., P. integrum, P. privum, P. kawraiskyi, P. boryanum var. caribeanum, P. simplex, P. duplex var. rugulosum, P. orientale, P. angulosum. Одиночные: Tetraedron minimum

Результаты анализа показали, что во всех палинологических спектрах доминирует пыльца древесных растений. Ее количество в среднем составляет 62 %, преобладает пыльца сосны обыкновенной и березы, пыльцы лиственницы в спектрах не более 6 %. Ель и пихта представлены единичными экземплярами пыльцевых зерен. Количество пыльцы кустарников в спектрах в среднем равно 17 %, доминирует пыльца кустарниковой березы. Кроме нее в небольшом количестве установлена пыльца стланика, ольховника, ивы. Среди трав и кустарничков (в среднем равно 20 %) преобладает пыльца полыни. Постоянно присутствует пыльца осок, злаков и эфедры. Остальные таксоны представлены в меньшей степени или вообще периодически единичными пыльцевыми зернами. Количество спор в исследованных спектрах в среднем не превышает 1 %.

К локальным компонентам палинологических спектров отнесена пыльца трав семейства осоковых и кустарниковых растений – березы, ивы и ольховника, зеленые водоросли *Pediastrum u Tetraedron*. Региональными компонентами являются пыльцевые зерна древесных растений — лиственницы, сосны обыкновенной, сосны сибирской кедровой, ели и пихты сибирской, березы. Полный таксономический состав, установленный в палинологическом мацерате, приведен в табл. 2.

По результатам исследования реконструируется растительность среднетаежных низкогорных ландшафтов, близкая по составу к современной, представленной березово-лиственничными, рододендроновыми лиственничными с сосной и березой лесами. Кустарники (ива, ольховник и кустарниковая береза) росли в непосредственной близости от озера. По берегам озера были развиты злаковоосоковые группировки. На наличие луговых и лугово-степных участков указывает постоянно присутствующая в спектрах пыльца лютиковых, эфедры и полыни.

Палинологическая запись показала, что за время накопления торфяного слоя существенных изменений в составе региональной растительности не происходило. Это хорошо согласуется с палинологической записью, полученной ранее по донным осадкам оз. Арахлей [9] (рис. 4).



Рис. 5. Виды зеленых водорослей, определенные в торфяных отложениях оз. Былое

a – Pediastrum boryanum var. div.; 6 – P. duplex var. rugulosum; B – P. boryanum var. longicome; r – P. privum; d – P. kaw-raiskyi; e – P. boryanum var. caribeanum; $\pi – P$. simplex; a – Tetraedron minimum

В нижней и верхней частях разреза торфяных отложений зафиксировано повышенное содержание ценобиев зеленых водорослей с преобладанием среди них *Pediastrum boryanum* (см. рис. 3, 5). Известно, что этот вид чрезвычайно обилен в чистых прудах, болотах, реках, озерах, в зарослях тростников и камышей. Это широко распространенный представитель в альго-бактериальных прибрежных сообществах.

В результате экспериментальных исследований жизненного цикла *Pediastrum boryanum* установлено, что максимально быстрое размножение его клеток происходит при высоком уровне освещенности и температуры [14]. Численное увеличение клеток водорослей в разрезе исследованных торфяных отложений, зафиксированное дважды, может свидетельствовать об увеличении инсоляции и повышении в то время температуры воды. В мелководном озере вода могла хорошо прогреваться в период как увеличения площади зеркала, так и его уменьшения.

Высокое содержание педиаструма было установлено дважды в палинологической записи оз. Арахлей (см. рис. 4): первое в период, аналогичный европейскому периоду потепления климата аллеред на рубеже 13000 лет назад; второе – на рубеже 10500 лет назад. Этот рубеж охарактеризован максимальными значениями температур и влажности для Беклемишевской котловины за весь голоценовый период [9].

Новая детальная палинологическая запись, полученная по результатам исследования торфяных отложений побережья оз. Былое, позволила реконструировать растительность и, в совокупности с ранее полученными данными по оз. Арахлей, выявить компоненты спорово-пыльцевых спектров, характеризующие изменения озерно-болотной геосистемы Беклемишевской впадины в голоцене на локальном и региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобринев В. П., Пак Л. Н., Фищенко В. В. Кедровые леса Восточного Забайкалья. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. — 264 с.

2. **Дылис Н. В., Рещиков М. А., Малышев Л. И.** Растительность / под общ. ред. И. П. Герасимова // Предбайкалье и Забайкалье. — М.: Наука, 1965. — С. 225—281.

3. Кулаков В. С., Синица С. М. Беклемишевская впадина // Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие. – Новосибирск: Наука, 2009. – С. 68–69.

4. **Куприянова Л. А., Алешина Л. А.** Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiaceae – Zygophyllaceae. – Л.: Наука, 1978. – 184 с.

5. **Куприянова Л. А., Алешина Л. А.** Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. – Л.: Наука, 1972. – 170 с.

6. Особенности озерного осадконакопления в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья в голоцене (на примере отложений оз. Зун-Соктуй) / В. Б. Базарова, Т. А. Гребенникова, Л. М. Мохова, Л. А. Орлова // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 3. – С. 426–438.

7. Петрова И. В., Кондратене О. П., Дедович Г. С. Методические рекомендации к технике обработки осадочных пород при спорово-пыльцевом анализе. – Л.: ВСЕГЕИ, 1986. – 76 с. № 4(36) ♦ 2018 —

8. Пыльцевой анализ / гл. ред. И. М. Покровская. – Л.: Госгеолиздат, 1950. – 570 с.

9. Растительность Центрального Забайкалья в позднеледниковье и голоцене / С. А. Решетова, Е. В. Безрукова, В. Паниззо и др. // География и природные ресурсы. – 2013. – Т. 34, № 2. – С. 110–117.

10. **Янковска В.** Кокковые зеленые водоросли на пыльцевых слайдах и их значение для палеоэкологии // Палинология: стратиграфия и геоэкология: сб. науч. тр. XII Всерос. палинол. конф. – СПб.: ВНИ-ГРИ, 2008. – С. 289–294.

11. **Янькова В. Н.** Растительность // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. – Чита: Поиск, 2002. – С. 31–38.

12. Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia / V. B. Bazarova, M. S. Lyaschevskaya, T. A. Grebennikova, L. A. Orlova // Quaternary International. – 2015. – Vol. 355. – P. 44–51.

13. Nakamura J. Diagnostic characters of pollen grains of Japan // Osaka Mus. Nat. Hist. Spec. Publ. – 1980. – Vol. 13. – 90 p.

14. **Park J. B., Craggs R. J., Shilton A. N.** Algal recycling enhances algal productivity and settle ability in Pediastrum boryanum pure cultures // Water Research. – 2015. – Vol. 87. – P. 97–104.

REFERENCES

1. Bobrinev V.P., Pak L.N., Fischenko V.V. *Kedrovyye lesa Vostochnogo Zabaykal'ya* [Cedar forests of Eastern Transbaikalia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 264 p. (In Russ.).

2. Dylis N.V., Reschikov M.A., Malyshev L.I.; Gerasimov I.P. ed. [Vegetation]. *Predbaykal'ye i Zabaykal'ye* [Pre-Baikal and Transbaikalia]. Moscow, Nauka Publ., 1965, pp. 225–281. (In Russ.).

3. Kulakov V.S., Sinitsa S.M. [Beklemishevo Depression]. *Malaya entsiklopediya Zabaykal'ya: Prirod-noye naslediye* [Small Encyclopedia of Transbaikalia: Natural Heritage]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, pp. 68–69. (In Russ.).

4. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa dvudol'-nykh rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR. Lamiac-eae – Zygophyllaceae* [Pollen of dicotyledonous plants in the flora of the European part of the USSR. Lamiac-eae – Zygophyllaceae]. Leningrad, Nauka Publ., 1978. 184 p. (In Russ.).

5. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa i spory rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR* [Pollen and plant spores of the European part of the USSR. Vol. 1]. Leningrad, Nauka Publ., 1972. 170 p. (In Russ.).

6. Bazarova V.B., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Orlova L.A. Holocene lake sedimentation in the steppe zone of southeastern Transbaikalia (exemplified by the sediments of Lake Zun-Soktui). *Russian Geology and Geophisics*, 2011, vol. 52, no. 3, pp. 333–342.

7. Petrova I.V., Kondratene O.P., Dedovich G.S. *Metodicheskiye rekomendatsii k tekhnike obrabotki osadochnykh porod pri sporovo-pyl'tsevom analize* [Methodical recommendations for the technique of processing sedimentary rocks during spore-pollen analysis]. Leningrad, VSEGEI Publ., 1986. 76 p. (In Russ.).

8. Pokrovskaya I.M (Ch. ed.). *Pyl'tsevoy analiz* [Pollen analysis]. Leningrad, Gosgeolizdat Publ., 1950. 570 p. (In Russ.).

9. Reshetova, S.A., Bezrukova E.V., Panizzo V., et al. [Vegetation of the Central Transbaikalia in the Late Glacial and Holocene]. *Geografiya i prirodnyye resursy* – *Geography and natural resources*, 2013, vol. 34, no. 2, pp. 110–117. (In Russ.).

10. Jankowska V. [Coccal green algae on pollen slides and their significance for paleoecology]. *Sbornik nauchnykh trudov XII Vserossiyskoy palinologicheskoy konferentsii. Palinologiya: stratigrafiya i geoekologiya* [Collection of scientific papers of the XII All-Russian Palynological Conference. Palynology: stratigraphy and geoecology]. Saint Petersbourg, VNIGRI Publ., 2008, pp. 289–294. (In Russ.).

11. Yankova V.N. [Vegetation]. *Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: prirodno-resursnyy potentsial territorii*. [Ivano-Arakhleisky zakaznik: natural resource potential of the territory]. Chita, Poisk Publ., 2002, pp. 31–38. (In Russ.).

12. Bazarova V.B., Lyaschevskaya M.S., Grebennikova T.A., Orlova L.A. Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia. *Quaternary International*, 2015, vol. 355, pp. 44–51.

13. Nakamura J. Diagnostic characters of pollen grains of Japan. *Osaka Mus. Nat. Hist. Spec. Publ.*, 1980, vol. 13. 90 p.

14. Park J.B., Craggs R.J., Shilton A.N. Algal recycling enhances algal productivity and settle ability in Pediastrum boryanum pure cultures. *Water Research*, 2015, vol. 87, pp. 97–104.

© С. А. Решетова, А. Б. Птицын, 2018

УДК 550.834:004.032.26(571.53)

РАЗВИТИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ПАТТЕРНЫ

Д. О. Гафуров¹, О. М. Гафуров²

¹Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья, Красноярск, Россия; ²ООО «ИнформГеоСервис», Томск, Россия

Рассмотрены основы мышления и возможности реализации наработанного практического опыта развития методов, технологий применения искусственных нейронных сетей на основе нейроэмулятора на нейроморфных вычислительных устройствах с формированием паттернов. Приведены результаты формирования паттернов в сейсмических волновых полях 2D и 3D по Верхнечонскому нефтегазовому месторождению с дальнейшим прогнозом на его основе на лицензионных участках, что привело к открытию залежи.

Ключевые слова: нейронные сети, комплексирование данных, паттерны, рефлексы, конечные автоматы, финитная индукция, нейроморфные чипы.

DEVELOPMENT AND PRACTICAL APPLICATION OF NEURAL INFORMATION TECHNOLOGIES. PATTERNS

D. O. Gafurov¹, O. M. Gafurov²

¹Krasnoyarsk Research Institute of Geology and Mineral Resources, Krasnoyarsk, Russia; ²InformGeoServis, Tomsk, Russia

In the present paper the authors consider fundamentals of intellection and possibility of realizing the accumulated practical experience in the development of methods and application technologies of artificial neural networks based on a neuro-emulator on neuromorphic computing devices with composition of patterns. Patterns composition results in 2D and 3D seismic wavefields over the Verkhnechonskoye oil and gas field are presented as well as the further forecast on its basis at licensed blocks, which led to the discovery of accumulation.

Keywords: neural networks, integration of data, patterns, reflexes, finite state automatons, finite induction, neuromorphic chips.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-95-104

Область компьютерных наук, образовавшихся на пересечении искусственного интеллекта, статистики и теории баз данных, называется Data Mining (обнаружение знаний в данных). Этот термин обозначает процесс получения из «сырых» данных новой потенциально полезной информации о предметной области. Наряду с классическими методами математического анализа и численного моделирования используется также теория нейронных сетей.

Актуальность исследований в этом направлении подтверждается широким и разнообразным применением нейронных сетей [1, 11]: автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем, организация ассоциативной памяти и мн. др.

Подход, ориентируемый на объединение принципов обучаемости и интерпретируемости, соответствует целям и задачам Data Mining. В основу современной технологии Data Mining (discoverydriven data mining) положена концепция шаблонов (паттернов), отражающих фрагменты многоаспектных взаимоотношений в данных.

Эти шаблоны представляют собой закономерности, свойственные подвыборкам данных, которые могут быть компактно выражены в понятной человеку форме. Поиск шаблонов производится методами, не ограниченными рамками априорных предположений о структуре выборки и о виде распределения значений анализируемых показателей.

Корпорация IBM работает совместно с DARPA над созданием нейроморфных чипов (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics – SyNAPSE) еще с 2008 г., имея целью создание чипов и систем, работа которых была бы организована по принципу работы нейронов мозга животных.

Базируясь на накопленном практическом опыте, мы предлагаем реализацию методов и технологий применения искусственных нейронных сетей на основе нейроэмулятора на нейроморфных вычислительных устройствах с формированием паттернов. Нами использованы эмпирические и теоретические методы исследования; а кроме того, интеллектуальные системы, уже внедренные в производство, созданные в разные годы с участием лично авторов и под их (а также В. И. Сырямкина и др.) руководством [3, 9, 10]: интеллектуальные нейроинформационные системы (ИНС) «НейроИнформГео», «НейроРобот», «НейроФинЭксперт» и др. Решения задач основаны на экспериментальных данных и известных теоретических положениях адаптивных систем управления, нейроинформационных технологий, методов Data Mining, акустики, машинного зрения и навигации.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью разработанных математических моделей, их адекватностью по известным критериям оценки изучаемых процессов, использованием известных положений фундаментальной науки, сходимостью полученных теоретических результатов с данными эксперимента и результатами промышленной эксплуатации систем, а также результатами исследований других авторов. Новизна технического решения подтверждается патентами на изобретения и авторскими свидетельствами [1, 5, 6, 8].

Комплексирование геолого-геофизических данных выполнялось с использованием математического аппарата нейронных сетей, реализованного в интеллектуальной геоинформационной системе «НейроИнформГео», разработанной в ООО «ИнформГеоСервис» [2, 7, 10].

Основы мышления

В нейрофизиологии сформулирован закон проведения нервного импульса по синапсам, идентифицированы зрительная и слуховая зоны, построена карта проекций таламических ядер на кору больших полушарий мозга и т. д.

Общая структуры сознания складывается из зрительной, слуховой, тактильной и соматической зон. Все это накладывается на живую нейросеть. Иначе говоря, способ исчисления лежит в обученных и постоянно существующих нейросетях при создании нейророботов либо при рождении животного или человека. Данные нейросети образуют систему безусловных рефлексов и должны обеспечить выживаемость живого организма или нейророботов в реальном физическо-временном континууме. В этой же системе формируются дополнительные навыки, т. е. в других участках мозга формируются новые нейросети (вырабатывается условный рефлекс).

Основная парадигма такова: во всех исчислениях участвуют только готовые (врожденные, переносимые по наследству или, в нашем случае, образованные на предыдущем этапе или предыдущими поколениями нейророботов) библиотеки нейросетей, а также обученные нейросети уже во время жизни живого существа или функционирования нейроробота в режиме реального времени (паттерны).

Основные концепции работы мозга

Врожденные (безусловные) рефлексы получены в основном во время эволюционного развития тела и обеспечивают его привязку к дневной поверхности планеты (или возможность вернуться в океан). Условные рефлексы – основа обучения, дообучения и переобучения нейросетей.

Функция распознавания образов – фундаментальное свойство живой природы. Принципиально важной особенностью распознавания образов нейронной сетью является способность восстановления образа по редуцированным, неполным или искаженным данным, хранящимся в памяти. Например, к распознаванию предъявляется упрощенное изображение или его часть, и задача нейронной сети – восстановление полного ключевого образа, хранящегося в памяти.

Моделирование внешних процессов и событий. Так, сон человека – это время чистки и одновременно постоянное повторение уже произошедших дневных событий, выделение наиболее значимых, их запоминание, т. е. переобучение или закрепление уже переобученных сетей.

Соединение обучения, дообучения, переобучения¹ с распознаванием и моделированием произошедших физических событий и процессов, что ведет к появлению условных рефлексов и их закреплению, т. е. появление навыков.

Хаотическая динамика магнитно-электрической активности мозга (исследования показали, что электроэнцефалограммы животных и человека, а также магнитные поля, генерируемые в межнейронных тканях мозга, представляют собой детерминированные хаотические процессы с небольшим числом степеней свободы).

Параллельные методы обработки входящей и моделируемой информации в мозге.

Магнитные свойства клеток глии (глиальные клетки).

Подразделы нейросетевой структуры мозга (колонки кортекса).

Осцилляции различных участков мозга, резонанс и подача обработанных сигналов опять на первую сигнальную систему в зрительную, слуховую, соматическую зоны в полном или частичном объеме.

Проекты по изучению и моделированию мозга Европа

Одним из самых известных и громких проектов по моделированию человеческого мозга является *Human Brain Project*, который разрабатывает команда из швейцарской Федеральной политехнической школы в Лозанне под руководством профессора Генри Маркрама (Henry Markram). Цель проекта – синтезировать все знания, полученные людьми о мозге, в единую полноценную модель внутри суперкомпьютера. В 2013 г. проект получил грант Еврокомиссии на 1 млрд евро. *США*

Проект BRAIN Initiative, часто называемый Brain Activity Map Project, что означает «Карта активности мозга». Название говорящее: предполагается, что за 10 лет американским ученым удастся зафиксировать и картографировать активность каждого нейрона в человеческом мозге. Проект был одобрен администрацией президента Б. Обамы в 2013 г.: на его осуществление планируется выделить 3 млрд долларов из федерального бюджета.

¹У живого существа это обычно связано по обратной связи с болевым процессом.

Нитап Connectome Project, или «Коннектом человека», был запущен в 2009 г. Национальным институтом здоровья США. Как и предыдущий, это прямой логический потомок «Генома человека»¹. Его цель — наиболее полное картирование связей между нейронами нашего мозга.

Особо выделяется финансируемый DARPA и IBM американский эксперимент SYNAPSE – «Система нейроморфной адаптивной пластичной масштабируемой электроники». Своей целью руководитель проекта Дхармендра Модха (Dharmendra Modha) ставит создание не виртуальной, а вполне реальной копии мозга, воплощенной в виде микросхемы с искусственными нейронами, зафиксированными на кремниевой основе.

Искусственные нейронные сети

Нейросетевые методы базируются на применении различных типов нейронных сетей (HC). HC состоит из элементов, называемых формальными нейронами, которые имитируют работу нейронов коры головного мозга. Каждый нейрон преобразует набор сигналов, поступающих к нему на вход, в выходной сигнал (рис. 1, 2).

Между отдельными нейронами может существовать связь, и именно эти связи, кодируемые весовыми коэффициентами, играют ключевую роль в функционировании HC. Связи между нейронами на рис. 2 обозначены буквой W, верхний индекс показывает принадлежность весового коэффициента конкретному слою. Одним из преимуществ НС является возможность параллельного функционирования всех элементов, что позволяет существенно повысить эффективность решения задачи в целом. Эта особенность НС успешно используется в системах распознавания образов. Нейронная сеть имеет входы Х и выходы Ү, представляя собой систему, которая формирует выходное состояние в зависимости от входного. Наличие весовых коэффициентов, которые можно определять алгоритмически, позволяет придать НС важнейшее свойство – способность обучаться.

Архитектура нейроплаты и одного нейропроцессора

Каждый нейропроцессор выполняет вычисления для всех назначенных ему нейронов. А поскольку NPU реализует сигмовидную активацию многослойного персептрона, каждый нейрон вычисляет свой вывод: $y = \text{sigmoid}(P_i(X_i - W_i))$, где X_i – вклад в нейроне, W_i – его соответствующий вес. Как показано на рис. 3, б, Weight cache (кольцевой буфер) хранит весовые коэффициенты (паттерн).



Рис. 1. Формальный нейрон



Рис. 2. Нейронная сеть

Два этапа – обучение и распознавание на основе искусственной нейронной сети – принципиально разные, базируются каждый на собственном ПО, и лишь частично объединяются на этапе обучения. Множественность типов сетей, способов обучения (с учителем, без учителя и т.д.), методов нахождения весовых коэффициентов, решение задачи для каждого конкретного случая – все это затрудняет применение нейрочипов в процессе начального обучения.

Объединение процессов работы нейроэмуляторов и нейрочипов состоит в общем принципе формирования входных атрибутов и загрузке весовых коэффициентов W_i, рассчитанных нейроэмулятором, в кольцевой буфер нейрочипа.

Нейросетевая парадигма

Человек при распознавании образов неосознанно привлекает огромный запас контекстных знаний, который накапливает на протяжении всей жизни. Применение нейросетевых методов, например основанных на обучаемых нейронных сетях, реализованных в ИНС «Нейрокибер», потенциально может позволить смоделировать происходящие при распознавании образов процессы в мозге человека, который в первом приближении можно пред-

¹Международный научно-исследовательский проект, главной целью которого было определить последовательность нуклеотидов, которые составляют ДНК, и идентифицировать 20–25 тыс. генов в человеческом геноме.

№ 4(36) ♦ 2018



ставить в виде нейронной сети большой сложности. Человек, как и любое живое существо, оперирует не самим физическим объектом, а его измеренными физическими полями.

В качестве примера применения нейросетевых методов с формированием паттернов рассмотрим поиск физических объектов в сейсмических волновых полях.

Физические поля, наблюдаемые над месторождениями нефти и газа, видоизменяются в зависимости от расположения залежей и интенсивности процессов преобразования надпродуктивной толщи пород под воздействием миграции углеводородов. Они позволяют создать многомерное признаковое пространство, которое можно использовать как фактическую основу для прогнозирования контура нефтегазоносности в рамках задачи комплексной интерпретации.

Вся объемная часть геосреды изучается геофизическими методами (сейсморазведка, магниторазведка и т. д.). При исследовании естественных (магнитометрия, гравиметрия и т. д.) или принудительно возбужденных полей (сейсморазведка, электроразведка) образуется трехмерная матрица, где реальные геологические тела и объекты заменены цифровыми образами их физических полей.

В ИНС «НейроИнформГео» реализована методика интеллектуального анализа и интерпретации геофизических и геохимических параметров на основе нейросетевых методов с ранжированием входных признаков по уровню значимости, которое обеспечивает оценку информативного вклада каждого параметра для точности прогноза. Кроме того, применяются методы комплексного анализа (на основе обученных нейросетей) прогноза залежей углеводородов и зон оруденения с использо**Рис. 3.** Схема для нейроплаты (NPU) с 8 нейропроцессорами (а) и для одного нейропроцессора (нейрона) (б)



ванием геолого-промысловых данных по скважинам, материалами ГИС и сейсморазведки 2D и 3D. Механизм получения прогноза после обучения сети выдается пользователю в понятном для него виде.

Накопление опыта прогноза и интерпретации можно обеспечить в виде формирования, сохранения и корректного применения паттернов, представляющих собой библиотеку обученных нейронных сетей на эталонных месторождениях или разбуренных площадях.

Достоверность прогноза на каждом шаге обеспечивается правильно определенными параметрами новых пробуренных скважин. Это опорная информация с высшей абсолютной степенью достоверности. Такое пошаговое дополнение знаний и прогноз эффективности бурения новых скважин должно быть дополнено их моделированием и пересчетом новых зон на основе накопленного опыта и оценкой экономической эффективности точек их заложения.

Традиционно описанная задача решается с помощью классических методов интерпретации, численного моделирования и статистического анализа.

Формирование паттернов в ИНС «НейроИнформГео»

Геологические тела и их образы в геофизических и геохимических полях

Введем понятие физической модели среды в виде функции $Q_n(x, y, z)$, которая описывает распределение в области *B* физического параметра, создающего геофизическое поле $f_n(x, y, z)$ в окружающем пространстве с параметрами геосреды $p_1, ..., p_k$, а также соотношение $f_n(x, y, z) = f(Q_n, P_1, ..., P_k)$, которое связывает Q_n и f_n , т. е. позволяет рассчитывать поле данного геофизического параметра (это прямая задача геофизики).

Для расчета поля геофизического параметра $f_n(x, y, z)$ необходимо знание значений $Q_n(x, y, z)$ и параметров геосреды $p_1, ..., p_k$, а также положения граничных (контактных) поверхностей. В сейсморазведке это значение плотности горных пород и границы их разностей, в геологии – пластов глин, песчаников и т. д., иначе говоря, геологических тел, объектов. В поле измеренных волновых полей, полученных как отклик реальной среды на принудительное возбуждение источником (взрыв, виброисточник, импульсный источник и т. д.), эти границы выглядят как резкое изменение амплитуды колебаний, а изменение плотностных характеристик вызывает увеличение или уменьшение скорости продольных волн и т. д.

Кроме того, ряд геофизических и геохимических параметров свидетельствует о вторичном изменении параметров среды под воздействием углеводородов или других мигрирующих агрессивных сред.

Данная схема является весьма упрощенной и работает для достаточно простых геологических сред. Однако практически во всех нефтегазоносных районах мира существуют опорные горизонты – геологические тела, хорошо узнаваемые, протяженные практически по всей площади и имеющие известные характеристики (в Юго-Западной Сибири, например, это горизонт Ю₁). Более тонкие эффекты, наблюдаемые в сейсмическом поле и других геофизических полях, не всегда удается сразу идентифицировать как геологическое тело или объект.

Построение геологической модели $Q_n(x, y, z)$ по измеренному геофизическому параметру $f_n(x, y, z)$ называется обратной задачей, для ее решения необходимо знать распределение параметров геосреды $p_1, ..., p_k$ и положение контактных поверхностей.

Общая схема решения прямой и обратной задач

Решение прямой задачи – расчет полей распределения f(Q) параметра по заданной геологической модели, состоящей из геологических тел, объектов и их физических характеристик:

$$Q(x,y,z) \xrightarrow{t(Q)} fQ.$$

Решение обратной задачи — расчет и построение модели по измеренному полю *J*(*f*):

$$f(Q) \xrightarrow{J(f)} Q(x,y,z).$$

В геофизике исследователь (а в быту любой человек или животное) оперируют не конкретными объектами, а их образами, например визуальными (в сейсморазведке 90% всей информации), обонятельными (запах в геохимии) и др., поэтому обратная задача решается постоянно, так же как и человек постоянно оперирует увиденным и услышанным.

Далее проверяется правильность построения геологической модели. Так как этот неоднозначный процесс проводится на основе решения прямой задачи, т.е. по построенной геологической модели, поле параметра рассчитывается на основе $Q_{k1} \rightarrow Q_n$ и $f_1(Q_n)$. Значит, сравнивая рассчитанное поле $f_1(Q_n)$ с измеренным f(Q) и учитывая разность и сходимость, мы изменяем параметры решения обратной задачи и уточняем либо границы геологических тел, либо распределение физического параметра. Данный процесс продолжается до минимизирования функционала $U(Q) = \min[f_k(Q_n) - f(Q)]$.

Рассмотрим следующий конечный автомат из пяти объектов *A*, *S*, *Z*, *v*, ξ , где *A* = { $a_0, a_1, ..., a_n$ } – конечный список входных параметров (измеренные геофизические поля); *S* = { $S_0, S_i, ..., S_r$ } – множество внутренних состояний (функции обработки); *Z* = ($Z_0, Z_i, ..., Z_m$ } – список выходных параметров (геологическая модель); *v* : *SxA* \rightarrow *S* – функция перехода в следующее состояние; $\xi = SxA \rightarrow Z$ – функция выхода (оценка сходимости рассчитываемых и измеряемых полей параметров)¹.

Каждый раз расчет перехода конечного автомата в следующее состояние требует расчета функции перехода v : SxA→S, т. е. из одного предыдущего состояния необходимо перейти в другое. Это может соответствовать определенным состояниям конечного автомата. Сам переход, в свою очередь, требует ввода управляющих параметров для каждого шага детерминированного процесса, при этом следует выбрать, в какую разрешенную точку он может перейти.

Если рассматривать данный процесс по определенному прототипу обработки информации в геофизике, то это пакетный режим обработки данных, в котором на определенном процедурном языке составляется режим выполнения процедур обработки геофизических данных и задаются параметры обработки. Затем весь пакет или все задание запускается «втемную», без последовательного пошагового анализа полученных результатов. Для того чтобы обучить машину правильно решать задачу на каждом шаге, нам необходимо ввести понятие обучение (или самообучения) машины после каждого такта обработки материала.

Поскольку управление процессом вычисления требует точного задания функции перехода и управляющих параметров в виде конкретных чисел, то в моменты перехода от одной функции к другой необходимо принимать решение на основе неявных и неочевидных зависимостей, скрытых в данных априорных и полученных на основе вычислений на предыдущем этапе. При этом, опираясь на выборку с уже имеющимся или вычисляемыми зависимостями и производя обучение нейронной сети на основе анализа скважинных данных, корреляционных зависимостей параметров геосреды, мы и формируем

¹Обозначения взяты из книги Т. Биркгоф, Т. Барти «Современная прикладная алгебра», гл. 3 «Конечные автоматы». – М.: Мир, 1976. – 400 с.



Рис. 4. Конечный автомат, решающий прямую и обратную задачи

следующий переход *v* : *SxA*→*S*, т. е. функция перехода и управляющие параметры определяются практически без вмешательства человека (рис. 4). Следует отметить, что специалист редко более одного раза повторяет данный процесс вручную, больше полагаясь на свой опыт и интуицию.

Принципы обучения системы. Пошаговое дополнение знаний

Для построения связанной непротиворечивой геологической модели по ее образу в геофизических и геохимических полях на основе функций обработки и интерпретации строится граф обработки и интерпретации, который управляется человеком на каждом небольшом этапе ввода параметров управления геофизическим заданием, т. е. функцию управления *v: SxA*→S формирует специалист высокой квалификации (эксперт).

Представим, что формирование параметров для каждой функции есть высказывание P(1), P(2), P(3), ..., P(n). Каждое из них может быть либо истинным, либо ложным, т.е. или ведет к решению задачи, или уводит от него. Принцип финитной (конечной) индукции утверждает, что для доказательства истинности высказываний P(n) для всех n достаточно установить, во-первых, истинность P(1) и, во-вторых, истинность бесконечной последовательности импликаций $P(1) \Rightarrow P(2) \Rightarrow P(3)...$

Машина должна на каждом шаге правильно рассчитывать параметры, а начальная постановка задачи должна быть адекватна реальной геосреде. Расчет параметров на каждом цикле проводится нейрокомпьютерной программой с опорой на обучающую выборку (рис. 5).



Рис. 5. Конечный автомат, решающий прямую и обратную задачу геофизики с использованием нейрокомпьютерных технологий

В области обучения *B*₁, ..., *B*_m проверка правильности формирования образа физического объекта в геофизических полях проводится нейрокомпьютерной программой многократно (в зависимости от сложности среды, архитектуры нейронной сети, принципов обучения) и продолжается до минимизации функционала $U(Q) = \min[f_k(Q_n) - f(Q)]$. Для конкретных сред достигается 87–94% правильных ответов.

Определение паттерна

Накопление опыта прогноза и интерпретации можно обеспечить в виде формирования, сохранения и корректного применения паттернов, представляющих собой библиотеку обученных нейронных сетей на эталонных месторождениях или разбуренных площадях.

Достоверность прогноза на каждом шаге обеспечивается правильно определенными параметрами новых пробуренных скважин как опорная информация, имеющая для прогноза по геофизическим полям высшую абсолютную степень достоверности. Если же не вводить субъективный фактор (мнение геофизика-интерпретатора), т.е. не дорисовывать прогнозные зоны, то такое пошаговое дополнение знаний и прогноз эффективности бурения новых скважин должны быть дополнены их моделированием и пересчетом новых зон на основе уже имеющегося опыта, а также оценкой экономической эффективности точек их заложения.

Построение физической модели разбивается на два основных этапа: создание паттерна в виде обученных нейронных сетей на эталонных объектах и распознавание изучаемых объектов.

Правильность проверяем по уравнению регрессии, построенной по прогнозным и истинным значениям в скважинах.

На этапе подготовки данных с целью формирования эталонных (нейронных) сетей (паттернов) для прогноза улучшенных коллекторских свойств по осинскому, преображенскому, усть-кутскому горизонтам была проведена динамическая обработка сейсмического материала на Верхнеичерском и Западно-Чонском лицензированных участках: расчет AVO, акустического импеданса; построение трендовой модели импедансов; расчет энергии рассеянных волн; расчет атрибутов; подготовка результатов интерпретации и актов испытания скважин по продуктивным горизонтам.

На этапе формирования обученных нейронных сетей (паттернов) для прогноза промысловых и геологических параметров для Непского свода по кубу 3D Верхнечонского месторождения были обработаны 22 скважины для прогноза проницаемости на Верхнеичерском ЛУ, в 40 скважинах установлена линейная корреляция проницаемости со значением притока в скважинах, обоснованы и осуществлены прогнозы для $H_{\rm ap}$ и $K_{\rm nop}$, построены карты прогноза.

По 40 скважинам для геологических параметров и 45 скважинам для притока на указанных ЛУ сформированы и обучены нейронные сети (паттерны) для прогноза эффективных толщин пластов; коэффициента пористости; характера насыщения (отсутствие, вода, нефть, газ); эффективного порового объема.

В результате построены прогнозные карты данных параметров, использована вся возможная скважинная информация с выполненной интерпретацией ГИС по единому комплексу петрофизических зависимостей (ООО «Шельф-Юг»), составлены акты испытания скважин (ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»), осуществлен прогноз по непской свите Верхнеичерского ЛУ на основе созданного эталона 3D для Непского свода.

В соответствии с проделанной работой для Верхнеичерского ЛУ в ИНС «НейроИнформГео» получена цифровая геолого-геофизическая модель и обученная нейронная сеть, сохраняющая коэффициенты связи между геологическими, промысловыми параметрами и атрибутами измеренных геофизических полей.

Таким образом, данная модель содержит цифровые данные и инструмент анализа, позволяющий адаптивно на основе новых данных или моделирования проектируемых скважин оперативно дообучать, переобучать нейронные сети и строить новые геолого-геофизические модели, с учетом построенной на предыдущем этапе (рис. 6).



Рис. 6. Формирование паттерна и распознавание на исследуемых участках

Возможность применения нейроморфных чипов позволяет перенести часть вычислительного процесса непосредственно в поле. Например, летательный аппарат, оснащенный средствами измерения магнитных, геохимических полей, может определять индикаторы ряда месторождений полезных ископаемых в реальном режиме времени.

Нейроморфные платы – SyNAPSE

Система TrueNorth состоит из отдельных нейроплат-модулей, которые работают, как нейроны мозга. Соединяя нейроморфные чипы в систему, исследователи получают искусственную нейронную сеть. Версия, которую представила IBM, включает 48 млн соединений, что близко к числу синапсов в мозге крысы. Представленная структура состоит из 16 отдельных нейроплат-модулей.

TrueNorth является подобием мозга. Вся архитектура нейроплаты построена из взаимосвязанных в сеть более легких нейросинаптических ядер; в мозге человека – это колонки кортекса [2, 3]. TrueNorth полностью программируется с точки зрения как «физиологии» и «анатомии» нейропла-



ты (параметров отдельного нейрона, синаптической связи), так и передачи данных чипами и связи нейрон – аксон. Они позволяют решать задачи для широкого круга искусственных объектов в динамике движения и управления ими в реальном режиме времени (рис. 7). На врезке к рис. 7 показана нейроплата – нейросинаптическое ядро TrueNorth, имеющее 256 аксонов, а 256×256 синапсов соединены в сеть с 256 нейронами. Взаимодействие объекта, оснащенного данным чипом, с окружающей средой происходит на основе управления исполнительными механизмами в режиме реального времени, получая и обрабатывая сигналы от различных источников (например, датчиков).

Практическое применение паттернов

Технология распознавания, идентификации, прогноза, реализованная на основе паттернов, позволяет использовать практически одну и ту же программу, если реализовать ее в виде нейроэмулятора или нейрочипа, но сохранять и подгружать в нее файлы коэффициентов паттерна.

В ИНС «НейроИнформГео» паттерны формировались на основе уже изученных и разбуренных месторождений по геофизическим и геохимическим данным, материалам сейсморазведки 2D и 3D, в результате в Восточной и Западной Сибири и Республике Саха (Якутия) были открыты новые месторождения нефти и газа.

В ИНС «НейроКибер» паттерны по фонемам конкретного языка и конкретных людей, а также по фотографиям (рис. 8), делаемых нейророботом во время знакомства, совмещение распознавания по



Рис. 8. Вариации исходных данных для распознавания личности



Рис. 9. Аналогия мозга человека и компьютерной системы

голосу и по изображению привели к резкому улучшению идентификации и распознаванию субъектов.

В ИНС «НейроФинЭксперт» паттерны формировались на основе финансовой устойчивости групп предприятий, что позволило анализировать и прогнозировать экономико-социальные, экономико-политических результаты во времени.

Выводы

Развитие и практическое применение нейроинформационных технологий получает новый импульс в связи с применением нейроморфных чипов и объединением с нейроэмуляторами, реализованными на компьютере с традиционной архитектурой. В первую очередь исследования, расчеты, формирования паттернов позволяют выделить класс решаемых задач с применением нейроэмулятора, а в дальнейшем – решать задачи распознавания обученной нейронной сетью или нейрочипом.

Специалисты IBM проводят интересную аналогию с мозгом человека (рис. 9): они сравнивает обычные компьютерные системы с левым полушарием. Нейроморфные системы умеют находить отдельные паттерны в больших массивах данных и интерпретировать эту информацию как правое полушарие мозга. В ближайшем будущем ученые смогут объединить возможности традиционных компьютеров и нейромфорных чипов, создав единую сверхэффективную структуру – искусственный интеллект.

Так, в IBM построен новый, самый большой в истории корпорации чип, моделирующий архитектуру мозга, состоящий из 1 млн нейронов и 256 млн синапсов. Он работает на 5,4 млрд транзисторов и имеет сеть на чипе из 4096 нейросинаптических ядер. И все это потребляет лишь 70 мВт энергии во время работы в реальном времени, т. е. на порядок меньше, чем традиционный чип. Как часть полной познавательной экосистемы аппаратного и программного обеспечения, эта технология открывает новые вычислительные границы для распределенного датчика и супервычислительных возможностей.

В Российской Федерации, к сожалению, не проводятся такие масштабные исследования мозга живых организмов и не создаются нейроморфные вычислительные системы. Это определяет отставание нашей науки и техники. Но ведется поиск, создание и формирование паттернов как коэффициентов связи между исследуемыми параметрами полей физических объектов, а когда они сформиро-





ваны с применением нейроэмуляторов, их с успехом можно загружать и использовать в нейроморфных платах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. База данных блока автоматизированного формирования эталонов в интеллектуальной геоинформационной системе «НейроИнформГео»: свидетельство о государственной регистрации базы данных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 201162031 / О. М. Гафуров, Д. О. Гафуров, А. О. Гафуров. Зарегистрирована в Реестре баз данных 23 мая 2011 г.

2. Гафуров Д. О. Геологическая интерпретация с применением обучаемых нейронных сетей в «НейроИнформГео» данных ГИС Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения // Изв. ТПУ. – 2006. – Т. 309, № 3. – С. 32–37.

3. Гафуров Д. О., Гафуров О. М., Конторович В. А. Возможности интерпретации геолого-геофизических данных на основе обучаемых нейронных сетей // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2017. – № 3. – С. 85–94.

4. Гафуров Д. О., Гафуров О. М., Конторович В. А. Интерпретация данных геофизических исследований Талаканского нефтегазокоденсатного месторождения обучаемыми нейронными сетями, прогноз строения осинского горизонта // Технологии сейсморазведки. – 2014. – № 4. – С. 85–92.

5. **Программа** обработки сейсмоакустических и геофизических данных в формате сеток dat на основе обучаемых нейронных сетей для формирования эталонов и расчета паттернов: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2011613919 / О. М. Гафуров, Д. О. Гафуров, А. О. Гафуров. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 19 мая 2011 г.

6. Программа формирования эталонов и расчета паттернов на основе обучаемых нейронных сетей для анализа и прогноза финансовой устойчивости предприятий: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2017612103 / О. М. Гафуров, Д. О. Гафуров, А. О. Гафуров. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 15 февраля 2017 г.

7. Программа формирования эталонов и расчета паттернов на основе обучаемых нейронных сетей для распознования объектов в оцифрованном видеопотоке: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2017612382 / О. М. Гафуров, Д. О. Гафуров, А. О. Гафуров. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 20 февраля 2017 г.

8. Способ определения мест заложения эксплуатационных скважин при разработке месторождений углеводородов: патент РФ на изобретение № 247749 / О. М. Гафуров, Д. О. Гафуров, А. О. Гафуров и др. Заявка № 2011125437. Зарегистрирован 10 марта 2013 г., срок действия истекает 20 июня 2031 г.

9. **Gafurov D., Gafurov O.** Development and Practical Application of Neural Information Technologies, Patterns // MATEC Web of Conferences, 11 October 2016, vol. 79. VII Scientific Conference with International Participation «Information-Measuring Equipment and Technologies» (IME T 2016), no. 01086. – P. 12.

10. **Gafurov D., Gafurov O.** Method of Creation of "Core-Gisseismic Attributes" Dependences With Use of Trainable Neural Networks // MATEC Web of Conferences, 11 October 2016, vol. 79. VII Scientific Conference with International Participation «Information-Measuring Equipment and Technologies» (IME T 2016), no. 01055. – P. 10.

11. Gafurov O. M., Gafurov D. O., Syryamkin V. I. Cognitive methodology for forecasting oil and gas industry using pattern-based neural information technologies // Published under license by IOP Publishing Ltd, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 363, conference 1.

REFERENCES

1. Gafurov O.M., Gafurov D.O., Gafurov A.O. Baza dannykh bloka avtomati zirovannogo formirovaniya etalonov v intellektual'noy geoinformatsionnoy sisteme "NeyroInformGeo" [The database of the unit of automated formation of standards in the NeiroInformGeo intellectual geographic information system]. Certificate of database registration, no. 201162031, 2011. (In Russ.).

2. Gafurov D.O. [Geological interpretation with application of taught neural networks in NeyroInform-Geo of GWL data of the Talakanskoye oil, gas and condensate field]. *Izvestiya TPU – Bulletin of TPU*, 2006, vol. 309, no. 3, pp. 32–37. (In Russ.).

3. Gafurov D.O., Gafurov O.M., Kontorovich V.A. [Possibilities of geological and geophysical data interpretation on the basis of taught neural networks] *Geologiya i mineral'no-syr'yevye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2017, no. 3, pp. 85– 94. (In Russ.).

4. Gafurov D.O., Gafurov O.M., Kontorovich V.A. [Interpretation of well log data from the Talakanskoye oil, gas and condensate field and prediction of the Osa reservoir architecture from neural network analysis] *Tekhnologii seysmorazvedki*, 2014, no. 4, pp. 85–92. (In Russ.).

5. Gafurov O.M., Gafurov D.O., Gafurov A.O. Programma obrabotki seysmoakusticheskikh i geofizicheskikh dannykh v formate setok dat na osnove obuchaemykh neyronnykh setey dlya formirovaniya etalonov i rascheta patternov [The program of processing of seismoacoustic and geophysical data in a dat grid format on the basis of taught neural networks for formation of standards and calculation of patterns]. Certificate on the registration of the computer program, no. 2011613919, registered on 19th of May, 2011 (In Russ.).

6. Gafurov O.M., Gafurov D.O., Gafurov A.O. *Programma formirovaniya etalonov i rascheta patternov na osnove obuchaemykh neyronnykh setey dlya analiza i prognoza finansovoy ustoychivosti predpriyatiy* [The program of standards formation and calculation of patterns based on taught neural networks for analysis and prediction of financial stability of enterprises]. Certificate on the registration of the computer program, no.2017612103, registered on 15th of February, 2017. (In Russ.).

7. Gafurov O.M., Gafurov D.O., Gafurov A.O. *Programma formirovaniya etalonov i rascheta patternov na osnove obuchaemykh neyronnykh setey dlya raspoznavaniya ob'yektov v otsifrovannom videopotoke* [The program of standards formation and calculation of patterns based on taught neural networks for objects identification in digitized stream]. Certificate on the registration of the computer program, no. 2017612382, registered on 20th of February, 2017. (In Russ.).

8. Gafurov O. M., Gafurov D.O., Gafurov A.O., et al. *Sposob opredeleniya mest zalozheniya ekspluatatsionnykh skvazhin pri razrabotke mestorozhdeniy uglevodorodov* [The way to locate production wells in developing hydrocarbon fields]. Patent RF, no. 2477499, MPK G01V1/00 (2006.01), G01V11/00 (2006.01); claimer and patent holder OOO RN-KrasnoyarskNIPIneft., no. 2011125437/28; claim 20.06.2011; registered 10.03.2013, validity per. expires on 20th of June, 2031 (In Russ.).

9. Gafurov D., Gafurov O. Development and Practical Application of Neural Information Technologies, Pattern. *MATEC Web of Conferences, 11 October 2016, vol. 79. VII Scientific Conference with International Participation "Information-Measuring Equipment and Technologies"* (IME T 2016), no. 01086, p. 12. № 4(36) ♦ 2018 –

10. Gafurov D., Gafurov O. Method of Creation of "Core-Gisseismic Attributes" Dependences With Use of Trainable Neural Networks. *MATEC Web of Conferences*, *11 October 2016, vol. 79. VII Scientific Conference with International Participation "Information-Measuring Equipment and Technologies"* (IME T 2016), no. 01055, p. 10. 11. Gafurov O. M., Gafurov D. O., Syryamkin V. I. Cognitive methodology for forecasting oil and gas industry using pattern-based neural information technologies. *Published under license by IOP Publishing Ltd, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 363, conference 1.

© Д. О. Гафуров, О. М. Гафуров, 2018

УДК 551.734.2.02:552.3(571.513)

ДЕВОНСКИЙ ВУЛКАНИЗМ МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА В СВЕТЕ ДВУХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ – КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СИЛЛОГЕНЕЗА И ЩЕЛОЧНО-БАЗИТОВОГО ПЕТРОГЕНЕЗА (ПО МАТЕРИАЛАМ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ)

Н.А. Макаренко, А.Д. Котельников

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

<u>№</u> 4(36) ♦ 2018

Проведен критический анализ прикладных аспектов гипотезы континентального силлогенеза, в основу которой положена идея о тотальном доминировании интрузивных пластовых тел базитов (силлов) над эффузивными покровами в осадочно-вулканогенной нижнедевонской быскарской серии Минусинского прогиба. Показана неоднозначность рекомендованных к практическому применению признаков корректной диагностики базитовых силлов. Выражено отрицательное отношение к попыткам перевода ряда существенно эффузивных нижнедевонских свит в разряд интрузивных образований с параллельным изъятием базитов из стратиграфических баз данных. На основании фактических материалов, полученных сотрудниками научно-исследовательской лаборатории геокарт Томского госуниверситета в процессе составления среднемасштабной Государственной геологической карты второго поколения (номенклатурный лист N-46-XIX), высказаны сомнения о присутствии на юге Минусинского прогиба нефелин- и лейцитсодержащих щелочных пород. Для решения этой проблемы необходимы дополнительные специализированные исследования.

Ключевые слова: Минусинский прогиб, силлогенез, признаки диагностики базитов, эффузивные породы, силлы, щелочные породы.

DEVONIAN VOLCANISM OF THE MINUSA TROUGH IN TERMS OF TWO GEOLOGICAL HYPOTHESES – CONTINENTAL SILLOGENESIS AND ALKALINE-BASITE PETROGENESIS (BY MATERIALS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS)

N. A. Makarenko, A. D. Kotelnikov

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Applied aspects of the hypothesis of continental sillogenesis has been critically analyzed based on the idea of the total dominance of intrusive formation bodies of basites (sills) over the effusive covers in the sedimentary-volcanogenic Lower Devonian Byskarian series of the Minusa Basin. The ambiguity of the recommended criteria for the practical application of the correct diagnosis of the basitic sills is shown. A negative attitude towards attempts to transfer a number of essentially effusive Lower Devonian formations to the category of intrusive formations with a parallel withdrawal of basites from stratigraphic databases is taken. Based on the actual materials received by the NIL team of the Tomsk State University in compiling the second-generation medium-scale State geological map (N-46-XIX nomenclature sheet), doubts are expressed about the actual presence of nepheline- and leucite-containing alkaline rocks in the south of the Minusa Basin. To solve this problem, additional specialized studies are needed.

Keywords: Minusa Trough, sillogenesis, basite diagnosis features, effusive rocks, sills, alkaline rocks.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-105-111

В пределах Минусинского прогиба широко распространены эффузивные породы основного и среднего состава (базальты, трахибазальты, трахиандезибазальты), входящие в состав многочисленных нижнедевонских свит в контурах пятнадцати (из семнадцати) структурно-фациальных подзон Минусинской СФЗ [13]. Мощности многих свит (тастрезенской, хараджульской, тарланской и др.) весьма значительны (более 1,5–2,0 км).

Эффузивные породы практически всегда сопровождаются небольшим количеством субвулканических образований – даек, лакколитов, мелких штоков, силлов, причем критерии разграничения пластовых магматитов различной фациальной принадлежности достаточно полно разработаны многими поколениями геологов-съемщиков, давно стали хрестоматийными и вошли практически во все учебники по общей и структурной геологии.

Классическими признаками эффузивной природы базитов принято считать: присутствие «корявых» шлаковых корок и эрозионных выступов в кровле палеопотоков; наличие лавобрекчий; развитие каверн и трещин в верхних контактах, заполненных терригенными (реже карбонатными) осадками вышележащих слоев с четко выраженной слоистостью (в кавернах) и с типичным обликом кластических (осадочных) даек в трещинах; широкое развитие миндалекаменных и пористых текстур; присутствие туфов и вулканических бомб разнообразных скульптурных форм, в том числе типа «хлебной корки»; «холодные» контакты с вмещающими породами. н

В противоположность этому классические субвулканические силлы характеризуются «горячими» (иногда секущими) контактами с вмещающими (более древними) породами, что приводит к появлению экзоконтактовых зон ороговикования; присутствием апофиз, инъекций и дочерних даек-перемычек; наличием ксенолитов посторонних (иногда глубинных) пород; отсутствием лавобрекчий, выраженных шлаковых зон и глыбовых поверхностей; относительно слабыми проявлениями миндалекаменных и пористых текстур.

Использование этих, а также некоторых второстепенных признаков позволило геологам осуществить качественное картирование обширных территорий с составлением двух поколений среднемасштабных геологических карт, причем эффузивные породы всегда преобладали над субвулканическими фациями. Отметим, что наш опыт картирования по программе ГДП-200 двух номенклатурных листов (N-45-XXIV и N-46-XIX) также показал, что доля долеритовых силлов в таких нижнедевонских существенно вулканогенных свитах, как тастрезенская, большесырская, матаракская, тарланская невелика – всего 5-15 % от общего объема магматитов основного состава [5]. В качестве диагностических признаков субвулканических образований нами использованы следующие: относительно ровные контактовые поверхности (без шлаковых «бугров» и глыб); плотное однородное сложение; полнокристаллическое зернистое макростроение; высокая механическая прочность; свежий макро- и микроскопический облик; отсутствие лавобрекчий и вулканических бомб; присутствие ксенолитов; пространственная сопряженность силлов с дайками долеритов и с их роговиковыми ореолами; отсутствие или слабое развитие миндалекаменных и пористых текстур; повышенная магнитность и некоторые другие.

Однако начиная с 2000 г. в печати [9, 10, 12, 14–21] появляются и активно развиваются альтернативные представления, оформленные Г. С. Федосеевым в виде гипотезы континентального силлогенеза [14]. В основу данной гипотезы заложена идея о тотальном характере субвулканического магматизма, практически полностью вытесняющего вулканические процессы. Под силлогенезом следует понимать «процесс роста земной коры за счет массового формирования силлов и подобных им тел в континентальных осадочных бассейнах при определенных условиях» [17, с. 306].

Методические приемы, используемые Г. С. Федосеевым для обоснования абсолютного превосходства силлов над эффузивами, несмотря на ощутимое присутствие в текстах статей стилистических фигур, повторов и длиннот, вполне доступны для понимания и с определенной долей условности могут быть рассмотрены в рамках двух главных тесно взаимосвязанных этапов их применения.

На первом этапе сначала выражается сомнение в легитимности перечисленных традиционных признаков диагностики эффузивных базитов, затем постепенно проводится элементарная подмена понятий путем перевода «эффузивных» признаков в разряд «интрузивных» с параллельным внедрением целой серии новых терминов с англоязычным (ортореобрекчия, литомиктитовая брекчия, реомикстит, реокласт, реоролл, пеперит и др.) и даже медицинским (дивертикулы) звучанием. Активное многолетнее манипулирование этими терминами способствует созданию обманчивого впечатления об адекватности проведенной трансформации диагностических признаков. В результате широко распространенные кластические дайки, которые представляют собой трещины в кровле палеопотоков, заполненные более «молодым» осадочным материалом, классифицируются в качестве пластифицированных и деформированных ксенолитов более «древних» осадков внутри интрузивных силлов; лавы с типичной подушечной и шаровой отдельностями считаются силловыми реороллами; вулканические лавобрекчии аттестуются как силловые автореобрекчии. Бугристые и столбчатые эрозионные выступы кровли палеопотоков с обильными порами идентифицируются как мандельштейновые дивертикуловые (пеперитовые) инъекции, при этом утверждается, что в некоторых силлах «пузыристые и миндалекаменные разности пород в эндоконтактовых и приксенолитовых зонах развиты исключительно широко. Иногда количество газовых пузырей в верхних зонах становится настолько значительным, что образуются пемзовые (кружевные) текстуры» [15, с. 184]. (Интересно, как может **пемзовая** сугубо вулканическая текстура сформироваться внутри интрузивного тела?) Этот список можно продолжить, но основная тенденция вполне очевидна. Заметим, что, на наш взгляд, наглядные примеры попыток перевода «эффузивных» диагностических признаков в ранг «интрузивных» запечатлены на многих фотографиях «с натуры», помещенных в работах [12, 17].

Таким образом, итогом первого этапа можно считать полное уничтожение классических «эффузивных» признаков, что делает бессмысленными любые попытки найти конструктивное решение проблем диагностики пластовых тел базитов.

Целью второго этапа является объяснение парадоксальной ситуации, связанной с тем, что, несмотря на все старания, Г. С. Федосееву так и не удалось найти ни одного классического признака, свидетельствующего о «горячих» взаимоотношениях базитовых пластовых тел с вмещающими породами. На этом этапе прилагаются усилия для того, чтобы хоть как-то объяснить не только отсутствие в изученных базитовых контактах зон термального метаморфизма, а также дочерних даек-перемычек и апофиз, но и обосновать противоречащий всем канонам классической стратиграфии «древний» возраст песчаников, которые расположены стратигра-

фически выше пластовых тел базитов. Подробный критический анализ весьма любопытного «аквамагматогенного» аспекта гипотезы силлообразования выходит за рамки данного сообщения, но хотелось бы подчеркнуть, что автор гипотезы для объяснения своей позиции вынужден ввести ряд новых для вулканологии понятий и терминов. Например, «теплые» контакты, около которых якобы не могут возникать зоны ороговикования (слишком «холодно»!); «промежуточные буферные слои и оболочки» над кровлей базитов, которые в силу своей первозданной или приобретенной «буферной» пластичности и обводненности якобы препятствуют формированию трещин – потенциальных вместилищ для дочерних даек и апофиз – и одновременно «омолаживают» прогретые древние песчаники, которые приобретают пластичность, текучесть и даже «наведенную» вторичную слоистость, и некоторые другие. Удастся ли Г. С. Федосееву убедить читателей своих статей в справедливости этих построений, покажет будущее. А в настоящий момент нам предлагается просто поверить в уникальность и эндемичность «базитовых силлов» Минусинского прогиба, не обладающих ни одним каноническим «интрузивным» признаком.

Установленные и активно пропагандируемые так называемые дивергентные (отличительные) признаки силлов, среди которых первостепенное значение придается литомиктитовым (реологическим) брекчиям и дивертикулам (пеперитам) [15, с. 186], а также валиковым и шарообразным текстурам, макротекстурам закатывания и некоторым другим [21, с. 107], в результате реализации описанных методических приемов оказались, по существу, *общими* как для сторонников эффузивной концепции, так и для «интрузивщиков». Кажется, что это отчетливо понимает и Г. С. Федосеев, публикуя в качестве отвлекающего маневра целый набор *неоднозначных* оценочных суждений, но с *однозначной* («силловой») авторской интерпретацией, например:

«…литомиктитовые брекчии… прежде **ошибочно** (Здесь и далее выделения в цитатах наши. – *Aвт.*) принимались за атмокластические и осадочные брекчии или за пенисто-брекчиевые покрытия лавовых потоков» [19, с. 296];

«...головные части дивертикул... легко можно принять за полуокатанные обломки эффузивных базитов и сделать **ложное** заключение о холодном типе контактов» [18, с. 85];

«...валиковые и шарообразные макроструктуры **создают** некоторое внешнее **подобие** канатным **лавам**, а поперечные их разрезы — шаровым» [18, с. 85];

«...в макротекстурах закатывания... шары и валики отделены друг от друга..., а на их поверхностях в отдельных местах встречаются выпуклости, однозначно **похожие на т. н. «хлебные корки»**... **Прежде** эти образования **квалифицировались как** шаровые и подушечные **лавы**» [19, с. 297].

Эти высказывания, на наш взгляд, не способствуют укреплению позиций Г.С. Федосеева, а, наоборот, наглядно показывают, что ранее перечисленные дивергентные признаки диагностики силлов не только не безупречны, но и двусмысленны. И еще: какие же это «отличительные» интрузивные признаки, если они постоянно «пересекаются» с признаками покровных эффузивов, что ведет к возможности двоякой интерпретации наблюдаемых фактов? Казалось бы, что в данной ситуации следует прекратить дискуссию и больше не настаивать на тотальном характере силлогенеза, но этого, к сожалению, не происходит, поскольку Г.С. Федосеев постоянно играет роль главного арбитра в безальтернативных (для оппонентов) спорах о том, какие именно признаки следует считать ошибочными (ложными), а какие нет, продолжая оставаться непреклонным сторонником «силлогенетической» концепции. Об этом красноречиво свидетельствуют следующие цитаты:

«...масштабный базитовый магматизм проявился не в эффузивной, а преимущественно в интрузивной (силловой) форме» [20, с. 336];

«...все базитовые пластовые тела, у которых автору (т. е. Г. С. Федосееву. – Aem.) удалось обнаружить или вскрыть канавами и расчистками верхние контактовые поверхности, являются не лавовыми палеопотоками, как предполагалось ранее многими исследователями, а относятся к категории интрузивных тел – силлов» [17, с. 303];

«...послебыскарский возраст силлов указывает на отсутствие гомодромных формаций, имеющих в качестве начальных членов базальты или щелочные базальты» [20, с. 336];

«…бассейновый магматизм проявился в два этапа и эволюционировал по антидромной схеме: вулканизм среднего и умеренно-кислого состава сменился базитовым силлогенезом» [17, с. 303].

Отметим, что наиболее просто и доходчиво о данной проблеме высказались В. И. Краснов и Л. С. Ратанов: «Фаунистически доказанный девонский вулканизм на востоке Алтае-Саянской области был эксплозивным. Трещинных излияний базальтоидных лав этого возраста не было совсем» [9, с. 88].

Логическим итогом подобных рассуждений стала шокирующая декларация о том, что в состав быскарской серии «были включены свиты с существенным участием "лжепокровов". Фактически это означает, что эти свиты являются **ложными** и подлежат изъятию из стратиграфических перечней и баз данных. В связи с этим представляется целесообразным считать подобные свиты (тонская, марченгашская и некоторые другие) невалидными, а входящие в их состав недифференцированные пластовые тела долеритов, базальтов, анамезитов, мандельштейнов и других, ассоциирующих с ними "эффузивовидных" пород основного состава, – объединить в два силловых комплекса – кузьменский (оливин-пироксеновые долериты) и усть-коксинский (крупнолейT

Nº 4(36) ♦ 2018

и материалам предшественников, занимавшихся

стовые лабрадоровые порфириты). По этой же причине пластовые базиты должны быть исключены из состава южноминусинской, тимиртасской, сагархаинской, тастрезенской, придорожной, матаракской, копкоевской, полевостанской, сисимской, имирской и других близких по возрасту и строению свит (Краснов, Ратанов, 2000; Краснов, Федосеев, 2000)» [21, с. 107–108].

Пока в Региональной стратиграфической схеме полностью ликвидирована лишь **тонская** существенно базальтоидная свита мощностью более 700 м [9, 22], которая «исчезла» из стратиграфической колонки Сисимской структурно-фациальной подзоны Минусинской СФЗ [13, с. 48, колонка 30].

После 2009 г. в печати появилась серия статей с участием Г. С. Федосеева, посвященных геологическим, геохимическим и изотопным характеристикам девонского магматизма разных частей прогиба: Копьевского и Новоселовского поднятий [2], Шира-Шунетского района [3], всего прогиба [6, 8], и даже всей Алтае-Саянской рифтовой области [7]. В обобщающей сводке по Минусинскому прогибу [4] опубликовано множество прецизионных химических и микроэлементных анализов магматитов, в том числе и пластовых базитов, распределенных по двенадцати ключевым участкам. Доля анализов, приходящихся на эффузивные базиты и андезибазиты (по сравнению с субвулканическими долеритами), высокая - 40 против 9, или 82 и 18 % соответственно [4, табл. 1, с. 1294–1301]. При описании конкретных участков также отмечается ведущая роль покровных эффузивов основного состава. Та же самая картина отчетливо видна на двенадцати «обобщенных» стратиграфических колонках [4, рис. 3, с. 1288-1289], построенных по материалам «среднемасштабной государственной геологической съемки листов Минусинской серии для восточной окраины прогиба» [17, с. 304].

Невольно возникают два главных вопроса: 1) где тотальный силлогенез, детально обсуждавшийся нами на предыдущих страницах, 2) по какой причине не названы авторы стратиграфических колонок, ведь Государственная геологическая съемка всегда сопровождается опубликованными объяснительными записками, и тогда непонятно почему этих публикаций нет в обширном списке литературы? Заметим также, что по крайней мере две стратиграфические колонки (р. Камышта и р. Уйбат) «попали» на площадь листа N-46-XIX, геологическая съемка которого проведена коллективом геологов Томского госуниверситета (отв. исполнитель А. Д. Котельников). Внимательное ознакомление с колонками показало, что ни вещественное наполнение колонок, ни мощности отдельных частей разрезов не соответствуют не только нашим данным, полученным в результате площадных исследований ареала распространения вулканических и гипабиссальных образований тастрезенской и большесырской свит на трех листах м-ба 1:200 000, но

составлением геологических карт первого поколения. Более того, утверждение о том, что «в районе р. Камышта... в нижней части разреза вскрывается серия покровов афировых базальтов, фонотефритов и андезибазальтов [4, с. 1286], а в районе р. Уйбат в вулканогенном разрезе «встречаются единичные покровы афировых стекловатых фонотефритов и щелочных лейцитовых базальтов» [4, с. 1287] требует разъяснений с нашей стороны. Действительно, в тастрезенской и большесырской существенно эффузивных свитах с вулканитами нормального и умереннощелочного петрохимических рядов встречаются единичные анализы, «попадающие» на TAS-диаграмме в фонотефритовое и щелочно-базальтовое поля (4 анализа из 78 проанализированных нами базитов и андезибазитов вышеназванных свит). Петрографическое изучение пород с повышенной щелочностью показало, что это в разной степени цеолитизированные трахибазальты, причем вторичные цеолиты (главным образом натролит) в ассоциации с альбитом, эпидотом и пренитом развиваются по плагиоклазам, реже эти вторичные минералы встречаются и в миндалинах. Кроме того, в окрестностях г. Сагархая нами встречена единичная дайка трахидолеритов с вторичным анальцимом. Все перечисленные минералы получили микрозондовую аттестацию на микроанализаторе Oxford INCA Energy-350 со сканирующим электронным микроскопом Tescan Vega II LMU (аналитик к. г.-м. н. О. В. Бухарова). Таким образом, утверждение, что фонотефриты в стекловатой основной массе содержат интерстициальный нефелин [4, с. 1292], требует дополнительного обоснования. Что касается «уйбатских» лейцитовых базальтов с лейцитом в основной массе, то это остается для нас загадкой, так как опубликованный в работе [4, табл. 1, с. 1295] анализ под номером 1/14 не только не содержит нормативный лейцит (по нормам CIPW), но и почти лишен нормативного нефелина (2,1%), что не дает основания считать эту породу щелочной по формальным петрохимическим признакам. Уместно подчеркнуть, что неизмененный лейцит встречается лишь в молодых и современных лавах, а в древних магматитах он обычно замещен агрегативными скоплениями вторичных минералов, входящих в состав так называемых псевдо- и эпилейцитов [11, с. 204], поэтому возможность сохранения в раннедевонских образованиях Минусинского прогиба «свежего» лейцита, на наш взгляд, маловероятна. Следует также отметить, что все изученные нами вулканиты основного состава в районе р. Камышта и р. Уйбат относятся к калиево-натриевому петрохимическому типу щелочности и среди них нет ни одной породы даже с минимальным превышением абсолютных содержаний K₂O над Na₂O (в мас. %). Кстати, такая же картина наблюдается и в общей выборке хими-

ческих составов базитов, помещенных в работе [4],
где лишь один анализ относится к калиевому типу щелочности [4, см. табл. 1, с. 1295]. Не исключено, что повышенное содержание K₂O (4,20 %) в «лейцитовом» базальте может иметь вторичное происхождение (калишпатизация?), или содержание K₂O указано вместо Na₂O и наоборот.

На основании гипотетических представлений авторов работы [4] о магматической природе щелочных пород междуречья Камышта – Уйбат ими был оконтурен и помещен на схему геологического строения Минусинского прогиба изометричный (кольцевой) ареал щелочных пород диаметром до 30 км, общая площадь которого даже превосходит щелочной ареал р. Береш [4, рис. 2, с. 1287]. Рассматривая оба ареала – северный наиболее щелочной (нефелинит-тефрит-фонолитовый, р. Береш) и южный менее щелочной (фонотефритовый и лейцитбазальтовый, pp. Камышта – Уйбат) – с позиций распределения редких и редкоземельных элементов, авторы указанной публикации считают породы этих ареалов генетически родственными образованиями с общими мантийными «корнями» и, по существу, постулируют их взаимосвязь, которая якобы указывает на «геохимическую зональность магматизма в направлениях от центра прогиба к его северному и южному обрамлениям» [4, с. 1303], что может быть обусловлено «гетерогенностью мантии по латерали под Минусинским прогибом» [4, с. 1305].

Нам совершенно непонятно, какие могут быть взаимосвязи между породами, содержащими «глубинный» магматический нефелин (р. Береш), и «фонотефритами», а также «лейцитовыми» базальтами, щелочность которых с высокой долей вероятности может иметь вторичный (наведенный) характер. Кроме того, на наш взгляд, вряд ли корректно по результатам всего трех анализов [4, табл. 1, с. 1294-1295] выделять в контурах давно известной и хорошо изученной Минусинской щелочной петрографической провинции [11, с. 19] новый, ранее неизвестный щелочно-базитовый ареал, не обеспеченный убедительной фактологической аргументацией. Очевидно, что в данной ситуации необходимы дополнительные специализированные исследования с участием независимых экспертов для объективного решения этой петрологической проблемы.

В заключение отметим, что каждый исследователь имеет полное и неотъемлемое право высказывать свое субъективное мнение по любой геологической проблеме, а также создавать собственные теоретические концепции и гипотетические модели. Но при этом никто не должен предпринимать попыток навязывания своих представлений (в данном случае речь идет о гипотезе континентального силлогенеза) ни геологам-съемщикам [10], ни молодым практикантам, изучающим методы геологического картирования на учебном полигоне Новосибирского госуниверситета в Хакасии по лекалам [1, 12] сторонников «силлового» сценария формирования вулканитов основного состава Минусинского межгорного прогиба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Академическая практика по «Структурной геологии и геологическому картированию»: учеб. пособие / В. В. Волков, Ч. Б. Борукаев, Н. А. Берзин и др. – Новосибирск: НГУ, 1981. – 79 с.

2. Воронцов А. А., Федосеев Г. С. Геохимические и Sr-Nd изотопные характеристики девонских базитов Копьевского и Новоселовского поднятий северной части Минусинского прогиба // Изв. ТПУ. – 2010. – Т. 317, № 1. – С. 92–97.

3. Воронцов А. А., Федосеев Г. С. Условия формирования девонских базальтоидов и долеритов Шира-Шунетского района Минусинского прогиба // Изв. ТПУ. – 2012. – Т. 320, № 1. – С. 71–76.

4. Воронцов А. А., Федосеев Г. С., Андрющенко С. В. Девонский вулканизм Минусинского прогиба Алтае-Саянской области: геологические, геохимические и изотопные Sr-Nd характеристики пород // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 9. – С. 1283–1313.

5. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000 (изд. 2-е). Лист N-45-XXIV (Балыкса): объяснительная записка / А. Д. Котельников и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. – 262 с.

6. **Девонский** вулканизм Минусинской котловины: этапы проявления и связь с прогибанием континентальной литосферы (по результатам геохронологических ⁴⁰Ar/³⁹Ar-исследований) / А. А. Воронцов, Г. С. Федосеев, О. Ю. Перфилова и др. // Докл. РАН. – 2012. – Т. 447, № 3. – С. 308–313.

7. Изотопно-геохимическая зональность девонского магматизма Алтае-Саянской рифтовой области: состав и геодинамическая природа мантийных источников / А. А. Воронцов, В. В. Ярмолюк, Г. С. Федосеев и др. // Петрология. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 621–634.

8. Источники девонского магматизма Минусинского прогиба (по геохимическим и изотопным Sr-Nd-характеристикам базитов) / А. А. Воронцов, Г. С. Федосеев, С. В. Андрющенко и др. // Докл. РАН. – 2011. – Т. 441, № 4. – С. 514–520.

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

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

11. **Магматические** горные породы. Щелочные породы. Т. 2 / Е. Д. Андреева, В. А. Кононова, Е. В. Свешникова и др. – М.: Наука, 1984. – 416 с.

12. Путеводитель к полевым экскурсиям по мафитовым силлам Ширинского учебного полигона

№ 4(36) ♦ 2018 —

НГУ (Республика Хакасия, Россия) / сост. Г. С. Федосеев. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 20 с.

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

14. Федосеев Г. С. Недифференцированные базитовые силлы: новый тип контактов и гипотеза континентального силлогенеза // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 3, т. 1. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 156–161.

15. Федосеев Г. С. О масштабах базитового силлогенеза в северной части Алтае-Саянской складчатой области // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 2. – Томск: ЦНТИ, 2001. – С. 181–186.

16. Федосеев Г. С. О роли магматизма в эволюции континентальных палеобассейнов // Фундаментальные проблемы геологии и тектоники Северной Евразии. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2001. – С. 121–123.

17. Федосеев Г. С. Особенности базитового магматизма в континентальных осадочных бассейнах: силлообразование и силлогенез (на примере Минусинского прогиба) // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 8. – Томск: ЦНТИ, 2016. – С. 303–311.

18. Федосеев Г. С. Реологические процессы в контактовых зонах базитовых недифференцированных силлов // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 4. – Томск: ЦНТИ, 2004. – С. 83–87.

19. Федосеев Г. С. Роль литомиктитовых брекчий и конвергентных макротекстур при картировании «изотропных» силлов и лавовых палеопотоков // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Матер 2-го Всерос. петрогр. совещ. Т. I. – Сыктывкар, 2000. – С. 295–298.

20. Федосеев Г. С. Силлообразование и особенности рифтогенеза Северо-Минусинской впадины // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Матер 2-го Всерос. петрогр. совещ. Т. IV. – Сыктывкар, 2000. – С. 334–337.

21. Федосеев Г. С., Краснов В. И., Ратанов Л. С. Интрузивные комплексы в быскарской осадочновулканогенной серии Минусинского межгорного прогиба // Формационный анализ в геологических исследованиях: матер. науч.-практ. конф. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 106–108.

22. Шнейдер Е. А., Зубкус Б. П. Стратиграфия нижне- и среднедевонских отложений Северо-Минусинской и Сыдо-Ербинской впадин // Материалы по геологии и полезным ископаемым Красноярского края. – Красноярск: Кн. изд-во, 1962. – С. 41–56.

REFERENCES

1. V. V. Volkov, CH. B. Borukayev, N. A. Berzin et al. Akademicheskaja praktika po «Strukturnoj geolo-

gii i geologicheskomu kartirovaniju» [Academic practice on "Structural geology and geological mapping"]. Novosibirsk, University Publ., 1981. 79 p. (In Russ.).

2. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S. [Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of the Devonian basites of the Kopyevsky and Novoselovsky uplifts of the northern part of the Minusa trough]. *Izvestiya Tomskogo politekhn. un-ta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2010, vol. 317, no. 1, pp. 92–97. (In Russ.).

3. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S. [Conditions for the formation of Devonian basaltoids and dolerites of the Shira-Shunet region of the Minusa trough]. *Izvestiya Tomskogo politekhn. un-ta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2012, vol. 320, no. 1, pp. 71– 76. (In Russ.).

4. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Andryutschenko S.V. Devonian volcanism in the Minusa trough of the Altai-Sayan area: geological, geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of rock. *Russian Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, no. 9, pp. 1001–1025.

5. Kotelnikov A.D., et al. *Gosudarstvennaja geologicheskaja karta RF masshtaba 1:200 000 (izdanie 2-e). List N-45-XXIV (Balyksa). Ob"jasnitel'naja zapiska.* [State geological map of the Russian Federation, scale 1: 200 000 (2nd edition). Sheet N-45-XXIV (Balyksa). Explanatory note]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2013 262 p. (In Russ.).

6. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Perfilova O. Yu., et al. [Devonian volcanism of the Minusa depression: stages of manifestation and connection with the downwarping of the continental lithosphere (according to the results of geochronological ⁴⁰Ar/³⁹Ar-studies)]. *Doklady RAN – Proceedings of RAS*, 2012, vol. 447, no. 3, pp. 308–313. (In Russ.).

7. Vorontsov A.A., Yarmolyuk V.V., Fedoseev G.S., et al. [Isotope-geochemical zoning of Devonian magmatism in the Altai-Sayan rift region: composition and geodynamic nature of mantle sources]. *Petrologiya* – *Petrology*, 2010, vol. 18, no. 6, pp. 621–634. (In Russ.).

8. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Andryutschenko S.V., et al. [Sources of Devonian magmatism of the Minusa trough (based on the geochemical and isotope Sr-Nd characteristics of basites)]. *Doklady RAN – Proceedings of RAS*, 2011, vol. 441, no 4, pp. 514–520. (In Russ.).

9. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Correlation of Early Devonian sedimentary-tuffaceous formations of the Minusa trough]. *Stratigrafija i paleontologija Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 87–92. (In Russ.).

10. Krasnov V. I., Fedoseev G.S. [The Bykarian series of the Minusa intermountain trough: a modern interpretation (to the improvement of the State Geology Map-200 and -1000)]. *Stratigrafija i paleontologija Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 93–99. (In Russ.).

11. Andreeva E.D., Kononova V.A., Sveshnikova E.V., et al. *Magmaticheskiye gornyye porody. Shchelochnyye porody. T. 2.* [Magmatic rocks. Alkaline rocks. Vol. 2]. – Moscow, Nauka Publ., 1984. 416 p. (In Russ.).

12. Putevoditel' k polevym jekskursijam po mafitovym sillam Shirinskogo uchebnogo poligona NGU (Respublika Khakasija, Russia). [Guide to field excursions on mafic sills of Shirinsky training ground of NSU (Republic of Khakassia, Russia)]. Compiled by G.S. Fedoseev. Novosibirsk, University Publ., 2015. 20 p. (In Russ.).

13. Krasnov V.I., ed. *Regional'naja stratigraficheskaja shema devonskih obrazovanij vostochnoj chasti Altae-Sajanskoj oblasti* [The regional stratigraphic chart of the Devonian formations in the eastern part of the Altai-Sayan region]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2012. 52 p., tabl. (23 sh.). (In Russ.).

14. Fedoseev G.S. [Undifferentiated basite sills: a new type of contacts and hypothesis of continental sillogensis]. *Petrologija magmaticheskih i metamorficheskih kompleksov* [Petrology of igneous and metamorphic complexes]. Tomsk, University Publ., 2002, issue 3, vol. 1, pp. 156–161. (In Russ.).

15. Fedoseev G. S. [On the scales of basite sillogenesis in the northern part of the Altai-Sayan folded region]. *Petrologija magmaticheskih i metamorficheskih kompleksov. Vyp. 2* [Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 2]. Tomsk, TsNTI Publ., 2001, pp. 181–186. (In Russ.).

16. Fedoseev G.S. [On the role of magmatism in the evolution of continental paleobasins]. *Fundamental'nye problemy geologii i tektoniki Severnoj Evrazii* [Fundamental problems of geology and tectonics of Northern Eurasia]. Novosibirsk, Geo Publ., 2001, pp. 121–123. (In Russ.).

17. Fedoseev G.S. [Features of basite magmatism in continental sedimentary basins: sill formation and sillogenesis (on the example of the Minusa trough)]. *Petrologija magmaticheskih i metamorficheskih kompleksov. Vyp. 8* [Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 8]. Tomsk, TsNTI Publ., 2016, pp. 303–311. (In Russ.).

18. Fedoseev G.S. [Rheological processes in the contact zones of the basite undifferentiated sills]. *Petrologija magmaticheskih i metamorficheskih kompleksov. Vyp. 4* [Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 4]. Tomsk, TsNTI Publ., 2004, pp. 83–87. (In Russ.).

19. Fedoseev G.S. [The role of lithomictic breccia and convergent macro-textures in mapping "isotropic" sills and lava paleostreams]. *Petrografija na rubezhe XXI veka: itogi i perspektivy. Mater. Vtorogo Vseros. Petrogr. soveshh. T. I.* [Petrography at the turn of the 21st century: results and prospects. Materials of the Second All-Russia Petrographic meeting. Vol. I]. Syktyvkar, 2000, pp. 295–298. (In Russ.).

20. Fedoseev G.S. [Sill formation and features of rifting of the Northern Minusa basin]. *Petrografija na rubezhe XXI veka: itogi i perspektivy. Mater. Vtorogo Vseros. Petrogr. soveshh. T. IV* [Petrography at the turn of the 21st century: results and prospects. Materials of the Second All-Russia Petrographic meeting. Vol. IV]. Syktyvkar, 2000, pp. 334–337.(In Russ.).

21. Fedoseev G.S., Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Intrusive complexes in the Byskar sedimentary-volcanogenic series of the Minusa intermountain trough]. *Formacionnyj analiz v geologicheskih issledovanijah* [Formational analysis in geological studies. Materials of scientific-practic conference]. Tomsk, State University Publ., 2002, pp. 106–108. (In Russ.).

22. Shneider E.A., Zubkus B.P. [Stratigraphy of the Lower and Middle Devonian deposits of the Northern-Minusa and Sydo-Erba basins]. *Mater. po geologii i poleznym iskopaemym Krasnojarskogo kraja* [Materials on geology and mineral resources of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk, 1962, pp. 41–56. (In Russ.).

© Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, 2018

НАШИ АВТОРЫ

- АЮНОВА Дарья Владимировна, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука, Новосибирск, Россия, науч. сотр. *E-mail: KontorovichDV@ipgg.sbras.ru*
- ВАХРОМЕЕВ Андрей Гелиевич, Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрНИТУ), проф., Институт земной коры (ИЗК) СО РАН, Иркутск, Россия, вед. науч. сотр., завлабораторией, д.г.-м.н., доцент. *E-mail: andrey_igp@mail.ru*
- **ГАФУРОВ Денис Олегович**, Красноярский НИИ геологии и минерального сырья (КНИИГиМС), Красноярск, Россия, завотделом. *E-mail: dgafurov@kniigims.ru*
- ГАФУРОВ Олег Михайлович, ООО «ИнформГеоСервис», науч. руководитель, Томск, Россия. E-mail: oleg.gafurov@ mail.ru
- ГОРЛОВ Иван Владимирович, ООО «Газпромгеологоразведка», Тюмень, Россия зам. начальника инженерно-технологического центра, вед. геолог. E-mail: i.gorlov@ggr.gazprom.ru
- **ГУСЕВА Софья Михайловна**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука, Новосибирск, Россия, инженер. *E-mail: GusevaSM@ipgg.sbras.ru*
- **ЗОЛЬНИКОВ Иван Дмитриевич**, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН; Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет; Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск, Россия, завлабораторией, д. г-м. н., проф. *E-mail: zol@igm.nsc.ru*
- КОНТОРОВИЧ Владимир Алексеевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука; Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, завлабораторией, д. г.-м. н., чл.-кор. РАН. E-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru
- **КОТЕЛЬНИКОВ Алексей Дмитриевич**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, завлабораторией. *E-mail: geokart@ggf.tsu.ru*
- КОТЛЕР Софья Андреевна, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН, Новосибирск, Россия, вед. инженер. *E-mail: kotler_sofi@igm.nsc.ru*
- КРАСНОВ Виктор Иванович, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, ст. науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: kvi217103@mail.ru*
- **ЛАНКИН Юрий Константинович**, АО «Иркутскгеофизика», Иркутск, Россия, руководитель центра мониторинга. *E-mail: yur-lankin@yandex.ru*
- МАКАРЕНКО Николай Андреевич, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, геолог, к. г.-м. н. E-mail: geokart@ggf.tsu.ru
- МИГУРСКИЙ Анатолий Викторович, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, ст. эксперт, д. г.-м. н. *E-mail: migurskyav@sniiggims.ru*
- МИСЮРКЕЕВА Наталья Викторовна, АО «ИЭРП», Иркутск, Россия, вед. геофизик; Институт земной коры (ИЗК) СО РАН, Иркутск, аспирант. *E-mail: mnv@ierp.ru*
- **МОИСЕЕВ Сергей Александрович**, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН им. А. А. Трофимука, Новосибирск, Россия, завлабораторией, к. г-м. н. *E-mail: MoiseevSA@ipgg.sbras.ru*
- НИКОЛЕНКО Остап Дмитриевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН им. А. А. Трофимука, Новосибирск, Россия, вед. инженер. *E-mail: NikolenkoOD@ipgg.sbras.ru*
- ПОДОБИНА Вера Михайловна, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, завкафедрой, д. г.-м. н., проф. E-mail: podobina@ggf.tsu.ru
- **ПТИЦЫН Алексей Борисович**, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, гл. науч. сотр., д. г.-м. н. *E-mail: aleksei_pticyn@mail.ru*
- РАТАНОВ Леонид Сергеевич, Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия, к. г.-м. н. E-mail: journal@sniiggims.ru
- РЕШЕТОВА Светлана Александровна, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, ст. науч. сотр. к. reorp. н. *E-mail: srescht@mail.ru*
- **СВЕРКУНОВ Сергей Александрович**, Институт земной коры (ИЗК) СО РАН, Иркутск, Россия, вед. инженер. *E-mail:* dobro_75@mail.ru
- СМИРНОВ Александр Сергеевич, Инженерно-технологический центр ООО «Газпром геологоразведка», начальник отдела; Тюменский индустриальный университет (ТИУ), Тюмень, Россия, доцент, к. г.-м. н. *E-mail: dasertx@mail. ru, smirnovas@tyuiu.ru*
- СМИРНОВ Максим Юрьевич, ООО «РН КрасноярскНИПИ-нефть», эксперт, Красноярск, Россия; 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*
- СУРИКОВА Екатерина Сергеевна, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН; Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, науч. сотр. *E-mail: SurikovaES@ipgg.sbras.ru*
- ТАТЬЯНИН Геннадий Михайлович, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, завкафедрой, к. г.-м. н. *E-mail: gmt@mail.tsu.ru*
- ФЕДОСЕЕВ Гелий Сергеевич, Институт геологии и минералогии (ИГМ) им. В. С. Соболева СО РАН, ст. науч. сотр; Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, доцент, к. г.-м. н. E-mail: fedoseev@igm.nsc.ru
- ХАБАРОВ Евгений Максимович, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, вед. науч. сотр., к. г.-м. н. *E-mail: KhabarovEM@ipgg.sbras.ru*
- ШЕМИН Георгий Георгиевич, Институт нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН им. А. А. Трофимука, Новосибирск, Россия, гл. науч. сотр., д. г.-м. н. *E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru*

OUR AUTHORS

- AYUNOVA Darya, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: KontorovichDV@ipgg.sbras.ru
- FEDOSEEV Geliy, PhD, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: fedoseev@ iam.nsc.ru
- GAFUROV Denis, Krasnoyarsk Research Institute of geology and mineral resources (KNIIGiMS), Krasnoyarsk, Russia. E-mail: dgafurov@kniigims.ru

GAFUROV Oleg, InformGeoServis, Tomsk, Russia. E-mail: oleg.gafurov@mail.ru

GORLOV Ivan, ITC, OOO Gazprom geologorazvedka, Tyumen, Russia. E-mail: i.gorlov@ggr.gazprom.ru

GUSEVA Sofya, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Russia. E-mail: GusevaSM@ipgg. sbras.ru

KHABAROV Evgeniy, PhD, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia, E-mail: KhabarovEM@ipgg.sbras.ru

KONTOROVICH Vladimir, DSc, RAS cor. member, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS; Novosibirsk State university, Novosibirsk, Russia. E-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru

KOTELNIKOV Aleksey, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: geokart@ggf.tsu.ru

KOTLER Sofya, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: kotler_sofi@igm. nsc.ru*

KRASNOV Viktor, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. E-mail: kvi217103@mail.ru

LANKIN Yury, Irkutskgeofizika, Irkutsk, Russia. E-mail: yur-lankin@yandex.ru

MAKARENKO Nikolai, PhD, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: geokart@ggf.tsu.ru

MIGURSKY Anatoliy, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: migurskyav@sniiggims.ru*

MISIURKEEVA Natalya, IERP; Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: dobro_75@mail.ru

MOISEEV Sergey, PhD, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: MoiseevSA@ipgg.sbras.ru

NIKOLENKO Ostap, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia, E-mail: NikolenkoOD@ipgg.sbras.ru

PODOBINA Vera, DSc, Prof., National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: podobina@ggf.tsu.ru

PTITSYN Alexey, DSc, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS, Chita, Russia. E-mail: aleksei_pticyn@ mail.ru

RATANOV Leonid, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: journal@sniiggims.ru*

RESHETOVA Svetlana, PhD, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS, Chita, Russia. *E-mail: srescht@mail.ru*

SHEMIN Georgiy, DSc, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: SheminGG@ipgg.sbras.ru

SMIRNOV Aleksandr, PhD, assistant prof., ITC OOO Gazprom geologorazvedka, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia. E-mail:dasertx@mail.ru, smirnovas@tyuiu.ru

SMIRNOV Maksim, PhD, RN-KrasnoyarskNIPIneft, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: msmirnov@sniiggims.ru

STAROSELTSEV Valery, DSc., Prof., Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGIMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: stv@sniiggims@ru*

SURIKOVA Yekaterina, A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS; Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. *E-mail: SurikovaES@ipgg.sbras.ru*

SVERKUNOV Sergey, Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: dobro_75@mail.ru

TATYANIN Gennadiy, PhD, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: gmt@mail.tsu.ru

VAKHROMEEV Andrey, DSc, Prof., Irkutsk National Research Technical University, Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, Russia. *E-mail: andrey_igp@mail.ru*

ZOLNIKOV Ivan, DSc, V.S.Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS; Novosibirsk National Research State University; Institute of Archaeology and Ethnography of SB RAS, Novosibirsk, Russia. *E-mail: zol@igm.nsc.ru*

АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ» ЗА 2018 Г.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ, ТЕКТОНИКА

Я. М. Гутак, С. А. Родыгин, Л. Г. Перегоедов, С. Н. Макаренко, В. А. Антонова. Региональная страти-	
графическая шкала девона западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая редакция)	Nº 1
А. С. Ефимов, Ф. А. Мигурский, М. Ю. Смирнов. Строение западного борта Курейской синеклизы по	
проектному профилю Тынепская скв. 215 – Хантайская скв. 405	Nº 2
Ф. И. Жимулев, Дж. Гиллеспи, С. Глорие, А. В. Котляров, Е. В. Ветров, Й. Де Граве. Возраст и палео-	
тектоническая обстановка девонского вулканизма Колывань-Томской складчатой зоны по данным	
датирования детритовых цирконов митрофановской свиты	Nº 3
В. И. Краснов, Г. С. Федосеев, Л. С. Ратанов. Роль быскарской серии в геологическом строении и исто-	
рии развития Минусинского прогиба	Nº 4
С. А. Котлер, И. Д. Зольников. Выделение геоморфологических типов долины р. Чуя (Горный Алтай)	
на основе морфометрических показателей	Nº 4
Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, И. В. Котельникова. Нижнедевонские образования на терри-	
тории учебного геологического полигона вузов Сибири в Хакасии: особенности строения, принципы	
картирования и корреляции	Nº 1
В. С. Старосельцев. Историко-тектоническая обстановка проявления на континентах базальтоидного	
магматизма	Nº 4
В. М. Подобина, Г. М. Татьянин. Биостратиграфия газоносных отложений сеномана северного палео-	
биогеографического района Западной Сибири (по данным фораминифер)	Nº 2
В. М. Подобина, Г. М. Татьянин. Биостратиграфия кузнецовского горизонта северного палеобиогео-	
графического района Западной Сибири	Nº 4
В. М. Подобина. Комплексы фораминифер и биостратиграфия альба Западной Сибири (п-ов Ямал)	Nº 1
В. И. Тихоненко. Опыт геологического картирования разрывных нарушений в фундаменте и чехле За-	
падно-Сибирской плиты (ХМАО, нижнее течение р. Вах)	Nº 3

НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ

А. Г. Вахромеев, И. В. Горлов, Н. В. Мисюркеева, С. А. Сверкунов, Ю. К. Ланкин, А. С. Смирнов.	
Гидрогеологические основы локального прогноза флюидонапорных систем с аномально высо-	
ким пластовым давлением в карбонатных природных резервуарах кембрия Ковыктинского газо-	
конденсатного месторождения № 4	4
П. С. Лапин. Морфогенез как критерий оценки изменения современного морфологического состояния	
мезо-кайнозойского чехла на примере Каймысовской нефтегазоносной области Западной Сибири № 2	2
Ю. Н. Карогодин. Новый общий признак месторождений-гигантов № 1	1
В. А. Конторович, Е. С. Сурикова, Д. В. Аюнова, С. М. Гусева. Сейсмические образы крупных газовых	
залежей в арктических регионах Западной Сибири и на шельфе Карского моря № 4	4
С. А. Моисеев, А. М. Фомин, Д. В. Маслов. Перспективы нефтегазоносности и оценка ресурсов ботуобин-	
ского горизонта на востоке Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО Республики Саха (Якутия) № 3	3
Л. В. Рябкова, О. Н. Лебедева, Н. В. Мангазеева. Перспективы нефтегазоносных комплексов осадочного	
чехла зоны сочленения Анабарской и Сюгджерской нефтегазоносных областей № 2	1
В. В. Сапьяник, В. С. Бочкарев, С. А. Рыльков, Т. Н. Торопова. Новые данные о триас-юрских отложениях,	
вскрытых параметрической Гыданской скв. 130 на севере Западной Сибири	3
А. И. Сивцев, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева. Верхнеюрско-нижнемеловой нефтегазоносный комплекс востока	
Сибирской платформы № 2	1
В. С. Старосельцев. Надвиги западной окраины Тунгусской синеклизы № 2	2
В. С. Старосельцев, К. В. Старосельцев. О возможности дополнительных перспектив получения слан-	
цевых углеводородов в Восточной Сибири № 2	1
Е. М. Хабаров, О. Д. Николенко. Седиментология вендских силикокластических отложений северо-	
востока Непско-Ботуобинской антеклизы № 4	4
Г. Г. Шемин, А. В. Мигурский, М. Ю. Смирнов, А. Г. Вахромеев, А. В. Поспеев. Комплексная характе-	
ристика и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти	
и газа верхневендско-нижнекембрийского аллохтонного карбонатного макрокомплекса Предпатом-	
ского регионального прогиба (Сибирская платформа) № 2	1
Г. Г. Шемин, М. Ю. Смирнов, А. Г. Вахромеев, С. А. Моисеев, А. В. Мигурский. Особенности образования	
и количественная оценка перспектив нефтегазоносности Ереминско-Чонского гигантского скопления	
нефти и газа № 4	4

 $- N_{2} 4(36) + 2018$

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	Nº 1
О. М. Сагаиоачная, А. С. Сальников, А. В. Сагаиоачный, А. Н. Шмыков, Т. А. Сальников. Десять лет ре-	No 2
Тистрации сеисмических сигналов с использованием автономной станции РОСА-А	Nº Z
о. г. сабур, Е. Ю. Тошко. трехмерные плотностная и магнитная модели по фрагменту опорного теолого-	No 2
Теофизического профиля 1-св	Nº 3
по смирнов, Г. Д. Ухлови, Е. В. Мосясия, В. П. Беспечный. Пекоторые методические особенности	
применения теофизического комплекси при изучении теологического строения восточно сиойрского	No 2
<i>Е.А. Хогоев, Е. Е. Хогоева, М. Л. Шемякин</i> , Результаты численного анализа микросейсм по сейсмо-	
граммам МОГТ в районе Пайяхского нефтяного месторождения	No 2
Миператения, рудные и перудные месторождения Л. И. Гусев, Е. М. Табакаева, Петрология и геохимия турмалиновых дейкогранитов Горного Алтая	No 2
А. И. Тусев, Е. М. Табаудееа. Петрология и теохимия турмалиновых леикогранитов торного Алтая	IN≌ Z
Гопного Алтая	No 3
Ф. В. Киридовский. Вопросы генезиса Таштагольского железорудного месторождения (Горная Шория)	Nº 2
А. Д. Котельников. Н. А. Макаренко. О критериях расуленения нижнепалеозойской габбро-мониолио-	
ритовой формации Кузнецкого Алатау на когтахский и кашпарский интрузивные комплексы	Nº 2
<i>Р. Х. Мансуров.</i> Новый тип золоторудной минерализации на Енисейском кряже	Nº 1
В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев, В. В. Бабенко. Особо чистый жильный кварц – мине-	
ральное сырье полихронного и полигенного генезиса	Nº 1
ЛИТОЛОГИЯ. ПЕТРОГРАФИЯ. МИНЕРАЛОГИЯ. ГЕОХИМИЯ	
В. С. Зыкина, А. О. Вольвах, В. С. Зыкин, Н. Е. Вольвах. Особенности строения верхнеплейстоценовой	
лессово-почвенной последовательности Колыванского увала Предалтайской равнины	Nº 3
ГИДРОГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	
А. Д. Абалаков. Н. Б. Базарова. Воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую	,
среду в Слюдянском районе Иркутской области	Nº 1
С. А. Решетова, А. Б. Птицын. Палинологические исследования торфяных отложений Беклемишев-	
ской впадины (Центральное Забайкалье)	Nº 4
ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
В. Ф. Крашенинин. Алгоритм дешифрирования аэрофотоснимков для выявления закономерностей	
торфонакопления в Тарском Приирышье	Nº 3
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	
М. Ю. Харитонова. Н. А. Маико. Логистическая модель для экспресс-оценки темпов воспроизводства	
минерально-сырьевой базы золота в России	Nº 3
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОЛЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Л. О. Гафуров. О. М. Гафуров. Развитие и практическое применение нейроинформационных техноло-	
гий. Паттерны	No 4
ГИПОТЕЗЫ И ЛИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
И. А. Апанович. Синергетика – дополнение или основа в геологических науках булушего?	No 1
В. С. Бочкарев. Откуда на Земле появились руды, или необычное путешествие Меркурия по воле баро-	
на Мюнхгаузена (научная фантазия)	Nº 2
В. С. Старосельцев. Проблема стабильности расположения континентов или их перемещения по пла-	
нете Земля .	Nº 3
Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников. Девонский вулканизм Минусинского прогиба в свете двух геоло-	
гических гипотез – континентального силлогенеза и щелочно-базитового петрогенеза (по материалам	I
научных публикаций)	Nº 4
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ	
Н. П. Запивалов. Западносибирская нефть: история и перспективы	Nº 2

ALPHABETICAL LIST OF ARTICLES IN 2018

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)	01
A.S. Efimov, F.A. Migurskiy, M. Yu. Smirnov. On oil and gas promising horizons and local targets on geologic-	
geophysical base line "Well Tynepskaya 215 – Well Knantalskaya 405"	º∠
S.A. Kotter, T.D. Zolnikov. Distinguishing the river Chuya valley geomorphological types (Gorny Altal) based on	~ 1
Morphometric marces	94
development of the Minuse Trough	o 1
NA Makaranka, A.D. Katalnikay, J.V.Katalnikaya, Lawar dayanian formations of training goalogical ground	94
of Siberian universities in Khakassia: structure features, manning and correlation principles.	0.1
VIA Dedebing Economisifers assemblages and Albian biostratigraphy of West Siberia (Vamal Depinsula)	⊻ ⊥ ∧ 1
V.W. Podobing, C.M. Tatugnin, Discratigraphy of the Kuznetovsky berizen of the perthern paleobiogeo	οŢ
graphical region of West Siberia	o /
VM Podobing C M Tativanin Biostratigraphy of Senomanian gas denositions of the porthern paleogeo-	⊻ 4
graphical regions of West Siberia (on foraminifer evidence)	0.2
VS Staroseltsey Historical-tectonic setting of basaltoid magmatism manifestation on the continents	≤ ∠ 0 /l
VI Tikhonenko. Experience of geological manning of runture dislocations in the basement and cover of the	
West-Siberian Plate (KHMAO) the Vakh lower current)	03
ELZ himuley I Gillesnie S Glorie A V Kotlygrov E V Vetroy I De Grave Age and naleotectonic setting of the	- 5
Devonian volcanism of the Kolyvan-Tomsk folded zone insights from detrital zircon geochronology of the	
Mitrofanovskava Formation	03
	- 0
Vu N Karagadin New common feature of giant fields	o 1
E M Khaharov O D Nikolenka, Sedimentology of Vendian silicoclastic deposits of the porth-eastern Nena-	≚ T
Rotuoba anteclise	o /
V A Kontorovich E A Surikova D V Avunova S M Guseva Seismic images of large gas accumulations in arctic	
regions of Western Siberia and offshore the Kara Sea	οΔ
<i>PS Lanin</i> Morphogenesis as a criterion of evoluation of present-day change of the mesozoic-cenozoic cover	
morphological state (case study for the Kaymysovsky Petroleum Region in Western Siberia)	0 7
S A Moiseev A M Fomin D V Maslov Petroleum prospects and estimation of resources of Botuoba horizon	
in the east of the Central-Tunguska (Syugdzher) petroleum region of the Republic of Sakha (Yakutia)	03
L.V.Rvabkova, O.N.Lebedeva, N.V.Managzeeva, Prospects of the sedimentary cover petroleum com plexes	
in the areas of junction of the Anabar and Svugdzher petroleum regions	⁰ 1
V.V.Sapyanik, V.S.Bochkarev, S.A.Rylkov, T.N.Toropova. New data on the Trias-Jurassic deposits drilled by	
Gydanskaya-130 parametric well in the north of West Siberia	⁰ 3
G.G.Shemin, A.V.Migursky, M.Yu.Smirnov, A.G.Vakhrameev, A.V.Pospeev. 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)Network (Siberian Platform)	⁰ 1
G.G.Shemin, M.Yu.Smirnov, A.G.Vakhromeev, S.A. Moiseev, A.V.Migursky. Features of formation and quanta-	
tive evaluation of petroleum potential of the Eremin-Chona giant oil-and-gas accumulationNet Net Net Net Net Net Net Net Net Net	9 4
A.I.Sivtsev, O.N.Chalaya, I.N.Zueva. Upper Jurassic – Lower Cretaceous petroleum complex of the eastern	
Siberian Platform	⁰ 1
V.S.Staroseltsev. Thrusts of the western margin of the Tunguska Syneclise	2 ⁰
V.S. Staroseltsev, K.V. Staroseltsev. On the possibily of additional production prospects for shale hydrocarbons	
in Eastern Siberia	⁰ 1
A.G. Vakhromeev, I.V. Gorlov, N.V. Misyurkeeva, S.A. Sverkunov, Yu.K. Lankin, A.S. Smirnov. Hydrogeological fun-	
damentals of local forecast of fluid pressure systems with AHRP in carbonate natural cambrian reservoirs of	
the Kovyktinskoye gas condensate field	9 4
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	⁰ 1
E.A. Khogoev, E.E. Khogoeva, M.L. Shemyakin. Results of numerical microseism analysis on CDP seismograms	
in the area of Paiyakhskoe Oil Field	º 2
O.G. Sadur, E. Yu. Goshko. Three-dimensional density and magnetic models on the fragment of the base geo-	
logical-geophysical profile 1-SB	03

O.M.Sagaydachnaya, A.S.Salnikov, A.V.Sagaidachny, A.N.Shmykov, T.A.Salnikov. Ten years of seismic signal recording with the ROSA-A autonomous station
<i>M.Yu.Smirnov, G.D.Ukhlova, E.V.Mosyagin, V.N.Bespechny.</i> Some methodical peculiarities of application of the geophysical complex in the study of the geological structure of the East Siberian Region
MINEROGENESIS, ORE AND NON-METALLIC MINERAL RESOURCES A.I.Gusev, E.M.Tabakaeva. Dmitrievskaya magma-ore-metasomatic system of the northern part of Gorny Altai
A.I.Gusev, E.M. Tabakaeva. Petrology and geochemistry of turmaline leucogranites of Gorny Altai
V.N.Ogorodnikov, Yu.A.Polenov, A.N.Savichev, V.V.Babenko. High-purity vein quartz – mineral raw materials of polychronous and polygenous genesis
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 S.A.Reshetova, A.B.Ptitsyn. Palinological studies of peat sediments of the Becklemishevo Depression (Central Transbaikalia)
LITHOLOGY, PETROGRAPHY, MINERALOGY, GEOCHEMISTRY V.S.Zykina, A.O.Volvakh, V.S.Zykin, N.E.Volvakh. Structural features of the Upper-Pleistocene loess-soil se- quence of the Kolyvan Knap in the Predaltai Plain
MATHEMATICAL METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGY D.O.Gafurov, O.M.Gafurov. Development and practical application of neural information technologies. Patterns
PROSPECTING AND EXPLORATION FOR MINERAL DEPOSITS V.F.Krasheninin. Algorithm of aerial-photo interpretation to identify peat accumulation regularities in the Tara Priirtyshye
ECONOMICS AND MANAGEMENT OF SUBSOIL RESOURCES USE M.Yu.Kharitonova, N.A.Matsko. Logistic model for express evaluation of replacement rates of gold resource base in Russia
CONTROVERSIAL ISSUES AND HYPOTHESES I.A. Apanovich. Synergetics: addition or basis in geological sciences of future?
PAGES OF OUR HISTORY N.P.Zapivalov. West-Siberian oil: history and prospects

 $- N_{2} 4(36) + 2018$

АВТОРЫ ЖУРНАЛа «ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ» ЗА 2018 Г.

Абалаков А. Д.	Nº 1	Мацко Н. А	Nº 3
Антонова В. А	Nº 1	Мигурский А. В	Nº 1, 4
Апанович И. А	Nº 1	Мигурский Ф. А	Nº 2
Аюнова Д. В	Nº 4	Мисюркеева Н. В	Nº 4
Бабенко В. В.	Nº 1	Моисеев С. А.	Nº 3, 4
Базарова Н. Б	Nº 1	Мосягин Е. В	Nº 1, 2
Беспечный В. Н	Nº 2	Николенко О. Д	Nº 4
Бочкарев В. С	Nº 2, 3	Огородников В. Н	Nº 1
Вахромеев А. Г.	Nº 1, 4	Перегоедов Л. Г	Nº 1
Ветров Е. В.	Nº 3	Подобина В. М	
Вольвах А. О.	Nº 3	Поленов Ю. А	Nº 1
Вольвах Н. Е.	Nº 3	Поспеев А. В.	Nº 1
Гафуров Д. О.	Nº 4	Птицын А. Б	Nº 4
Гафуров О. М.	Nº 4	Ратанов Л. С	Nº 4
Гиллеспи Дж	Nº 3	Решетова С. А.	Nº 4
Глорие С.	Nº 3	Родыгин С. А	Nº 1
Горлов И. В.	Nº 4	Рыльков С. А	Nº 3
Гошко Е. Ю.	Nº 1. 3	Рябкова Л. В	Nº 1
Гусев А. И.	Nº 2. 3	Савичев А. Н.	Nº 1
Гусева С. М.	Nº 4	Сагайдачная О. М	
Гутак Я. М.	Nº 1	Сагайдачный А. В	
Ле Граве Й.		Салур О. Г.	
Ефимов А. С.	Nº 2	Сальников А. С.	
Жимулев Ф. И.	Nº 3	Сальников Т. А.	
Запивалов Н П	No 2	Сальяник В В	No 3
Зольников И. Л.	Nº 4	Сверкунов С. А.	
Зуева И. Н.	Nº 1	Сивцев А. И.	
Зыкин В С	No 3	Смирнов А. С	No 4
Зыкина В С	No 3	Смирнов М Ю	Nº 1 2 4
Канарейкин Б. А	Nº 1	Старосельнев В. С	Nº 1 2 3 4
Кароголин Ю. Н	No 1	Старосельцев К В	No 1
Кирилловский Ф В	No 2	Сурикова Е С	No Δ
Конторович В А	No Д	Табакаева Е. М	No 2 3
Котельников А Л	No 1 2 4	Татьянин Г М	No 2 4
Котельникова И В	No 1	Тихоненко В И	No 3
Котлер С А	No 4	Тородова Т. Н	No 3
Котларов А В	No 3	Ухлова Г Л	No 2
Краснов В. И	No Δ	Фелосеев Г С	No A
Крашенинин В. Ф.	No 3	Фомин А М	No 3
Ланкин Ю К	No 4	Хабаров Е М	No A
Лапин П. С	Nº 4 No 2	Харитонова М.Ю	No 3
Лебелева О. Н	No 1	Χοτοεβ Ε Δ	N⊻ 3 No 2
	No 1 2 /		N≌ ∠ No 2
Μαναρομγο Γ Η	ıv≚ ⊥, ∠, 4 No 1		Nº Z No 1
Мацгаровора H R	N⊻ ⊥ No 1		Nº⊥ No 1 /ł
	N⊻ ⊥ Nio 1		Nº 1, 4
мастор Л Р	עו ב סוע		
тиаслов д. в	1№ 3		Nº Z

THE AUTHORS OF JOURNAL IN 2018

Abalakov A.D.	. № 1	Migursky A.
Antonova V.A	. № 1	Misiurkeeva
Apanovich I.A.	. Nº 1	Moiseev S.A
Ayunova D.V.	. Nº 4	Mosyagin E.
Babenko V.V.	. № 1	Nikolenko O
Bazarova N.B.	. № 1	Ogorodniko
Bespechny V.N	. Nº 2	Peregoedov
Bochkarev V.S.	º2,3	Podobina V.
Chalaya O.N.	. № 1	Polenov Yu.
De Grave J	. № 3	Pospeev A.V
Efimov A.S	. Nº 2	Ptitsyn A.B.
Fedoseev G.S.	. Nº 4	Ratanov L.S.
Fomin A.M.	. Nº 4	Reshetova S
Gafurov D.O.	. Nº 4	Rodygin S.A
Gafurov O.M.	. Nº 4	Ryabkova L.
Gillespie J.	. Nº 3	Rylkov S.A.
Glorie S.	. Nº 3	Sadur O.G
Gorlov I.V.	. Nº 4	Sagaydachn
Goshko E.Yu.	. № 1	Sagaydachn
Goshko E.Yu.	. № 3	Salnikov A.S
Gusev A.I.	. Nº 2	Salnikov T.A
Gusev A.I.	. Nº 3	Sapyanik V.
Guseva S.M.	. Nº 4	Savichev A.I
Gutak Ya.M.	. № 1	Shemin G.G
Kanareikin B.A.	. № 1	Shemyakin I
Karogodin Yu.N.	. № 1	Shmykov A.
Khabarov E.M.	. Nº 4	Sivtsev A.I.
Kharitonova M.Yu.	. № 3	Smirnov A.S
Khogoev E.A.	. Nº 2	Smirnov M.
Khogoeva E.E.	. Nº 2	Staroseltsev
Kirillovskiy F.V	. Nº 2	Staroseltsev
Kontorovich V.A.	. Nº 4	Surikova E.A
Kotelnikov A.D;1	, 2, 4	Sverkunov S
Kotelnikova I V.	. № 1	Tabakaeva E
Kotler S.A.	. Nº 4	Tatiyanin G.
Kotlyarov A.V.	. № 3	Tikhonenko
Krasheninin V.F.	. № 3	Toropova T.I
Krasnov V.I.	. Nº 4	Ukhlova G.E
Lankin Yu.K.	. Nº 4	Vakhromeev
Lapin P.S	. Nº 2	Vetrov E.V.
Lebedeva O.N.	. № 1	Volvakh A.O
Makarenko N.A № 1	, 2, 4	Volvakh N.E
Makarenko S.N № 1	, 2, 4	Zapivalov N
Mangazeeva N.V.	. № 1	Zhimulev F.I
Mansurov R.Kh.	. № 1	Zolnikov I.D.
Maslov D.V.	. Nº 3	Zueva I.N
Matsko N.A.	. № 3	Zykin V.S
Migurskiy F.A.	. № 2	Zykina V.S.
U · · · ·		,

Migursky A.V.	Nº 1, 4
Visiurkeeva N.V.	, № 4
Moiseev S.A	№ 3, 4
Mosyagin E.V.	№ 1, 2
Nikolenko O.D.	, № 4
Ogorodnikov V.N.	Nº 1
Peregoedov L.G.	
Podobina V.M.	Nº 1. 2. 4
Polenov Yu.A.	
Pospeev A.V.	
Ptitsvn A.B.	Nº 4
Ratanov L.S.	Nº 4
Reshetova S.A.	Nº 4
Rodygin S.A.	
Rvabkova L.V.	
Rylkov S.A.	
Sadur O.G.	Nº 3
Sagavdachny A.V.	Nº 1. 2
Sagavdachnava O.M.	
Salnikov A.S.	Nº 1. 2
Salnikov T.A	№ 2
Sapyanik V.V.	№ 3
Savichev A.N.	№ 1
Shemin G.G	№ 1, 4
Shemyakin M.L	№ 2
Shmykov A.N.	Nº 2
Sivtsev A.I.	№ 1
Smirnov A.S	Nº 4
Smirnov M.Yu	Nº 1, 2, 4
Staroseltsev K.V	Nº 1
Staroseltsev V.SN	º 1, 2, 3, 4
Surikova E.A	Nº 4
Sverkunov S.A	Nº 4
Гаbakaeva E.M	№ 2, 3
Гаtiyanin G.M	№ 2 <i>,</i> 4
Fikhonenko V.I	Nº 3
Гогороvа Т.N	Nº 3
Jkhlova G.D	Nº 2
/akhromeev A.G	№ 1, 4
/etrov E.V	Nº 3
/olvakh A.O	Nº 3
/olvakh N.E	Nº 3
Zapivalov N.P	№ 2
Zhimulev F.I.	Nº 3
20Inikov I.D.	Nº 4
2ueva I.N	Nº 1
Δγκιη v.S	Nº 3
<u>сукіпа v.S</u>	Nº 3

Подписано в печать 05.12.18. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м². Печать цифровая. Тираж 100 экз. Гарнитура Calibri. Объем 13,96 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